



UNIVERSIDAD NACIONAL

TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

AMBIENTAL

ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN UN SISTEMA

SILVOPASTORIL CON *Cupressus lusitanica* Mill. COMO

COMPONENTE ARBÓREO EN EL ANEXO PUMA

HERMANA, DISTRITO DE MOLINOPAMPA,

CHACHAPOYAS, AMAZONAS, 2018

Autora : Br. Silvia Karina Oyarce Tafur

Asesora : Dra. Cástula Alvarado Chuqui

Registro N°:

CHACHAPOYAS – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL
ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN UN SISTEMA
SILVOPASTORIL CON *Cupressus lusitanica* Mill. COMO
COMPONENTE ARBÓREO EN EL ANEXO PUMA
HERMANA, DISTRITO DE MOLINOPAMPA,
CHACHAPOYAS, AMAZONAS, 2018

Autora : Br. Silvia Karina Oyarce Tafur

Asesora : Dra. Cástula Alvarado Chuqui

Registro N°:

CHACHAPOYAS – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico todo el esfuerzo y la dedicación puesto para la ejecución de esta tesis a Dios y a mis padres Teresa y José. A Dios por darme la vida y a mis padres por haber sido y seguir siendo uno de los pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos se me habría dificultado lograr lo que logré hasta ahora, ya que ellos siempre me brindaron su apoyo incondicional y velaron por mi educación y superación personal. También se lo dedico a mi hermana Julissa por su invaluable compañía en cada uno de los momentos buenos y malos. Los quiero.

Silvia Karina Oyarce Tafur

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a la Ing. Cástula Alvarado Chuqui quien desinteresadamente me brindó su asesoría en la elaboración y ejecución de la presente tesis. A mis amigos Carmen, Olibert y Carito por haberme apoyado incondicionalmente en los trabajos de campo, con lluvia, sol, mosquitos y barro incluido, convirtiendo los días en jornadas de risas y aprendizajes. A la ingeniera Marilu y esposo quienes permitieron y me dieron las facilidades para que la presente tesis sea ejecutada en sus potreros ubicados en el distrito de Molinopampa. Agradecer también a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por los conocimientos impartidos en las aulas durante los años de estudio transcurridos. A mis familiares quienes a lo largo de mi vida me han motivado y apoyado en mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis capacidades, agradecer a esta casa superior de estudios por abrirnos sus puertas y darnos la oportunidad de prepararnos para un futuro competitivo como profesionales y como personas de bien, y a todas aquellas personas e instituciones que hicieron posible el desarrollo y culminación de esta investigación.

**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 TERESA GARCÍA HUAMÁN

Vicerrectora de investigación

M. Sc. EDWIN ADOLFO DÍAZ ORTIZ

**DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

VISTO BUENO DE LA ASESORA

La Dra. Cástula Alvarado Chuqui, docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), deja constancia que ha asesorado el proyecto de investigación y la ejecución de la tesis titulada: **“Almacenamiento de Carbono en un sistema silvopastoril con *Cupressus lusitanica* Mill. como componente arbóreo en el anexo Puma Hermana, distrito de Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas, 2018”**.

Asimismo, avalo a la **Br. Silvia Karina Oyarce Tafur**, egresada de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A) para la presentación del informe de tesis.

Se le expide la presente, a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 22 de mayo del 2019



Dra. Cástula Alvarado Chuqui

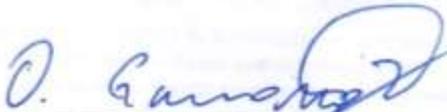
Docente UNTRM-A

JURADO EVALUADOR DE TESIS



Lic. José Luis Quispe Osorio

PRESIDENTE



Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

SECRETARIO



M. Sc. Edwin Adolfo Díaz Ortiz

VOCAL



ANEXO 3-N

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 24 de Mayo del año 2019, siendo las 09:00 horas, el aspirante Oyarce Tafur Silvia Karina defiende en sesión pública la Tesis titulada: Almacenamiento de carbono en un sistema silvopastoril con Cupressus lusitanica Mill. como componente arbóreo en el anexo Pumahermans, distrito de Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas, 2018

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: José Luis Quispe Osorio
Secretario: Oscar Andrés Gamarrá Torres
Vocal: Edwin Adolfo Díaz Ootia



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

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

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 10:34 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

Oscar Andrés Gamarrá Torres
SECRETARIO

Edwin Adolfo Díaz Ootia
VOCAL

José Luis Quispe Osorio
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL

Yo, **SILVIA KARINA OYARCE TAFUR**, identificada con DNI N° 72487970, egresada 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:

Declaro Bajo Juramento

Qué:

1. Soy autor del trabajo de Investigación titulado: **Almacenamiento de Carbono en un sistema silvopastoril con *Cupressus lusitanica* Mill. como componente arbóreo en el anexo Puma Hermana, distrito de Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas, 2018**, que presento para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La Tesis no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, y para su realización 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 presentada no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda la responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, 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, 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 la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente, asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 22 de mayo del 2019



FIRMA DEL TESISISTA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DE LA ASESORA.....	vi
JURADO EVALUADOR DE TESIS	vii
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	3
a. Ubicación del área de estudio	3
b. Diseño de contrastación de la hipótesis	4
c. Población, muestra y muestreo.....	4
d. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	5
e. Análisis de datos	9
III. RESULTADOS.....	10
5.1. Caracterización del sistema silvopastoril que tiene a <i>Cupressus lusitanica</i> Mill. como componente arbóreo.....	10
5.2. Carbono almacenado en pasto, hojarasca y suelo	11
5.3. Carbono almacenado en <i>Cupressus lusitanica</i> Mill.....	15
5.4. Carbono total almacenado en el sistema silvopastoril	15
IV. DISCUSIÓN.....	17
V. CONCLUSIONES	21
VI. RECOMENDACIONES	22
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
VIII. ANEXOS	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades físicas del suelo del sistema silvopastoril	10
Tabla 2. Propiedades químicas del suelo del sistema silvopastoril	11
Tabla 3. Datos utilizados para el cálculo de Biomasa Seca en pasto	12
Tabla 4. Datos utilizados para el cálculo de Biomasa Seca en hojarasca	13
Tabla 5. Datos utilizados para el cálculo de COS en la profundidad 1	14
Tabla 6. Datos utilizados para el cálculo de COS en la profundidad 2	14
Tabla 7. Datos de peso del pasto colectado por cuadrante.	32
Tabla 8. Datos de peso de hojarasca colectado por cuadrante.	32
Tabla 9. Densidad aparente del suelo.	33
Tabla 10. Datos de DAP y cálculos de Biomasa Seca y carbono Total	34
Tabla 11. Estadísticos descriptivos.....	41
Tabla 12. Correlaciones.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	3
Figura 2. Carbono en % por cada componente del sistema silvopastoril: <i>Cupressus lusitanica</i> Mill. (A), hojarasca (B), suelo (C) y pasto (D).....	16
Figura 3. Retiro de la cobertura vegetal para obtener muestras de suelo.	28
Figura 4. Medición de profundidades para obtener las muestras de suelo.	28
Figura 5. Muestra de suelo para determinar carbono orgánico.	29
Figura 6. Muestra para determinar densidad de suelo.	29
Figura 7. Muestra de pasto para determinar contenido de carbono.....	30
Figura 8. Pesado de muestras para determinar densidad.	30
Figura 9. Muestras de suelo para determinar COS.	31
Figura 10. Pesado de muestras de pasto y hojarasca para determinar peso seco.....	31

RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo determinar qué cantidad de carbono total se almacena en un sistema silvopastoril que tiene al *Cupressus lusitanica* Mill. como componente arbóreo. Se trabajó en un “potrero” de una hectárea. En este sistema, se evaluó el contenido de carbono en los componentes: árbol, pasto, hojarasca y suelo. Se inició realizando un inventario de la parte forestal para el posterior cálculo de carbono mediante el método indirecto que fue la utilización de una ecuación alométrica. Además, se realizó muestreos de hojarasca y pasto mediante cuadrantes y muestreo de suelo a dos profundidades. La cantidad de carbono almacenado en pasto en promedio fue de 1.54 T/ha, en hojarasca 0.41 T/ha. En el caso del componente suelo, se realizó una correlación entre las diferentes profundidades y el contenido de carbono, mediante el coeficiente de correlación de Pearson, el contenido de carbono en la profundidad 1: 0-15 cm fue de 30.84 T/ha y en la profundidad 2: 15-30 cm de 34.27 T/ha, siendo el carbono total del componente suelo de 65.10T/ha. La cantidad de carbono almacenado en *Cupressus lusitanica* Mill. se determinó mediante el método indirecto con datos de 105 árboles, se obtuvo un valor de 14.34 T/ha para plantaciones forestales que presentaron un DAP mínimo de 27.37 cm y un máximo de 47.11 cm. El sistema silvopastoril con *Cupressus lusitanica* Mill. almacenó en total un promedio de 81.39 T/ha de carbono. La presente investigación es muy importante porque permite cuantificar la importancia de los sistemas silvopastoriles como proveedores de servicios ambientales.

Palabras claves: Almacenamiento de Carbono, Sistema Silvopastoril, *Cupressus Lusitanica* Mill., ecuación alométrica, método indirecto.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine how much total carbon is stored in a silvopastoral system that has *Cupressus lusitanica* Mill. as an arboreal component. We worked in a "paddock" of one hectare. In this system, the carbon content in the components was evaluated: tree, grass, litter and soil. It started by making an inventory of the forest part for the subsequent calculation of carbon by the indirect method that was the use of an allometric equation. In addition, litter and grass sampling were carried out using quadrants and soil sampling at two depths. The amount of carbon stored in grass on average was 1.54 T / ha, in litter 0.41 T / ha. In the case of the soil component, a correlation was made between the different depths and the carbon content, by means of the Pearson correlation coefficient, the carbon content in the depth 1: 0-15 cm was 30.84 T / ha and in the depth 2: 15-30 cm of 34.27 T / ha, the total carbon of the soil component being 65.10T / ha. The amount of carbon stored in *Cupressus lusitanica* Mill. was determined by the indirect method with data from 105 trees, a value of 14.34 T / ha was obtained for forest plantations that presented a minimum WTP of 27.37 cm and a maximum of 47.11 cm. The silvopastoral system with *Cupressus lusitanica* Mill. stored an average of 81.39 T / ha of carbon in total. The present investigation is very important because it allows to quantify the importance of silvopastoral systems as providers of environmental services.

Key words: Carbon Storage, Silvopastoral System, *Cupressus lusitanica* Mill.,
allometric equation, indirect method

I. INTRODUCCIÓN

Durante aproximadamente 2 mil años antes de que se dé paso al proceso conocido como la Revolución Industrial, las concentraciones de CO₂ atmosférico se mantuvieron constantes. Sin embargo, hacia inicios del siglo XVII comenzaron a incrementarse notablemente hasta la actualidad en que las concentraciones del CO₂ atmosférico exceden las 390 partes por millón, casi 40% más elevadas que los niveles preindustriales y, acorde a los datos de los núcleos de hielo, más elevadas que en cualquier momento durante los últimos 800 mil años (Huddleston, 2013, p. 7).

En el año 2016 la cifra mundial de emisiones de CO₂ se registró en 36183 millones de toneladas, los países de China, Estados Unidos, India, Rusia y Japón figuran como los 5 más emisores con 10151, 5312, 2431, 1635 y 1209 millones de toneladas de CO₂ respectivamente, representando conjuntamente casi el 60% de las emisiones totales. Perú en el mismo año registró una emisión de 67.8 millones de toneladas de CO₂ (Atlas del carbono global, 2016). De las 6 categorías evaluadas, la categoría Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura figura como la principal fuente de emisiones, así mismo dentro de esta categoría, la principal fuente de emisiones es la Conversión de Bosques y Pasturas, esta categoría también considera las únicas fuentes que contribuyen como sumideros de GEI de la atmosfera que son Cambios en Biomasa Forestal y Otros Stocks Leñosos, Ministerio del ambiente (MINAM, 2015).

Estas cifras elevadas son las que inducen a que la temperatura superficial de la tierra se haya elevado en más de 0.8°C durante los últimos 100 años (Huddleston, 2013, p. 3). Compensar este daño implica tener que reducir la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero hacia los niveles preindustriales, para lo cual se necesitan políticas que utilicen mecanismos sustentables que eviten la emisión de estos gases o que “capturen” el exceso en almacenes naturales (Vargas, 2004, p. 8). Los sistemas silvopastoriles figuran como una alternativa para disminuir el efecto invernadero dado que, al establecerse árboles y pasturas en las grandes extensiones de los potreros, en forma conjunta, contribuyen a la captura de carbono y a incrementar la productividad ganadera en forma sostenible (Radulovich, 1994). Por ello, es necesario desarrollar metodologías que permitan, por una parte, medir y cuantificar de manera segura y a bajo costo, el carbono almacenado en dichas

coberturas, y por la otra, predecir el comportamiento del C en cualquier momento durante el crecimiento de la plantación (Gutiérrez, 2001, p. 1). Estudios revelan que bosques de ciprés pueden capturar desde 69 Mg ha⁻¹ hasta 205 Mg ha⁻¹ evaluado en los cinco depósitos considerados en ecosistemas forestales: biomasa viva sobre el suelo, biomasa viva debajo del suelo, madera muerta sobre el suelo, mantillo y carbono orgánico del suelo (COS), demostrando así que el nivel de captura de esta especie varía dependiendo del lugar, el sistema en que se encuentra instalado y otras características (Rojas, 2014, p.6; Bolaños *et al.*, 2017, p.73).

A nivel internacional se encuentran investigación de captura de carbono en bosques de ciprés de Guadalupe (*Cupressus guadalupensi*) como resultado se estimaron 5.21 toneladas de carbono almacenado en el Bosque de Ciprés, es decir 1.40 toneladas de CO₂ (27%) considerando el peso atómico Mata (2013). Oliva *et al.* (2017) determinó la reserva de carbono retenida bajo un sistema silvopastoril con *Pinus patula*, localizado en Amazonas, Perú. Como resultado, encontró 92,13 T/ha de carbono almacenado y 337,20 T/ha de carbono equivalente.

Fluker y Sanchez (2017) determinaron la concentración de carbono en un sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata Kunth.*), en el anexo de Ocol, mediante el método destructivo, la concentración de carbono en el sistema silvopastoril fue de 3.955 T/ha.

Vigil (2010), realizó el estudio con el objeto de estimar la biomasa y contenido de carbono de 18 árboles de *Cupressus lindleyi* Klotzsch ex Endl. que comprendieron un rango de categoría diamétrica de 2.5 a 45 cm. La ecuación obtenida para biomasa fue $B = 0.5266 * DN^{1.7712}$ y para contenido de carbono $CC = 0.2637 * DN^{1.7698}$, el coeficiente de determinación R² fue de 0.9305 y 0.9312 respectivamente. El mayor porcentaje de distribución de la biomasa y el contenido de carbono se presentó en el fuste, seguido por el follaje y por último las ramas.

Así pues, en el Perú se cuenta con grandes extensiones de áreas forestales, con diversidad de plantaciones nativas de conservación y otras manejadas con fines comerciales. Ante tal escenario es importante estimar los beneficios que estos brindan a partir de sus servicios ambientales por ello la presente investigación tiene por objetivos caracterizar el sistema silvopastoril, determinar la cantidad de carbono almacenado en el suelo, pasto y hojarasca, y en el *Cupressus*, a fin de determinar la cantidad de carbono almacenado en todo el sistema silvopastoril que tiene al

Cupressus lusitanica Mill. como componente arbóreo, el cual fue trabajado en un potrero de una hectárea ubicado en el distrito de Molinopampa, dicha estimación se realizó mediante el método indirecto con el uso de una ecuación alométrica desarrollada por Vigil (2010) $Biomasa\ seca = 0.5266\ DAP^{1.7712}$, para lo cual se tomaron los diámetros de toda la población forestal presente en la hectárea, muestras de pasto y hojarasca en cuadrantes de 1 m x 1 m y muestras de suelo en dos profundidades (0-15 cm y 15-30 cm), las cuales fueron trabajadas a nivel de laboratorio para determinar la cantidad de carbono presente en cada componente.

El sistema silvopastoril estuvo conformado por pastos naturales, malezas y la especie arbórea *Cupressus lusitanica* Mill. El valor de Carbono en T/ha obtenido para el pasto, hojarasca, suelo y arboles fue de 1.54 T/ha, 0.41T/ha, 65.10 T/ha y 14.34 T/ha respectivamente, demostrando que la mayor parte de la reserva de carbono se encuentra en el componente suelo tal como lo menciona Roncal *et al.* (2008), obteniendo finalmente que en el sistema silvopastoril se almacena un total de 81.39 T/ha de carbono. Estos resultados demuestran una alta capacidad de este Sistema Silvopastoril como almacenador de carbono.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

a. Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en el anexo de Puma Hermana, distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas localizado en el departamento de Amazonas (Figura 1).

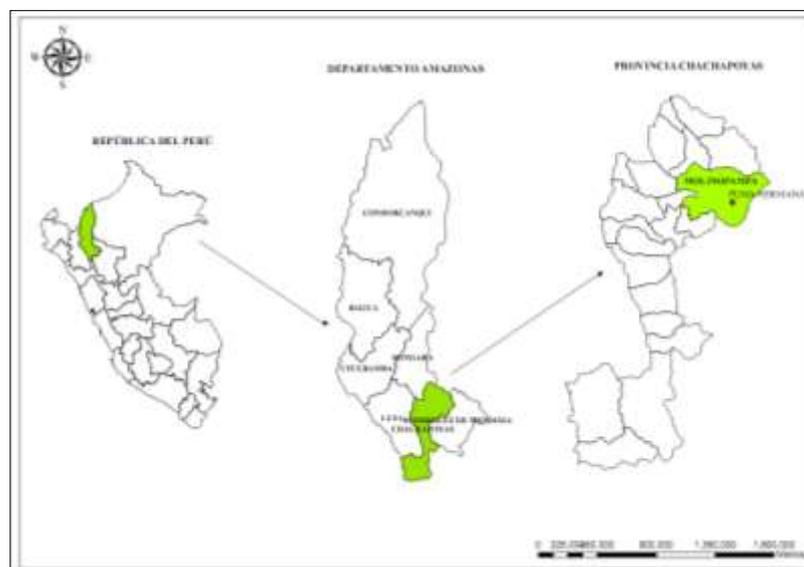
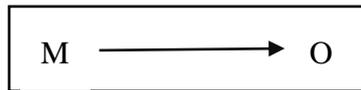


Figura 1. Ubicación del área de estudio

b. Diseño de contrastación de la hipótesis

El diseño de investigación que se utilizó fue el Diseño de Investigación Transversal.

Se investigó la presencia de carbono en los componentes del Sistema Silvopastoril en un solo momento específico del tiempo.



M: muestra

O: observación

c. Población, muestra y muestreo

Universo muestral

La muestra fue una hectárea de terreno con plantaciones de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) establecidas bajo un Sistema Silvopastoril cuyas edades de los árboles oscilan entre 15 y 18 años, la cual será representativa del lugar.

Andrade (2003) señala que la forma de las parcelas depende enteramente de la distribución espacial de los árboles. En plantaciones lineales, se debería usar parcelas con la misma forma; mientras que si los árboles se distribuyen al azar (dispersos), la forma más aconsejable es la circular o bien, realizar un censo, ya que cuando hay pocos árboles esta acción puede reducir el error del muestreo (p. 111). En nuestro caso la toma de las unidades muestrales para el caso del ciprés se realizará mediante censo (inventario de todos los árboles), ya que estos se encuentran cumpliendo función de cercas vivas y otros en menor cantidad dispersos en el área.

Muestreo

El muestreo fue no probabilístico, ya que en esta técnica los elementos son elegidos a juicio del investigador, por lo tanto, la muestra fue tomada teniendo en cuenta que todas demás parcelas poseen las mismas características de relieve, clima, tamaño, entre otras, garantizando la homogeneidad de la población.

d. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

El procedimiento a seguir se realizó de acuerdo a protocolos, manuales y/o guías técnicas previamente establecidas, así como también a metodologías de investigaciones validadas.

El procedimiento se realizó en 4 fases:

- **Fase preliminar**

La fase preliminar consistió en realizar actividades previas a ir a campo, alistando todo el material y herramientas necesarias. Además, se elaboró un mapa de ubicación del lugar que nos sirvió de referencia y posteriormente fue validado.

- **Fase de campo**

El trabajo de campo consistió en el desarrollo de las siguientes actividades:

- a) **Ubicación del potrero**

En esta actividad se hizo el reconocimiento del terreno, posteriormente la selección y medición del “potrero” que fue tomado en cuenta como muestra, se tomaron los puntos de georreferenciación con un GPS marca Garmin con error de precisión máxima de 5 metros.

- b) **Toma de datos del ciprés**

Se realizó un inventario de todos los árboles presentes en el “potrero” que en su mayoría se encontraban cumpliendo función de cercas vivas y otros en menor cantidad dispersos en el área, de los cuales se registró la Circunferencia a la Altura del Pecho (CAP), que posteriormente se convertirá a Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) que será usado en la ecuación alométrica.

Medición del CAP: la circunferencia de los árboles fue medida con la corteza a la altura del pecho (1,3 m), esta circunferencia se denomina CAP (Rügnitz, 2009, p. 23). La medición se realizó con una cinta métrica.

- c) **Recolección de Muestras**

Se colectó muestras de suelo, de hojarasca y pasto.

- **Suelo:**

Se realizó dos tipos de muestro uno para determinación de carbono y otro para determinación de densidad aparente.

Para las muestras de determinación de carbono se siguió el método de muestreo propuesto por el Reglamento para la ejecución de levantamiento de suelos establecido mediante Decreto Supremo N° 013-2010-AG.

1. Una vez identificada el área de muestreo, se escogió los puntos de muestreo en forma de zigzag tratando de abarcar toda el área.
2. En el punto de muestreo se limpió la superficie al ras del suelo eliminando la cobertura vegetal u otro tipo de material diferente a la tierra agrícola.
3. Se hizo una excavación en forma de “V” con la pala a 30 cm de profundidad, de la cual se extrajeron muestras de suelo de dos horizontes (0-15 y 15-30 cm), siguiendo la recomendación del Centro Mundial Agroforestal, el cual menciona que esta es la profundidad en que probablemente ocurrirán variaciones perceptibles en el depósito de carbono (Rügnitz, 2009, p. 45).
4. Se etiquetó las muestras incluyendo los siguientes datos: número de muestra, nombre del lugar de ubicación del terreno, coordenadas UTM, fecha, hora y profundidad.

Mientras que para las muestras de densidad aparente se utilizó el método del cilindro que consiste en introducir un cilindro metálico al suelo, extraer la muestra de volumen conocido y secarla en un horno (a 100 °C, por 72 horas) para determinar su peso.

➤ **Biomasa herbácea y hojarasca:**

La biomasa herbácea (pasto) y hojarasca se cuantificaron mediante marcos de muestreo de 1m x 1m cm.

El marco se ubicó en los sitios de muestreo, se cortó todo el material herbáceo que se encontró dentro de él y se pesó en fresco, posteriormente se tomó una submuestra de 200 g y luego se colocó en una bolsa de papel correctamente identificada, esta fue para determinar el contenido de materia seca en el laboratorio (Andrade, 2003, p.114)

Para el caso de la hojarasca al ser cantidades pequeñas se tomó todo el contenido dentro del cuadrante (estos se ubicaron bajo la influencia de un árbol), se colocó dentro de una bolsa de papel identificada y se trasladó al laboratorio para la determinación de materia seca.

Las muestras de suelo, hojarasca y pasto correctamente codificadas fueron trasladadas al laboratorio.

- **Fase de laboratorio**

Las muestras de suelo obtenidas en campo fueron trabajadas en Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Se determinó la concentración de carbono mediante el método de Walkley y Black y también se determinó la densidad aparente.

- **Determinación de materia orgánica en el suelo**

Método de Walkley y Black:

La materia orgánica del suelo fue oxidada por una mezcla de $K_2Cr_2O_7$ más H_2SO_4 . El exceso de $K_2Cr_2O_7$ fue determinado por titulación con sal de Mohr.

Procedimiento

- Se pesó 0.5 gr de suelo en un Erlenmeyer de 125 ml.
- Se añadió 10 ml de Dicromato de potasio 1N.
- Luego con mucho cuidado se añadió 10 ml de ácido sulfúrico Q.P. y se agitó manualmente.
- La muestra se tornó de un color verdusco, se añadió 10 ml más de Dicromato de potasio 1N
- Se dejó reposar la muestra por un espacio de 20 a 30 minutos.
- Se enrazó a 100 ml con agua destilada y se dejó reposar por espacio de 2 horas.
- Se tomó 10 ml de alícuota en un vaso de precipitados y se agregó de 2 a 3 gotas del indicador di-fenilamina sulfúrica.
- Se tituló con la solución de sulfato ferroso de 0.5. El cambio a un color verdusco, indicó el final de la titulación
- Paralelamente se trabajó un blanco sin muestra
- Se anotó los gastos para realizar cálculos.

$$\%MO = \%C \times 1.724$$

Donde

%MO: Porcentaje de materia orgánica

%C: porcentaje de carbono

- **Biomasa herbácea y hojarasca**

Las muestras de pasto y hojarasca fueron colocadas en una estufa a una temperatura de $60^\circ C$, hasta obtener un peso constante (estabilizar la curva de pérdida de humedad), lo cual ocurrió a las 72 horas (Rügnitz, 2009, p. 35). Seguidamente, se determinó el peso seco.

- **Fase de gabinete**

Cálculo de carbono en la biomasa del ciprés

A partir de los datos DAP, obtenidos en campo, se reemplazó en la ecuación alométrica siguiente (Vigil, 2010):

$$\text{Biomasa seca} = 0.5266 \text{ DAP}^{1.7712}$$
$$r^2 = 0.93$$

Esta ecuación pertenece a una investigación en *Cupressus lusitanica* Mill., que fue trabajada también en un sistema silvopastoril y con condiciones edafoclimáticas y de valores de DAP similares al del presente estudio.

Posteriormente la determinación de carbono total en la parte aérea se realizará multiplicando la biomasa seca por el factor 0.5, en varias especies vegetales (IPCC, 2006; Valenzuela 2001).

CT individuo = BS total individuo x 0.5

Donde:

CT = Carbono total

BS = Biomasa seca

0.5 = Factor de conversión

Cálculo de carbono en biomasa herbácea y hojarasca

En primer lugar, se realizó el cálculo de la biomasa seca de la muestra mediante la siguiente formula,

$$\text{BS}_{\text{muestra}} = (\text{BS}_{\text{sub muestra}} / \text{BF}_{\text{sub muestra}}) \times \text{BF}_{\text{muestra}}$$

Donde:

BS_{muestra} = Biomasa seca del de la muestra (g);

BS_{sub muestra} = Biomasa seca de la sub muestra (g);

BF_{sub muestra} = Biomasa fresca de la sub muestra (g);

BF_{muestra} = Biomasa fresca del componente (g)

Luego al igual que para la biomasa del ciprés se utilizó la misma fórmula multiplicando por el factor 0.5.

$$\text{CT área} = \text{BS total individuo} * 0.5$$

Cálculo de carbono en suelo

$$\% \text{CO} = 0,58 \times \% \text{MO}$$

Donde:

%CO = porcentaje de Carbono orgánico

% MO = porcentaje de materia orgánica

$$\text{COS} = \% \text{CO} \times \text{da} \times \text{P}_s$$

Donde:

COS = carbono orgánico de suelos (t ha^{-1})

% CO = concentración de carbono orgánico en suelos (%).

da = densidad aparente (g/cm^3)

P_s = profundidad del suelo (cm)

Los datos obtenidos en los 4 componentes diferentes se llevarán a toneladas por hectárea (T/ha) y se realizará una sumatoria para determinar la cantidad total almacenado en el sistema.

e. Análisis de datos

El análisis de datos se hizo mediante un software estadístico, en el cual se realizó los cálculos correspondientes para cada componente y se estimó la cantidad total de carbono absorbido por el sistema, además en el caso del componente suelo se realizó una correlación entre las diferentes profundidades y el contenido de carbono, mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

III. RESULTADOS

5.1. Caracterización del sistema silvopastoril que tiene a *Cupressus lusitanica* Mill. como componente arbóreo

El sistema silvopastoril está conformado por pastos naturales, malezas y la especie arbórea *Cupressus lusitanica* Mill. La actividad productiva que se desarrolla bajo este sistema es la actividad ganadera bajo el sistema de estaqueo, con una carga animal media. Debido a la naturaleza de la actividad que se realiza, se observó una gran cantidad de especies de pastos y malezas que son característicos de cuencas ganaderas de la región Amazonas. Este sistema silvopastoril permite a los productores obtener leña, postes, estacas, madera y pastos, lo que contribuye al bienestar de las familias.

Como se observa en la tabla 1 de las propiedades físicas del suelo, en cuanto a la densidad aparente los valores fluctúan entre 0.37 y 0.94 g/cm³ que se consideran valores bajos. En lo que respecta a otra propiedad física importante como la clase textural estuvo dominada por las clases texturales Franco Arenosa (FrA) y Franco Arcillo Arenosa (Fr. Ar. A.).

Tabla 1. Propiedades físicas del suelo del sistema silvopastoril

Muestra	Clase textural	DA (g/cm ³)	Muestra	Clase textural	DA (g/cm ³)
M1-P1	Fr.Ar.A.	0.50	M6-P1	Fr.Ar.A.	0.67
M1-P2	Fr.A.	0.75	M6-P2	Ar.	0.94
M2-P1	A. Fr.	0.50	M7-P1	A.Fr.	0.45
M2-P2	Fr.Ar.A.	0.79	M7-P2	Fr.A	0.50
M3-P1	A.Fr.	0.46	M8-P1	Fr.A	0.42
M3-P2	Fr.Ar.A.	0.71	M8-P2	Fr.Ar.A.	0.67
M4-P1	Fr.A	0.63	M9-P1	Fr.A	0.63
M4-P2	Fr.A	0.66	M9-P2	Fr.Ar.	0.74
M5-P1	Fr.A	0.47	M10-P1	Fr.A	0.44
M5-P2	Fr.Ar.A.	0.72	M10-P2	Fr.A	0.37

P1=profundidad 1(0-15 cm), P2= profundidad 2(15-30 cm). Fr.Ar.A.= franco arcillo arenoso, Fr.A. = franco arenoso, A. Fr. = arenoso franco, Ar.= arcilloso, Fr.Ar. = franco arcilloso.

La tabla 2 presenta las características del suelo del sistema silvopastoril que tiene como componente arbóreo a *Cupressus lusitanica* Mill.. Se consideraron las características más resaltantes como pH, Conductividad eléctrica y materia orgánica. En cuanto a los valores de pH todas las muestras presentan un pH ácido y sus valores

fluctúan entre 3.56 y 4.65 en lo que respecta a la conductividad eléctrica los valores encontrados nos indican una salinidad baja y sus valores están entre 0.03 y 0.38 dS/m. Por último, en lo referido a la materia orgánica se encontraron valores altos que estuvieron entre 5.35 y 7.42 %, lo que advierte de primera mano una buena retención de carbono orgánico.

Tabla 2. Propiedades químicas del suelo del sistema silvopastoril

Muestra	pH	C.E. (dS/m)	M.O. (%)	Muestra	pH	C.E. (dS/m)	M.O. (%)
M1-P1	4.2	0.12	6.08	M6-P1	3.89	0.14	6.49
M1-P2	4.55	0.05	5.84	M6-P2	4.65	0.03	5.35
M2-P1	5.2	0.26	7.30	M7-P1	3.95	0.38	7.34
M2-P2	4.39	0.07	5.76	M7-P2	3.89	0.10	6.57
M3-P1	3.92	0.20	7.22	M8-P1	4.02	0.09	6.41
M3-P4	4.45	0.06	5.68	M8-P2	4.25	0.04	5.76
M4-P1	3.56	0.19	7.38	M9-P1	4.29	0.07	5.92
M4-P2	3.91	0.09	5.84	M9-P2	4.34	0.04	5.44
M5-P1	3.82	0.14	7.42	M10-P1	3.78	0.17	7.22
M5-P2	4.33	0.05	5.92	M10-P2	4.03	0.08	5.68

P1=profundidad 1(0-15 cm), P2= profundidad 2(15-30 cm). C. E. = conductividad eléctrica. M.O. = materia orgánica.

5.2. Carbono almacenado en pasto, hojarasca y suelo

Carbono total en pasto

En la tabla 3 se muestran los datos utilizados para obtener los valores de Biomasa Seca en g/m² para pasto en cada uno de los cuadrantes evaluados en el sistema silvopastoril que tiene como componente arbóreo al *Cupressus lusitanica* Mill.

Tabla 3. Datos utilizados para el cálculo de Biomasa Seca en pasto

Nº cuadrante	BS submuestra (g)	BF submuestra (g)	BF muestra (g)	BS muestra (g)
1	42	200	1845	387.45
2	41	200	2170	444.85
3	45	200	930	186
4	45	200	1300	292.5
5	45	200	1155	259.875
6	43	200	1300	279.5
7	46	200	1635	376.05
8	42	200	1255	263.55
9	42	200	1085	227.85
10	42	200	1025	215.25
11	42	200	1340	281.4
12	43	200	1590	341.85
13	46	200	1620	327.6
14	44	200	1615	355.3
15	42	200	1550	325.5
PROMEDIO				307.30

BS= Biomasa Seca, BF= Biomasa Fresca y CT= Carbono Total.

El valor de biomasa seca promedio obtenido para el componente pasto se multiplicó por el coeficiente de 0.5 para obtener el valor de Carbono Total en g/m².

El valor de Carbono Total promedio obtenido para el pasto fue de 153.65 en g/m². Este valor se convirtió a T/ha obteniendo un valor de 1.54 T/ha para todo el pasto del sistema silvopastoril.

Carbono total en hojarasca

En la tabla 4 se muestran los datos empleados para obtener los valores de Biomasa Seca en g/m² para hojarasca de cada uno de los quince cuadrantes muestreados dentro del sistema silvopastoril con *Cupressus lusitanica* Mill.

Tabla 4. Datos utilizados para el cálculo de Biomasa Seca en hojarasca

N° cuadrante	PS muestra (g)	PH muestra (g)	Contenido humedad	BS muestra (g)
1	104	150	30.67	104
2	191	272	29.78	191
3	9	11	18.18	9
4	2	2	0	2
5	93	194	52.06	93
6	70	86	18.60	70
7	5	7	28.57	5
8	20	42	52.38	20
9	23	32	28.13	23
10	89	125	28.80	89
11	103	267	61.42	103
12	111	277	59.93	111
13	208	631	67.04	208
14	18	23	21.74	18
15	169	443	61.85	169
PROMEDIO				81

PS= Peso seco, PH= peso húmedo y BS= biomasa seca.

El valor de biomasa seca promedio obtenido para el componente de hojarasca fue de 81 g/m². Este valor se multiplicó por el coeficiente de 0.5 para obtener el valor de Carbono Total en g/m².

El valor de Carbono Total promedio obtenido fue de 40.5 g/m². Este valor se convirtió a T/ha obteniendo un valor de 0.41T/ha para toda la hojarasca del sistema silvopastoril.

Carbono total en suelo

A este carbono se le conoce también como Carbono Orgánico del Suelo (COS). Se calculó a dos profundidades: la primera de 0- 15 cm y la segunda de 15-30 cm. Para el cálculo se tuvo en cuenta los valores de densidad aparente, % de carbono y orgánico y profundidad del suelo (tablas 5 y 6).

Tabla 5. Datos utilizados para el cálculo de COS en la profundidad 1

Muestra	%CO	DA (g/cm³)	PS (cm)	COS (T/ha)
M1-P1	3.53	0.50	15	26.45
M2-P1	4.23	0.50	15	32.05
M3-P1	4.19	0.46	15	28.79
M4-P1	4.28	0.63	15	40.23
M5-P1	4.30	0.47	15	30.13
M6-P1	3.76	0.67	15	37.99
M7-P1	4.26	0.45	15	29.00
M8-P1	3.72	0.42	15	23.69
M9-P1	3.43	0.63	15	32.27
M10-P1	4.19	0.44	15	27.74
PROMEDIO				30.84

Tabla 6. Datos utilizados para el cálculo de COS en la profundidad 2

Muestra	%CO	DA (g/cm³)	PS (cm)	COS (T/ha)
M1-P2	3.39	0.75	15	38.03
M2-P2	3.34	0.79	15	39.41
M3-P2	3.29	0.71	15	35.12
M4-P2	3.39	0.66	15	33.55
M5-P2	3.43	0.72	15	37.04
M6-P2	3.10	0.94	15	43.85
M7-P2	3.81	0.50	15	28.85
M8-P2	3.34	0.67	15	33.72
M9-P2	3.16	0.74	15	35.03
M10-P2	3.29	0.37	15	18.08
PROMEDIO				34.27

Como se observa el valor de COS (T/ha) fue ligeramente mayor en la profundidad 2 (15-30 cm) con un valor de 34.27 T/ha respecto a la primera profundidad que tuvo un valor de 30.84 T/ha. Al realizar la correlación entre el COS y las dos profundidades se evidenció que no existe una correlación significativa, es decir, el contenido de Carbono Orgánico del Suelo no se ve influenciado significativamente por la profundidad del suelo (Pearson, $p=0.05$). esto podría indicar que existen otras variables que influyen sobre el almacenamiento de carbono en el suelo en mayor o menor medida.

Al sumar el contenido de Carbono Orgánico del Suelo de ambas profundidades se obtiene un total de 65.10 T/ha que es el valor que representa al componente suelo.

5.3. Carbono almacenado en *Cupressus lusitanica* Mill.

Con los valores de Diámetro a la Altura de Pecho (DAP) obtenido de todos los árboles que componían el sistema silvopastoril, se reemplazó en la ecuación alométrica de Vigil (2010) que fue la siguiente:

$$\text{Biomasa seca} = 0.5266 \text{ DAP}^{1.7712}$$
$$r^2 = 0.93$$

El valor de DAP mínimo obtenido de un total de 105 árboles medidos fue de 27.37 cm y el valor máximo de 47.11 cm, el valor promedio de DAP fue de 31.28 cm.

Al reemplazar cada uno de los valores de DAP en la ecuación alométrica para biomasa seca y sumando todos los árboles se obtuvo un valor de 28691.45 kg/ha lo que equivale a 28.69 T/ha.

Al multiplicar este valor por el coeficiente de 0.5 se obtuvo el valor de carbono total del componente arbóreo. El carbono total estimado fue de 14345.72 Kg/ha equivalente a 14.34 T/ha.

5.4. Carbono total almacenado en el sistema silvopastoril

Para conocer este valor solo fue necesario realizar la suma de cada uno de los componentes del sistema silvopastoril: pasto, hojarasca, suelo y árbol. El valor obtenido fue de 81.39 T/ha para todo el sistema silvopastoril que tiene como componente arbóreo al *Cupressus lusitanica* Mill. Los porcentajes de carbono que almacena cada componente se muestran en la figura 2.

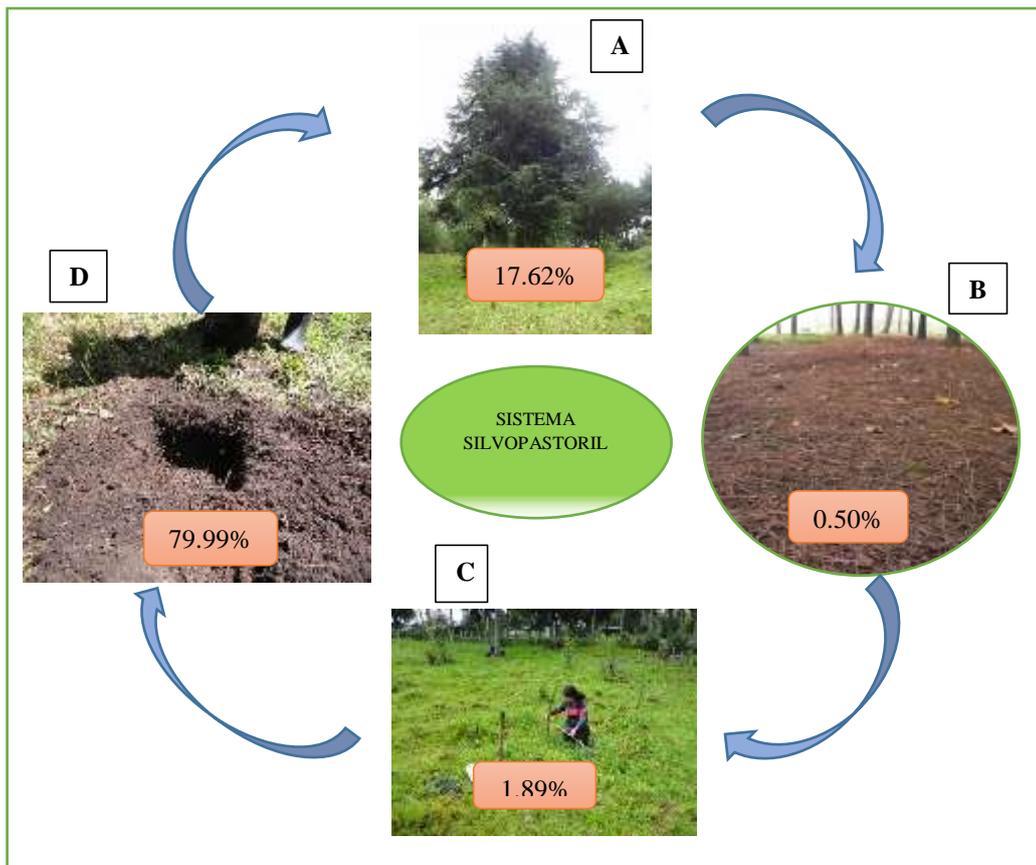


Figura 2. Carbono en % por cada componente del sistema silvopastoril: *Cupressus lusitanica* Mill. (A), hojarasca (B), suelo (C) y pasto (D).

IV. DISCUSIÓN

Los valores obtenidos de densidad aparente para las diferentes profundidades del sistema silvopastoril nos indica que se tratan de suelos blandos a ligeramente compactados (Arriola *et al.*, 2012), ya que la relación existente entre la densidad aparente y la compactación es directamente proporcional (Blanco, 2009).

La textura que predominó en los suelos del sistema silvopastoril fue la Franco arenosa, que es una clase moderadamente gruesa, ideal para el desarrollo de cultivos forestales (Echeverrı *et al.*, 2014), eso explicaría el buen desarrollo que presentan las plantaciones de *Cupressus lusitanica* Mill. La otra clase textural dominante fue la Franco Arcillo Arenosa, considerada moderadamente fina, que se caracteriza por presentar buenas características físicas y químicas. La mayoría de las especies de plantas se desarrolla de manera adecuada en este tipo de terreno. Cabe destacar que la textura es una de las características físicas que va a determinar la aptitud de un suelo (Vanegas y Méndez, 2016).

Los valores de pH para el suelo del sistema silvopastoril están en la clasificación de ácidos lo que se debe a la presencia de Aluminio cambiante. Estos valores bajos de pH podrían estar relacionados al tipo de especie forestal instalado o a las condiciones edafoclimáticas propias del lugar (Barquero *et al.*, 2014). Los valores obtenidos de pH coinciden con los obtenidos por Chichipe y Esparraga (2015) para un sistema silvopastoril que tenía como componente arbóreo al *Alnus acuminata*.

Los valores de conductividad eléctrica registrados en esta investigación estuvieron en un rango de 0.03 a 0.38 mS/cm, lo que indica que se tratan de suelos no salinos (Arriola *et al.*, 2012).

Los valores de materia orgánica encontrados en esta investigación superan valores del 5% lo que indica que estos suelos presentan buenos contenidos de materia orgánica y carbono orgánico (Julca *et al.*, 2006). Estos valores son superiores a los encontrados por Rojas *et al.* (2018) quienes encontraron valores de 4.2 y 3.54 % para suelo forestal y ganadero respectivamente.

El carbono total en pasto fue de 1.54 T/ha que es inferior a lo obtenido en otras investigaciones como la Oliva *et al.* (2017) quienes cuantificaron la cantidad de carbono retenido por pajonales de la familia Poaceae y se obtuvo un valor de carbono retenido de 10.1 T/ha. Quispe *et al.* (2015) también obtuvieron valores superiores

para pastos naturales de *Calamagostis vicunarium*, *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis* con 3.14 T/ha. Si bien es cierto en cada uno de los casos se trata de pastos naturales, estos son de especies diferentes y las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrollan también lo son, por lo tanto, el almacenamiento de carbono no es el mismo. El almacenamiento de carbono en pasto también varía teniendo en cuenta la época en la que se realiza el muestreo y del uso de suelo (Torres *et al.*, 2012).

El carbono total en hojarasca proveniente de *Cupressus lusitanica* Mill. fue de 0.41 T/ha que fue superior a lo obtenido por Fluker y Sánchez (2017) para la hojarasca de un sistema silvopastoril con *Alnus acuminata* que registró un valor de 0.00602 T/ha. Céspedes *et al.* (2018) obtuvieron valores superiores de carbono en hojarasca: 0.671 T/ha para suelos con pasturas y 0.944 T/ha para un sistema silvopastoril compuesto por diferentes especies arbóreas como *Schinopsis lorentzii* (quebracho colorado santiagueño), *Aspidosperma quebracho blanco* (quebracho blanco), *Ziziphus mistol* (mistol), *Prosopis ruscifolia* (itín), *Schinus molle* (molle), *Celtis tala* (tala). Estas diferencias en las concentraciones de carbono se deben a que se trata de hojarasca proveniente de diferentes especies forestales.

Si bien es cierto, la cantidad de carbono retenido por este componente puede parecer pequeña, este es importante ya que con su descomposición liberan nutrientes como el Carbono, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio que contribuyen a mejorar las características fisicoquímicas del suelo (López *et al.*, 2013).

Con respecto al carbono total en el suelo se obtuvo valores más altos para la segunda profundidad de 15-30 cm (34.27 T/ha) en comparación a la profundidad 1 de 0-15 cm (30.84 T/ha), lo que contradice en cierta manera lo planteado por Paz y Etchevers (2016) y Acosta *et al.* (2009) quienes plantean que el contenido de Carbono Orgánico del Suelo disminuye conforme aumenta la profundidad del suelo. Esta diferencia en el contenido de materia orgánica podría deberse a la influencia de propiedades físicas como la textura y la densidad aparente (Matus y Maire (2000); Romero *et al.* (2015)). Sin embargo, hay que tener en cuenta que en esta investigación se consideraron profundidades de suelo pequeñas (de 15 cm cada una) y las características físicas y químicas presentaron valores similares, por lo que se puede asumir que se trata del mismo horizonte edáfico (Ortiz *et al.*, 2008) y para realizar una mejor comparación

de los contenidos de carbono orgánico podría ser una opción considerar otros horizontes más profundos.

El carbono total obtenido para el componente suelo fue de 65.10 T/ha, este valor fue superior a lo obtenido por Alvarado *et al.* (2013) quienes obtuvieron valores de 50 y 54 t/ha para Sistemas Agroforestales de *Coffea arabica* L. con plátano y nogal respectivamente para 30 cm de profundidad. Por otro lado, Castillo *et al.* (2016) obtuvo valores superiores de COS para pastizales de 99.83 T/ha y valores inferiores para suelos con cultivos que obtuvieron un valor de 53 T/ha. Chichipe y Espárraga (2015) también obtuvieron un valor superior de Carbono Orgánico en Suelos para Sistemas Silvopastoriles que tuvieron como componente arbóreo al *Alnus acuminata* con un valor de 240.25 T/ha.

Estas marcadas diferencias se deben al tipo de uso de suelo ya que el Carbono Orgánico del Suelo se ve afectado principalmente por el manejo que recibe y las condiciones edafoclimáticas, por lo que es necesario recurrir a buenas prácticas de manejo que aseguren la sustentabilidad del recurso y los servicios ambientales que este proporciona (Martínez *et al.*, 2008).

El carbono almacenado en *Cupressus lusitanica* Mill. fue de 14.34 T/ha para una cantidad de 105 árboles distribuidos en el potrero y a modo de cerco vivo como componente del sistema silvopastoril. Este valor es inferior a lo obtenido por Cargua *et al.* (2014) quienes obtuvieron un valor de 14.69 T/ha para una plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*). Oliva *et al.* (2017) también obtuvieron valores superiores para plantaciones de *Pinus patula* (19.37 T/ha). Por otro lado, Mata (2013) obtuvieron valores inferiores para *Cupressus guadalupensis* que registró un almacenamiento de carbono promedio de 5.21 T/ha.

Bolaños *et al.* (2017) y Rojas (2014) determinaron la concentración de carbono para un bosque de *Cupressus lusitanica* obteniendo un valor de 72 T/ha y 123.2 T/ha respectivamente; estos valores son ampliamente mayores a los obtenidos en esta investigación, esto se debe a que en un bosque la densidad arbórea es mayor frente a un sistema silvopastoril.

Los valores de DAP para *Cupressus lusitanica* Mill. fluctuaron entre 27.37 y 47.11 cm lo que se encuentra en el rango de valores de DAP obtenidos por Vigil (2010) que se encontraron entre 2.5 a 45 cm, por lo cual se puede decir que la ecuación alométrica que se usó para el cálculo indirecto de biomasa arbórea y carbono fue la

más adecuada y el error es el mínimo. Las condiciones edafoclimáticas de ambas investigaciones también son similares pese a que se tratan de diferentes países.

El carbono total almacenado en el sistema silvopastoril cuyo componente arbóreo es el *Cupressus lusitánica* Mill. fue de 81.39 T/ha. Este valor es menor al obtenido por Cerda *et al.* (2013) que registraron un promedio de carbono total de 122 T/ha de carbono para un Sistema Agroforestal de Cacao (*Theobroma cacao*) en Costa Rica. Espinoza *et al.* (2012) determinaron el almacén de carbono en Sistemas Agroforestales con Café obteniendo un valor de 114 TC/ha para el SAF con café-cedro rosado, que es superior al obtenido en esta investigación. Sin embargo, en los otros SAF obtuvieron valores menores de 34 TC/ha para el SAF café-macadamia, 29 TC/ha para el SAF café-chalahuite (Ca + Ch), 27 TC/ha para el SAF café-plátano velillo y 2 TC/ha para el sistema silvopastoril (Sp).

Roncal *et al.* (2008) mencionan que la mayor reserva de carbono se encuentra en el componente suelo, seguido del componente arbóreo y la cantidad está en función al tipo de uso que reciba ese suelo. Esto coincide con lo encontrado en esta investigación con una distribución de 79.99% de carbono en el componente suelo y un 17.62% de carbono en el componente arbóreo de *Cupressus lusitánica* Mill.

V. CONCLUSIONES

- La presente investigación es muy importante porque permite cuantificar la importancia de los sistemas silvopastoriles como proveedor de servicios ambientales. La cantidad de carbono almacenado en el sistema silvopastoril que tiene al *Cupressus lusitanica* Mill. como componente arbóreo es de 81.39 T/ha.
- El sistema silvopastoril que tiene a *Cupressus lusitanica* Mill. como componente arbóreo, se observaron diversas especies de pastos y malezas propios de cuencas ganaderas. Los suelos son blandos a ligeramente compactados. La textura predominante fue la Franco arenosa, que es moderadamente gruesa con aptitud forestal y la Franco Arcillo Arenosa, que es moderadamente fina y con aptitud para múltiples cultivos. Los suelos presentaron un pH ácido posiblemente influenciado por la especie forestal o las condiciones edafoclimáticas de la zona. Estos suelos no tienen problemas de salinidad y presentan buenos contenidos de materia orgánica.
- La cantidad de carbono almacenado en pasto es de 1.54 T/ha (1.89% del total). La cantidad de carbono almacenado en hojarasca fue de 0.41 T/ha (0.50% del total). La cantidad de carbono almacenado en el suelo en la profundidad 1: 0-15 cm fue de 30.84 T/ha. La cantidad de carbono almacenado en el suelo en la profundidad 2: 15-30 cm fue de 34.27 T/ha. El carbono total del componente suelo fue de 65.10T/ha (79.99% del total).
- La determinación de la cantidad de carbono almacenado en *Cupressus lusitanica* Mill. mediante el método indirecto con datos de 105 árboles, nos dio un valor de 14.34 T/ha (17.62% del total), para plantaciones forestales que presentaron un DAP mínimo de 27.37 cm y un máximo de 47.11 cm.

VI. RECOMENDACIONES

Para desarrollar futuras investigaciones:

- ✓ Evaluar la influencia de las plantaciones forestales sobre las características físico químicas y biológicas del suelo para conocer si esta especie forestal es una buena opción para el establecimiento de sistemas silvopastoriles o es mejor optar por otras especies de amplio uso en la zona como lo son el aliso (*Alnus acuminata*) y el pino patula (*Pinus patula*).
- ✓ Realizar un estudio más detallado de los servicios ambientales distinto a la captura de carbono que brinda el sistema silvopastoril y la forma de aprovecharlo de manera sustentable.
- ✓ Determinar la carga animal apropiada para el sistema silvopastoril para que los componentes suelo y pasto no se vean afectados por un exceso de pastoreo vacuno.
- ✓ Realizar la valorización económica de la vegetación presente en el Sistema Silvopastoril y promocionar los beneficios ambientales del establecimiento de los sistemas silvopastoriles entre los productores ganaderos del anexo Puma Hermana y lograr que estos se implementen de forma paulatina.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M., Carrillo, F. y Díaz, M. (2009). Determinación del carbono total en bosques mixtos de *Pinus patula* Schl. Et Cham. *Terra Latinoamericana*, 27:105-114.
- Alvarado, J., Jair, H. y Segura, M. (2013). Almacenamiento de carbono orgánico en suelos en sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en el municipio del Líbano, Tolima, Colombia. *Colombia Forestal*, 16(1): 21-31.
- Andrade, H. y Ibrahim, M. (2003). ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? *Agroforestería en las Américas*, 10: (39-40), 109-116.
- Arriola, J., Batlle, J. y Mendoza, J. C. (2012). Estado de salud actual del suelo en la ladera norte del Cerro Gordo del Parque Estatal Flor del Bosque, Amozoc, Puebla, México. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 27 (1): 17-23.
- Barquero, D., Ramírez, D., Araya, A. y Villalobos, M. (2014). Efectos inhibidores de crecimiento producidos por el ciprés, *Cupressus lusitanica* (Cupressaceae), en el Bosque de La Hoja, Heredia, Costa Rica. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University*, 6(1): 35-42. (ISSN: 1659-4266).
- Blanco, R. (2009). La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo. *Agrociencia*, 43(3): 231-239.
- Bolaños, Y., Bolaños M., Paz, F. y Ponce, J. (2017). Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México. *Terra Latinoamericana*, 35: 73-86.
- Cargua, F. E., Rodríguez, M. V., Recalde, C. G. y Vinuesa, L. M. (2014). Cuantificación del contenido de carbono en una plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*) y en estrato de páramo de Ozogoché Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Información Tecnológica*, 25(3): 83-92.
- Castillo, L. A., Bojórquez, J. I., Hernández, A. y García, D. (2016). Contenido de carbono orgánico en suelos bajo diferentes coberturas vegetales y de cultivo. *Cultivos Tropicales*, 37 (3): 72-78.

- Cerda, R., Espin, T. y Cifuentes, M. (2013). Carbono en sistemas agroforestales de cacao de la Reserva Indígena Bribri de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 49: 33-41.
- Céspedes, F. E., Fernández, J.A., Giménez, L., Leonhardt, E. A. y Bernardis, A. C. (2018). Carbono retenido por la hojarasca y raíces en diferentes usos del suelo en la región del Chaco Semiárido. *Chilean J. Agric. Sci., ex Agro-Ciencia*, 34(2): 165-172.
- Chichipe, J. y Esparraga, T. A. (2015). *Evaluación de la influencia del uso de la tierra en el almacenamiento de carbono orgánico en suelos de la microcuenca ganadera de Pomacochas del departamento de Amazonas-Perú*. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Amazonas, Perú. 89 pp.
- Echeverrú, L., Estévez, J. V. y Bedoya, J. G. (2014). Caracterización física, química y mineralógica de suelos con vocación forestal protectora, Región Andina Central Colombiana. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67 (2): 7335-7343.
- Espinoza, W., Krishnamurthy, L., Vázquez, A. y Torres, A. (2012). Almacén de carbono en Sistemas Agroforestales con café. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18 (1): 57-70.
- Fluker, R. S. y Sánchez, V. (2017). 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. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Amazonas, Perú. 90 pp.
- Fondation BNP Paribas (2016). Atlas del carbono global. Recuperado en: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/welcome-carbon-atlas>. Fecha de visita: 28-08-2018
- Gutiérrez, V. y Lopera, G. (2001). *Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales*. Medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Simposio Internacional llevado a cabo en Valdivia, Chile.

- Huddleston, N. (2013). Cambio climático, evidencias, impactos y opciones. Recuperado de <http://nas-sites.org/americanasclimatechoices/files/2013/04/136909453-Cambio-Climatico-Evidencia-Impactos-y-Opciones.pdf>.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA (Chile)*, 24 (1): 49-61.
- López, J. M., González, H., Ramírez, R. G. *et al.* (2013). Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*, 35: 41-64.
- Martínez, E., Fuentes, J. P. y Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *R. C. Suelo Nutr. Veg.*, 8 (1): 68-96.
- Mata, G. (2013). *Evaluación de la captura de carbono en un bosque de ciprés de Guadalupe (Cupressus guadauensi) en isla Guadalupe, baja California* (tesis de maestría). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Nuevo León, México. 60 pp.
- Matus, F. J. y Maire, C. R. (2000). Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. *Agricultura Técnica*, 60 (2): 112-126.
- Ministerio del ambiente (2016). Niveles de emisión de CO₂. Recuperado en <https://www.gob.pe/minam>.
- Oliva, M., Culqui, L., Leiva, S., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H. y Quintana, J. (2017). Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patula* y herbáceas nativas. *Scientia Agropecuaria*, 8(2): 149-157.
- Oliva, M., Pérez, R., Salas, R. *et al.* (2017). Cuantificación del área de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata y su potencial como reserva de carbono. *Scientia Agropecuaria*, 8 (3): 233-241.
- Ortiz, I., Fernández, E., Martín, F. y Dorronsoro, C. (2008). Estimación de propiedades físicas del suelo en gabinete y su aplicación en la identificación de horizontes edáficos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16 (1): 57-63.
- Paz, F. y Etchevers, J. (2016). Distribución a profundidad del carbono orgánico en los suelos de México. *Terra Latinoamericana*, 34: 339-355.

- Quispe, C.M., Quispe, F. y Yaranga, R.M. (2015). Almacenamiento de carbono en pastos naturales de la subcuenca Capinaco, Huancayo. *Apunt. Cienc. Soc.* 5 (2): 218-227.
- Radulovich R. (1994). *Tecnologías productivas para sistemas agrosilvopecuarios de ladera con sequía estacional*. Serie Técnica, Informe Técnico 222, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie), Turrialba, Costa Rica.
- Rojas, P., Ramirez, D., Rasche, J. y Encina, A. (2018). Niveles de materia orgánica en distintos tipos de manejos. *Brazilian Journal of Development*, 4 (7): 3789-3800.
- Rojas, M. (2014). Carbono almacenado en plantaciones forestales de *Pinus caribaea*, *Cupressus lusitanica* y *Eucalyptus deglupta* en el Proyecto Hidroeléctrico Cachí. *Ciencias Ambientales*, 47(1): 5-15.
- Romero, C., García, E. y Hernández, E. (2015). Materia orgánica y densidad aparente en suelos del suroeste de La Malinche, Tlaxcala, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2 (5): 63-70.
- Roncal, S., Soto, L., Castellanos, J., Ramírez, N. y De Jong, B. (2008). Sistemas Agroforestales y Almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Interciencia*, 33(3): 200-206.
- Rügnitz, T., Chacón, L., y Porro R. (2009). *Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales*. 1. ed. - Lima, Perú.: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA), 79p.
- Torres, A., Peña, E., Zuñiga, O., y Peña, J. (2012). Evaluación del impacto de actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono en biomasa vegetal en ecosistemas de alta montaña en Colombia. *Boletín Científico. Museo de historia natural* 16(1): 132–142.
- Vanegas, E. A. y Méndez, B. A. (2016). Aplicación del índice de calidad de suelos en plantaciones forestales de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose) y Matilisqueate (*Tabebuia rosea* Bertol) en Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 3 (1): 47-54.
- Vargas, A., Amescua, M., y Yañez, S. (2004). La captura de carbono en bosques: ¿Una herramienta para la gestión ambiental? *Gaceta Ecológica*, 70: 5-18. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907001>.

Vigil, N. (2010). Estimación de biomasa y contenido de carbono en *Cupressus lindleyi* Klotzsch ex Endl. en el campo forestal experimental “Las Cruces”, Texcoco, México. Tesis profesional para obtener el título de ingeniero en Restauración Forestal. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 71 pp.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 3. Retiro de la cobertura vegetal para obtener muestras de suelo.
Área de estudio ubicado en el anexo Puma Hermana.



Figura 4. Medición de profundidades para obtener las muestras de suelo.
Área de estudio ubicado en el anexo Puma Hermana.



Figura 5. Muestra de suelo para determinar carbono orgánico.
Área de estudio ubicado en el anexo Puma Hermana.



Figura 6. Muestra para determinar densidad de suelo.
Área de estudio ubicado en el anexo Puma Hermana.



Figura 7. Muestra de pasto para determinar contenido de carbono.
Área de estudio ubicado en el anexo Puma Hermana.



Figura 8. Pesado de muestras para determinar densidad.
Laboratorio de investigación en suelos y aguas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas



Figura 9. Muestras de suelo para determinar COS.

Laboratorio de investigación en suelos y aguas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.



Figura 10. Pesado de muestras de pasto y hojarasca para determinar peso seco.

Laboratorio de investigación en suelos y aguas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Anexo 02: Tablas

Tabla 7. Datos de peso del pasto colectado por cuadrante.

N° cuadrante	Peso húmedo (kg)	Peso de muestra (g)	Peso seco (g)			
			Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	1.84	200	109	43	42	42
2	2.175	200	122	42	41	41
3	0.92	200	124	45	40	40
4	1.055	200	110	45	45	45
5	1.155	200	128	46	45	45
6	1.3	200	126	46	43	43
7	1.635	200	139	48	46	46
8	1.255	200	128	45	42	42
9	1.085	200	112	45	42	42
10	1.025	200	119	44	42	42
11	1.34	200	145	46	42	42
12	1.59	200	143	44	43	43
13	1.62	200	140	48	46	46
14	1.615	200	134	447	44	44
15	1.55	200	125	45	42	42

Tabla 8. Datos de peso de hojarasca colectado por cuadrante.

Cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso en laboratorio				
		Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
1	150	116	105	104	104	104
2	272	216	194	191	191	191
3	11	11	10	9	9	9
4	2	2	2	2	2	2
5	194	110	95	94	93	93
6	86	78	72	70	70	70
7	7	6	6	5	5	5
8	42	31	25	20	20	20
9	32	29	24	23	23	23
10	125	113	106	89	89	89
11	267	134	105	104	103	103
12	277	198	161	112	111	111
13	631	430	294	214	208	208
14	23	22	21	18	18	18
15	443	305	238	173	169	169

Tabla 9. Densidad aparente del suelo.

N° punto	Profundidad	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Volumen cilindro (cm ²)	Densidad Aparente (g/cm ³)
1	0-15 cm	188	119	237.78	0.50
	15-30 cm	275	178	237.78	0.75
2	0-15 cm	207	120	237.78	0.50
	15-30 cm	284	187	237.78	0.79
3	0-15 cm	219	109	237.78	0.46
	15-30 cm	282	169	237.78	0.71
4	0-15 cm	241	149	237.78	0.63
	15-30 cm	238	157	237.78	0.66
5	0-15 cm	196	111	237.78	0.47
	15-30 cm	268	171	237.78	0.72
6	0-15 cm	262	160	237.78	0.67
	15-30 cm	325	224	237.78	0.94
7	0-15 cm	191	108	237.78	0.45
	15-30 cm	198	120	237.78	0.50
8	0-15 cm	200	101	237.78	0.42
	15-30 cm	285	160	237.78	0.67
9	0-15 cm	226	149	237.78	0.63
	15-30 cm	2467	176	237.78	0.74
10	0-15 cm	205	105	237.78	0.44
	15-30 cm	181	87	237.78	0.37

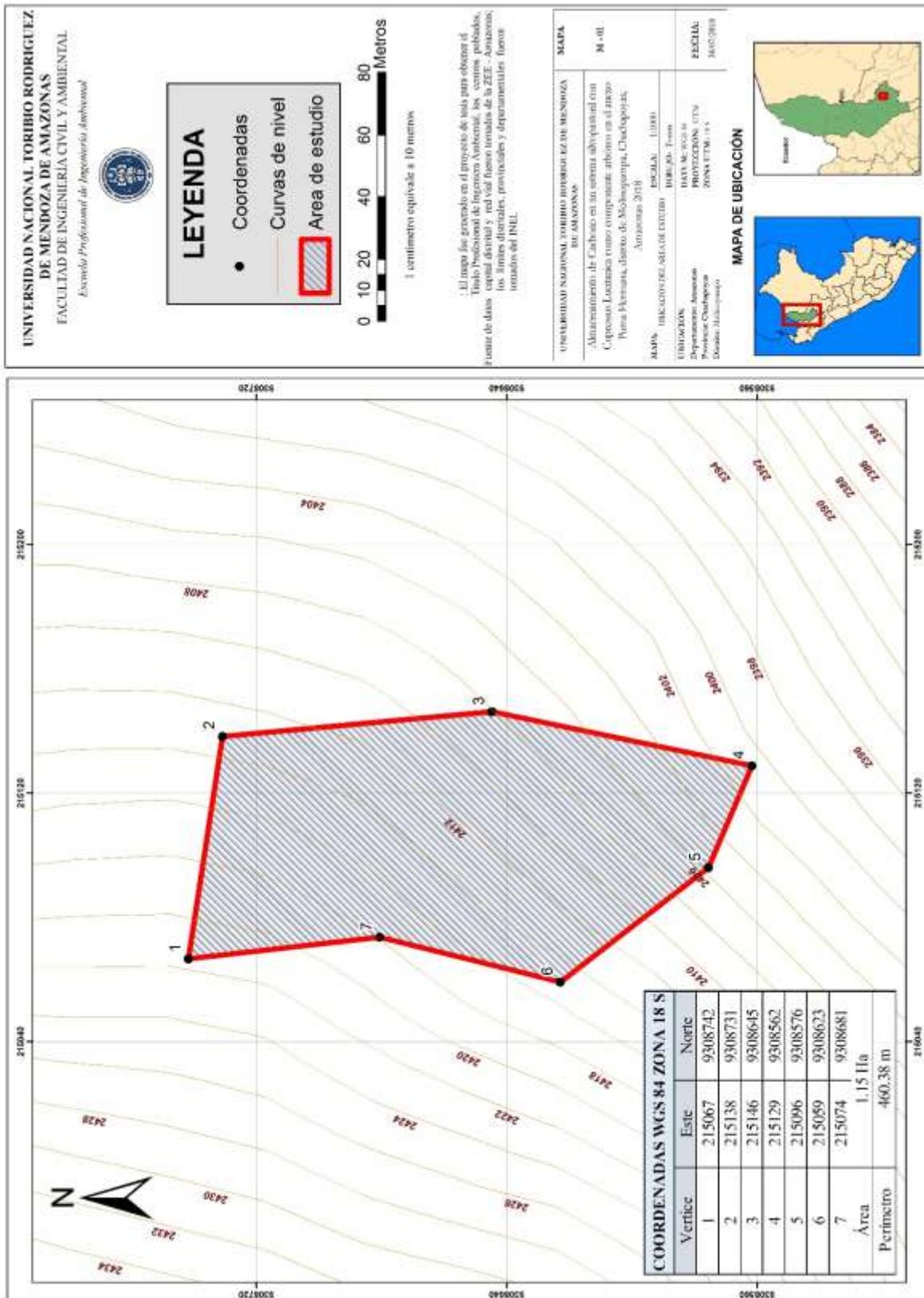
Tabla 10. Datos de DAP y cálculos de Biomasa Seca y carbono Total

N° Árbol	Circunferencia (cm)	DAP (cm)	Biomasa Seca (kg/árbol)	Carbono Total (kg/árbol)
1	111	35.33	290.81	145.41
2	99	31.51	237.47	118.73
3	120	38.20	333.87	166.94
4	124	39.47	353.84	176.92
5	103	32.79	254.73	127.36
6	101	32.15	246.03	123.02
7	130	41.38	384.73	192.36
8	98	31.19	233.24	116.62
9	117	37.24	319.23	159.62
10	93	29.60	212.58	106.29
11	98	31.19	233.24	116.62
12	117	37.24	319.23	159.62
13	93	29.60	212.58	106.29
14	90	28.65	200.58	100.29
15	112	35.65	295.47	147.73
16	142	45.20	449.85	224.93
17	128	40.74	374.31	187.15
18	107	34.06	272.51	136.25
19	95	30.24	220.74	110.37
20	106	33.74	268.01	134.01
21	100	31.83	241.73	120.87
22	130	41.38	384.73	192.36
23	120	38.20	333.87	166.94
24	98	31.19	233.24	116.62
25	112	35.65	295.47	147.73
26	102	32.47	250.36	125.18
27	105	33.42	263.55	131.78
28	130	41.38	384.73	192.36
29	148	47.11	484.07	242.03
30	125	39.79	358.91	179.45
31	115	36.61	309.63	154.82
32	93	29.60	212.58	106.29
33	95	30.24	220.74	110.37
34	93	29.60	212.58	106.29
35	104	33.10	259.12	129.56
36	89	28.33	196.65	98.33
37	118	37.56	324.08	162.04
38	117	37.24	319.23	159.62

N° Árbol	Circunferencia (cm)	DAP (cm)	Biomasa Seca (kg/árbol)	Carbono Total (kg/árbol)
39	95	30.24	220.74	110.37
40	94	29.92	216.64	108.32
41	120	38.20	333.87	166.94
42	109	34.70	281.60	140.80
43	110	35.01	286.19	143.09
44	120	38.20	333.87	166.94
45	135	42.97	411.32	205.66
46	119	37.88	328.96	164.48
47	112	35.65	295.47	147.73
48	100	31.83	241.73	120.87
49	106	33.74	268.01	134.01
50	97	30.88	229.04	114.52
51	93	29.60	212.58	106.29
52	90	28.65	200.58	100.29
53	95	30.24	220.74	110.37
54	88	28.01	192.75	96.38
55	130	41.38	384.73	192.36
56	90	28.65	200.58	100.29
57	109	34.70	281.60	140.80
58	89	28.33	196.65	98.33
59	92	29.28	208.54	104.27
60	86	27.37	185.06	92.53
61	102	32.47	250.36	125.18
62	90	28.65	200.58	100.29
63	110	35.01	286.19	143.09
64	107	34.06	272.51	136.25
65	121	38.52	338.82	169.41
66	116	36.92	314.42	157.21
67	100	31.83	241.73	120.87
68	104	33.10	259.12	129.56
69	90	28.65	200.58	100.29
70	93	29.60	212.58	106.29
71	106	33.74	268.01	134.01
72	90	28.65	200.58	100.29
73	108	34.38	277.04	138.52
74	110	35.01	286.19	143.09
75	102	32.47	250.36	125.18
76	106	33.74	268.01	134.01
77	110	35.01	286.19	143.09
78	105	33.42	263.55	131.78
79	103	32.79	254.73	127.36
80	99	31.51	237.47	118.73

N° Árbol	Circunferencia (cm)	DAP (cm)	Biomasa Seca (kg/árbol)	Carbono Total (kg/árbol)
81	94	29.92	216.64	108.32
82	106	33.74	268.01	134.01
83	110	35.01	286.19	143.09
84	89	28.33	196.65	98.33
85	93	29.60	212.58	106.29
86	89	28.33	196.65	98.33
87	105	33.42	263.55	131.78
88	94	29.92	216.64	108.32
89	93	29.60	212.58	106.29
90	125	39.79	358.91	179.45
91	95	30.24	220.74	110.37
92	130	41.38	384.73	192.36
93	109	34.70	281.60	140.80
94	95	30.24	220.74	110.37
95	95	30.24	220.74	110.37
96	115	36.61	309.63	154.82
97	120	38.20	333.87	166.94
98	104	33.10	259.12	129.56
99	145	46.16	466.82	233.41
100	110	35.01	286.19	143.09
101	97	30.88	229.04	114.52
102	105	33.42	263.55	131.78
103	119	37.88	328.96	164.48
104	107	34.06	272.51	136.25
105	110	35.01	286.19	143.09
TOTAL		33.90	28691.45	14345.72

- Anexo 3: Mapa del área de muestreo.



- Anexo 4: Resultados de análisis de suelos



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



ANÁLISIS DE SUELOS : pH, C.E, C, M.O,N Y CLASE TEXTURAL

1. DATOS :

Solicitante : SILVIA KARINA OYARCE TAFUR

Departamento : AMAZONAS

Provincia : CHACHAPOYAS

Distrit : MOLINOPAMPA

Anexo : PUMA HERMANA

Sector : 23/07/2018

Fecha : 0003-0078514

B.V. :

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO

Lab	Numero de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSim	C %	M.O. %	N %	Análisis Mecánico		Clase Textural	
							Arenia %	Limo %		
520	M1 - P1	4.20	0.12	3.53	6.08	0.30	66.0	12.0	22.0	Fr.Ar.A
521	M1 - P2	4.55	0.05	3.39	5.84	0.29	78.0	12.0	10.0	Fr.A.
522	M2 - P1	5.20	0.26	4.24	7.30	0.37	84.0	6.0	10.0	A.Fr.
523	M2 - P2	4.39	0.07	3.34	5.76	0.29	66.0	12.0	22.0	Fr.Ar.A.
524	M3 - P1	3.92	0.20	4.19	7.22	0.36	86.0	4.0	10.0	A.Fr.
525	M3 - P2	4.45	0.06	3.29	5.68	0.28	58.0	8.0	34.0	Fr.Ar.A.
526	M4 - P1	3.56	0.19	4.28	7.38	0.37	74.0	8.0	18.0	Fr.A.
527	M4 - P2	3.91	0.09	3.39	5.84	0.29	68.0	12.0	20.0	Fr.A.
528	M5 - P1	3.82	0.14	4.31	7.42	0.37	76.0	8.0	16.0	Fr.A.
529	M5 - P2	4.33	0.05	3.44	5.92	0.30	58.0	12.0	30.0	Fr.Ar.A.

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



"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



ANALISIS DE SUELOS : pH, C.E, C, M.O,N Y CLASE TEXTURAL

1. DATOS :

Solicitante : SILVIA KARINA OYARCE TAFUR

Departamento : AMAZONAS
 Provincia : CHACHAPOYAS
 Distrito : MOLINOPAMPA

Anexo : PUJMA HERMANA
 Sector :
 Fecha : 23/07/2018
 B.V. : 0003-0079514

2. RESULTADO DEL ANALISIS SOLICITADO

Lab	Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico		Clase Textural
	Muestra							Arena %	Limo %	
530	M6 - P1		3.89	0.14	3.76	6.49	0.32	56.0	18.0	Fr.Ar.A.
531	M6 - P2		4.65	0.03	3.11	5.35	0.27	36.0	16.0	Ar.
532	M7 - P1		3.95	0.38	4.26	7.34	0.37	80.0	10.0	A.Fr.
533	M7 - P2		3.89	0.10	3.81	6.57	0.33	70.0	10.0	Fr.A.
534	M8 - P1		4.02	0.09	3.72	6.41	0.32	80.0	4.0	Fr.A.
535	M8 - P2		4.25	0.04	3.34	5.76	0.29	58.0	12.0	Fr.Ar.A.
536	M9 - P1		4.29	0.07	3.44	5.52	0.30	70.0	10.0	Fr.A.
537	M9 - P2		4.34	0.04	3.15	5.44	0.27	44.0	20.0	Fr.Ar.
538	M10 - P1		3.78	0.17	4.19	7.22	0.36	72.0	16.0	Fr.A.
539	M10 - P2		4.03	0.08	3.29	5.68	0.28	72.0	10.0	Fr.A.

A = Arena ; A.Fr. = Arena Friable ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Silvia Karina Oyarce Tafur
 Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas

- Anexo 5: Constancia de identificación taxonómica.



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS

CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

Yo, Jesús Rascón Barrios, Licenciado en Biología, hace constancia de que la tesista de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A), la Sra. **Silvia Karina Oyarce Tafur**, identificado con DNI N° **72487970**, solicitó el servicio de identificación taxonómica para una muestra botánica, la cual contiene la siguiente información:

Nombre común reportado: "Ciprés"

Lugar de colecta: Anexo Puma Hermana, Distrito de Molinopampa, Provincia de Chachapoyas, Departamento de Amazonas

Altura sobre el nivel del mar: 2450 msnm

Fecha de colecta: 16 de junio de 2018.

Una vez de revisadas las características morfológicas del ejemplar, determino que la muestra botánica corresponde a la especie ***Cupressus lusitanica* Mill.**, perteneciente a la familia de las Cupresáceas.

Se expide a solicitud del interesado, para efectos de investigación científica, a día 22 de junio de 2018


Jesús Rascón Barrios
Biólogo
C.B.P. 13752

- Anexo 6: Procesamiento estadístico

Prueba de correlación de Pearson al 5% de significación

Tabla 11. Estadísticos descriptivos

Variables	Media	Desviación típica	N
Profundidad (cm)	1.5	0.51	20
Carbono Orgánico del suelo (T/ha)	32.55	6.17	20

Tabla 12. Correlaciones

Variables		Profundidad (cm)	Carbono orgánico del suelo (T/ha)
Profundidad (cm)	Correlación de Pearson	1	0.285
	Sig. (bilateral)		0.222
	N	20	20
Carbono Orgánico del suelo	Correlación de Pearson	0.285	1
	Sig. (bilateral)	0.222	
	N	20	20