



UNAP



**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES
TROPICALES**

TESIS

**“CARBONO EN NECROMASA Y SUELO EN PARCELAS I, II, III, IV
DEL ARBORETUM “EL HUAYO”, PUERTO ALMENDRA,
LORETO – PERÚ, 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES**

**PRESENTADO POR
JEAN PAUL PEZO CAUPER**

**ASESOR
Ing. ABRAHAN CABUDIVO MOENA, Dr.**

IQUITOS, PERÚ

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 026-CTG-FCF-UNAP-2023

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 17 días del mes de mayo del 2023, a horas 12:00 m., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "CARBONO EN NECROMASA Y SUELO EN PARCELAS I, II, III, IV DEL ARBORETUM "EL HUAYO", PUERTO ALMENDRA, LORETO - PERÚ, 2021", aprobado con R.D. N° 0350-2021-FCF-UNAP, presentado por el bachiller JEAN PAUL PEZO CAUPER, para optar el Título Profesional de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0107-2023-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Saron Quintana Vásquez, Dra.	: Presidente.
Ing. Ronald Manuel Panduro Tejada, Dr.	: Miembro.
Ing. José David Urquiza Muñoz, M.Sc.	: Miembro.

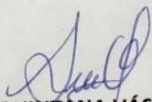
Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: SATISFACTORIAMENTE

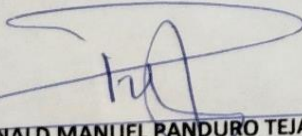
El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

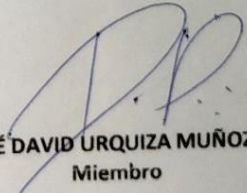
La sustentación pública y la tesis han sido: APROBADO con la calificación de BUENO

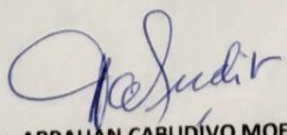
Estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales.

Siendo las 13.15 pm Se dio por terminado el acto ACADEMICO


Ing. SARON QUINTANA VÁSQUEZ, Dra.
Presidente


Ing. RONALD MANUEL PANDURO TEJADA, Dr.
Miembro


Ing. JOSÉ DAVID URQUIZA MUÑOZ, M.Sc.
Miembro


Ing. ABRAHAN CABUDÍVO MOENA, Dr.
Asesor

JURADO Y ASESOR

Ing. SARON QUINTANA VASQUEZ, Dra.

Presidente

Reg. Cip. n° 71600

Ing. RONALD MANUEL PANDURO TEJADA, Dr.

Miembro

Reg.Cip. n°35493

Ing. JOSE DAVID URQUIZA MUÑOZ, M. Sc.

Miembro

Reg. Cip. n° 181468

Ing. ABRAHAN CABUDIVO MOENA, Dr.

Asesor

Reg. Cip. n°40295

Nombre del usuario:
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

ID de Comprobación:
72810256

Fecha de comprobación:
08.09.2022 12:50:19 -05

Tipo de comprobación:
Doc vs Internet

Fecha del Informe:
08.09.2022 13:14:31 -05

ID de Usuario:
Ocultado por Ajustes de Privacidad

Nombre de archivo: **TESIS RESUMEN JEAN PAUL PEZO CAUPER**

Recuento de páginas: **32** Recuento de palabras: **7587** Recuento de caracteres: **43593** Tamaño de archivo: **387.41 KB** ID de archivo: **838593**

21% de Coincidencias

La coincidencia más alta: **4.6%** con la fuente de Internet (<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14329/1/UPS-CT007037.p>)

21% Fuentes de Internet

723

Página 34

No se llevó a cabo la búsqueda en la Biblioteca

14.9% de Citas

Citas

23

Página 35

No se han encontrado referencias

0% de Exclusiones

No hay exclusiones

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, especialmente a la memoria de mi madre, fueron ellos los que forjaron mi apego hacia las ciencias naturales. Con el mismo cariño dedico a mis hermanos y a mi esposa e hijos quienes fueron desde siempre la motivación y el apoyo emocional para su realización.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a todos mis profesores de mi querida alma mater, especialmente a mi asesor por enseñarme la importancia de los suelos del mundo y su rol para el desarrollo de la vida en la tierra.

INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE FOTOS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	6
1.3. Definición de términos básicos	9
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	10
2.1. Formulación de la hipótesis	10
2.2. Variables y su operacionalización	10
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño	12
3.2. Diseño muestral	12
3.3. Procedimientos de recolección de datos	13
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	14

3.4.1.	Necromasa	14
3.4.2.	Almacenamiento de carbono en el suelo	15
3.4.2.1	Acondicionamiento de muestras de suelo	15
3.4.2.2	Densidad del suelo	15
3.4.2.3	Cuantificación de la materia orgánica	16
3.4.2.4.	Carbono en el suelo	16
3.4.2.5.	Análisis estadístico	17
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		18
4.1.	Acumulación de necromasa en el suelo de las parcelas I, II, III, IV del arboretum “El Huayo”.	18
4.2.	Carbono almacenado en necromasa en el suelo de las parcelas I, II, III, IV del arboretum “El Huayo”	21
4.3	Almacenamiento de carbono en el suelo de las parcelas I, II, III, IV del arboretum “El Huayo”.	23
CAPITULO V: DISCUSIÓN		28
CAPITULO VI: CONCLUSIONES		33
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES		34
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN		35
ANEXOS		39
1.	Ubicación del área de estudio: Parcelas I, II, III, IV arboretum	40
2.	Cuantificación de la necromasa y carbono en la parcela I arboretum	41
3.	Cuantificación de la necromasa y carbono en la parcela II arboretum	42
4.	Cuantificación de la necromasa y carbono en la parcela III arboretum	43
5.	Cuantificación de la necromasa y carbono en la parcela IV arboretum	44
6.	Calculo para obtener el volumen final de suelo parcelas I, II, III y IV arboretum “El Huayo”	45
7.	Calculo para obtener el carbono del suelo en parcelas I, II, III y IV arboretum “El Huayo”	47

8.	Obtención de muestras de necromasa en las parcelas I, II, III y IV arboretum “El Huayo” CIEFOR- Puerto Almendra	49
9.	Obtención de muestras de suelo en las parcelas I, II, III y IV arboretum “El Huayo” CIEFOR- Puerto Almendra	50
10.	Panel fotográfico	51

ÍNDICE DE CUADROS

N°	Pág.
1. Necromasa acumulado en el suelo de las parcelas I, II, III, IV	19
2. Prueba de normalidad de la población necromasa Kolmogorov-Smirnov	20
3. Análisis de varianza de necromasa y Prueba de Kruskal-Wallis	20
4. Carbono almacenado en necromasa en parcelas del arboretum	21
5. Análisis de varianza de carbono en necromasa método de Kruskal-Wallis	22
6. Almacenamiento de carbono en los suelos de las Parcelas I, II, III, IV	24
7. Carbono en los suelos por profundidad en las Parcelas I, II, III, IV	24
8. Análisis de varianza de almacenamiento de carbono por Kruskal-Wallis	25
9. Análisis de varianza entre el carbono del suelo y carbono de necromasa	26
10. Comparaciones entre el carbono del suelo-carbono de necromasa en parcelas del arboretum el Huayo.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

N°		Pag
1	Muestreos de necromasa	12
2	Calicata y sus horizontes	12
3	Necromasa almacenado en cuatro parcelas del Arboretum	19
4	Carbono almacenado en la necromasa de las parcelas del arboretum	22
5	Almacenamiento de carbono en suelos del Arboretum el Huayo	25

ÍNDICE DE FOTOS

N°		Pág.
1.	Ubicación del Arboretum	51
2.	Personal de apoyo- obtener muestras	51
3.	Delimitación para obtener necromasa	51
4.	Obteniendo necromasa	51
5.	Necromasa embolsado	51
6.	Codificando muestras de necromasa	51
7.	Necromasa embolsado y codificado	52
8.	Acopio de muestras de Necromasa	52
9.	Tipo de bosques del arboretum	52
10.	Bosque de parcelas del arboretum	52
11.	Personal de apoyo para obtención de muestras del campo	52
12.	Muestras de suelo para ensayos	52
13.	Muestras a ensayar en la mufla	53
14.	Temperatura de la mufla	53
15.	Muestras de necromasa para C. H.	53
16.	Peso seco de las muestras de necromasa	53
17.	Embolsado de las muestras de suelo	53
18.	Acopio de muestras de suelo	53
19.	Muestras de suelo para ensayos	54
20.	Muestras de suelos a ensayar en mufla	54

ÍNDICE DE FOTOS

N°	Pág.
21. Temperatura de la mufla	54
22. Muestras de necromasa para C. H.	54
23. Peso seco de necromasa	54
24. Personal de apoyo para obtención de muestras del campo	54

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se determinó la necromasa y su carbono, además, del carbono almacenado en el suelo de diferentes profundidades de las parcelas I, II, III, IV del Arboretum “El huayo” del CIEFOR-Puerto Almendra.

La metodología aplicada fue obtener 5 muestras de necromasa de 1 m² por parcela en total 20 m² y se realizó 3 calicatas de 70 cm * 70 cm * 30 cm por cada parcela y a profundidades entre 00 cm-10 cm, 10 cm – 20 cm y 20 cm – 30 cm sumando un total de 12 calicatas y 36 muestras de suelo, para luego acondicionarlo y determinar la materia orgánica por el método de calcinación y aplicando fórmulas matemáticas calcularlo el carbono orgánico por nivel de profundidad y por parcela, teniendo la acumulación de carbono en necromasa y carbono del suelo en t/ha.

Los resultados muestran la mayor acumulación de necromasa y carbono se encuentra en la parcela 1 con 9,37 t/ha, y 4,69 t/ha respectivamente, seguido de las parcelas 2, 4 y 3. La mayor acumulación de almacenamiento de carbono en el suelo está en la parcela 4 con 74,15 t/ha seguido de la parcela 2 y parcela 3 con 57,28 t/ha y 51,59 t/ha, siendo de menor acumulación la parcela 1 con 39,54 t/ha. El carbono en suelos entre 00 cm - 10 cm de profundidad se obtuvo la mayor acumulación con 59,90 t/ha seguido por 10 cm - 20 cm con 54,55 t/ha y el menor entre 20 cm – 30 cm con 52,48 t/ha. El análisis de varianza entre el carbono del suelo y el carbono de la necromasa mediante la prueba de Kruskal-Wallis (p)= 0, muestra que es altamente significativo al (p)=0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada.

Palabras claves: Necromasa, carbono, suelo, materia orgánica, parcelas

ABSTRACT

The present research work determined the necromass and its carbon, in addition, the carbon stored in the soil at different depths of plots I, II, III, IV of the Arboretum "El huayo" of CIEFOR-Puerto Almendra. The methodology applied was to obtain 5 samples of necromass of 1 m² per plot in total 20 m² and 3 pits of 70 cm * 70 cm * 30 cm were made for each plot and at depths between 00 cm-10 cm, 10 cm - 20 cm and 20 cm - 30 cm adding a total of 12 test pits and 36 soil samples, to then condition it and determine the organic matter by the calcination method and applying mathematical formulas, calculate the organic carbon by depth level and by plot, taking the accumulation of necromass carbon and soil carbon in t/ha.

The results show the highest accumulation of necromass and carbon is found in plot 1 with 9,37 t/ha and 4,69 t/ha respectively, followed by plots 2, 4 and 3. The highest accumulation of carbon storage on the ground it is in plot 4 with 74,15 t/ha followed by plot 2 and plot 3 with 57,28 t/ha and 51,59 t/ha, plot 1 being less accumulated with 39,54 t /ha.

The carbon in soils between 00 cm - 10 cm deep was obtained the highest accumulation with 59,90 t/ha followed by 10 cm - 20 cm with 54,55 t/ha and the lowest between 20 cm - 30 cm with 52,48 t/ha. The analysis of variance between soil carbon and necromass carbon using the Kruskal-Wallis test ($p=0$), shows that it is highly significant at (p)=0.05, therefore, the proposed hypothesis is accepted.

Keywords: Necromass, carbon, soil, organic matter, plots

INTRODUCCION

El suelo se ha convertido en uno de los recursos más frágiles frente al incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) siendo uno de los principales gases de efecto invernadero causante del cambio climático. Además, el suelo es una importante reserva de carbono, conteniendo más carbono que la atmósfera y la vegetación terrestre en conjunto, sin embargo, el carbono orgánico del suelo es dinámico, a pesar de los impactos antropogénicos pueden convertirlo en un sumidero o fuente neta de gases de efecto invernadero. (FAO, 2017. p. 8). En este proceso, es posible interpretar la transformación de la materia orgánica en hojarasca, como la formación de carbono orgánico del suelo y los depósitos de carbono orgánico del suelo significan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto (necromasa) y la pérdida por mineralización.

Esta problemática va en aumento notándose sus efectos en el ambiente aumentando la temperatura, el suelo no produce, por lo tanto, afectando la producción y la subsistencia de la población, generando diversas cuestiones sobre como contrarrestar las actuales y futuras emisiones de CO₂, a través del secuestro de carbono atmosférico y producción de oxígeno (Borrero, 2012; Céspedes, 2007, citado por Cabudivo 2017, p. 2).

La ciudad de Iquitos está rodeada de diferentes tipos de bosques, sin embargo, existe poca información sobre la importancia del servicio ecosistémico que generan los suelos de estos bosques, referentes al secuestro y fijación de carbono, por lo tanto, por las razones expuestas, se ha planteado la presente investigación evaluando la necromasa y el carbono almacenado, también el carbono del suelo en las parcelas I, II, III, IV del arboretum "El huayo" en Puerto Almendra.

Es importante y útil investigar la necromasa y su almacenamiento de carbono en el suelo de las parcelas del Arboretum “El huayo” zona de Puerto Almendra, porque, la dinámica de estos procesos resalta la importancia de cuantificar los flujos de carbono para garantizar un crecimiento y buena producción arbórea y cumplan un excelente metabolismo fotosintético con la caída de hojas y ramillas que en su descomposición van a infiltrarse como carbono al suelo cumpliendo un importante servicio ecosistémico de regulación climática.

La importancia radica también, en que los datos obtenidos servirán para tomar medidas de mitigación ante el aumento de la temperatura o el calentamiento global que a su vez se demostrara la capacidad de almacenar carbono en el suelo de terraza media que se encuentran dentro del área del Arboretum “El huayo” en Puerto Almendra.

El tema debería ser una prioridad para región y el país, así, se podría reconocer los tipos de suelos productivos conociendo el carbono orgánico y su metodología práctica.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

La evaluación del carbono almacenado en la biomasa, necromasa y carbono orgánico del suelo de tres diferentes hábitats en la península de OSA, Costa Rica, la madera muerta (fina y gruesa) es uno de los recursos con mayor variabilidad de los bosques estudiados, la cual presentó los valores superiores en las reservas de carbono en el hábitat de cima e inferiores en el hábitat con influencia hídrica; en promedio, el mayor reservorio de carbono de la necromasa se encontró en la madera gruesa, posteriormente en la madera fina, necromasa gruesa y por último en la necromasa fina; registrándose las mayores diferencias entre los 30 y 45 cm de profundidad; es decir, en cuanto aumenta la profundidad del suelo aumenta el carbono (Sánchez, 2016, p. 68)

López, (2017, p. 41) evaluando el bosque Aguarongo provincia del Azuay-Ecuador, por su altitud y baja temperatura, similares a los ecosistemas de paramo, presenta alto contenido de materia orgánica en el suelo, por lo tanto, grandes cantidades de carbono acumulado, ocurre, porque las bajas temperaturas reducen la descomposición de los residuos vegetales que se acumulan en el suelo y la captura de carbono se da en el suelo con un valor total de 262,42 toneladas, siendo el mayor valor a una profundidad de 30 cm y de necromasa con 1,11 toneladas por parte de las especies introducidas, se determinó que a mayor porcentaje de materia orgánica aumenta el contenido de carbono, esto ocurre porque la necromasa del bosque no solo constituye ramas y árboles caídos, sino también hojas, flores y frutos.

La mayor cantidad de Carbono almacenado en el suelo corresponde al estadio de bosque > 30 años (109,24 tC/ha), siguiéndole bosque primario (92,29 tC/ha), 15-30 años (88,01tC/ha) y 5-15 años (78,48 tC/ha). Los bosques primarios acumulan distinta cantidad de biomasa en el componente de mantillo respecto a los bosques de 5-15 años. La biomasa seca acumulada en la madera muerta no presenta variación real en ninguno de los estadios de sucesión de bosque. El contenido de carbono orgánico del suelo almacenado en bosques mayores de 30 años es distinto a la de bosques de 5-15 años. Las tendencias mostraron un aumento en el contenido de biomasa sobre el suelo y el carbono orgánico del suelo como un incremento conforme avanza el estadio sucesional del bosque (Aguilar, 2011, p. 41).

También se estudió la biomasa, necromasa y suelo, utilizando variables de diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (ht), carbono orgánico del suelo (COS), el depósito de C con mayor contenido es el COS con 120.55 t C ha , seguido de la biomasa y la necromasa con 107.73 y 14.39 t C ha respectivamente, la especie con mayor -1 aporte de C en la biomasa es la Paca con 66.47 t C h (García y Del Castillo 2013, p. 105)

A su vez la densidad aparente del suelo juega un papel importante en el contenido de carbono, para bosques primarios se encontró una densidad más baja que la hallada para bosques mayores a 30 años, lo que determina una mayor cantidad de poros disponibles en el suelo, por lo tanto, más espacios porosos hay mayor disponibilidad de oxígeno y espacio para los microorganismos que se encargan de la mineralización de la materia orgánica (FAO 2002, citado por Aguilar, 2011, p. 38) Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de Carbono que

fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial (Reicosky, 2000 citado por Martínez *et al.*, 2005. p. 2). La pérdida de material húmico de los suelos cultivados es superior a la tasa de formación de humus de suelos no perturbados por lo que el suelo, bajo condiciones de cultivo convencionales, es una fuente de CO₂ para la atmósfera (Kern y Johnson, 1993, Gifford, 1994, y Reicosky, 2002 citado por Martínez *et al.* 2005. p. 2)

Los suelos contienen más Carbono que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera (Swift, 2001 citado por Martínez *et al.*, 2005. p. 3). La cantidad total de Carbono almacenada en los suelos ha sido estimada por diversos métodos (Post *et al.*, 1982, y Swift, 2001 citado por Martínez *et al.*, 2005. p. 3) y su valor es cercano a 1.500 Pg a 1 m de profundidad (Schlesinger, 1990, Gifford, 1994, Swift, 2001, y FAO, 2001, citado por Martínez *et al.*, 2005. p. 3).

Las concentraciones atmosféricas de CO₂, CH₄ y N₂O se están incrementando por actividades antrópicas como el cambio en los usos del terreno. Esto ha provocado una tasa de calentamiento global que probablemente excede la tasa crítica en la que los ecosistemas son capaces de adaptarse a cambios climáticos (IPCC, 2007; Lal, 2004 citado por Carvajal *et al.* 2009, p.1). Además, concluye para la totalidad del perfil (0-30 cm), los suelos presentaron ganancias en el almacenamiento de carbono cuando las coberturas vegetales naturales se transformaron en cultivos, principalmente de café y plátano; mientras que se notaron disminuciones considerables cuando los cultivos se convirtieron en pastizales. Esto muestra una tendencia contraria a la encontrada por Guo y Gifford (2002 citado por Carvajal *et al.* 2009, p.1). en la que reportan pérdidas de carbono hasta del 42% cuando se transforma la selva nativa para actividades agrícolas, y ganancias hasta de un 19% cuando los cultivos se convierten en pastizales.

Freitas *et al.* (2006, p. 48) han determinado que el suelo contiene un promedio de carbono de 92,282% tC/ha en aguajal denso, conteniendo 89,227% tC/ha en la profundidad de 00,00 cm-25,00 cm de profundidad, y, en aguajal mixto, teniendo un promedio de 80,055 tC/ha y conteniendo 87,531 tC/ha en la profundidad de 00.00cm – 25.00 cm de profundidad.

1.2 Bases teóricas

variable 1 : Almacenamiento de carbono en el suelo

La materia orgánica (MO) de los suelos comprende un amplio rango de sustancias carbonadas, incluyendo: la biomasa microbiana, restos vegetales y/o animales en descomposición y mezclas amorfas coloidales de sustancias orgánicas complejas de alto peso molecular (Picone, 2006, citado por Eyherabide *et al.* 2014. p. 14).

La importancia de la necromasa ante el escenario de cambio global actual, particularmente de cambios en la composición atmosférica y cambio climático, reside en que este material, principalmente la madera, reserva C sobre el suelo por largo tiempo, liberándolo gradualmente por descomposición e incorporándolo al suelo. La descomposición es un importante proceso en el ciclo del C y otros nutrientes, y depende principalmente del clima, la calidad del sustrato y la composición de la biota del suelo (Trofymow *et al.* 2002; Cornwell *et al.* 2008; Bradford *et al.*, 2016 citado por Zaninovich, 2017, p, 15). La acumulación del carbono en la necromasa y madera muerta, depende de las tasas de producción por parte del tipo de vegetal y las tasas de descomposición, al igual su cantidad en el ecosistema es regulado por el clima y el sustrato, es decir, la disponibilidad de carbono en el suelo se ve

influenciado por la biomasa aérea, factores como la densidad aparente, textura y profundidad, así como procesos de lixiviación, erosión o mineralización del suelo (IPCC, 2006; citado por López, 2017, p. 17)

La materia muerta es descompuesta por la biota edáfica (principalmente bacterias, hongos e invertebrados) hasta su degradación total, donde su C y nutrientes pasan a la atmósfera principalmente como CO₂ y CH₄, a la materia orgánica y nutrientes del suelo, o a la biota edáfica (Fragoso et al. 2001 citado por Zaninovich, 2017, p, 15). En consecuencia, la cuantificación de la necromasa, tanto fina como gruesa, es fundamental para poder determinar el balance de Carbono de un ecosistema. Estudiar la economía de Carbono en un bosque sin considerar el rol de la necromasa, no permite realizar estimaciones precisas sobre el balance de Carbono del ecosistema, e incluso, hasta podría mostrar un balance en el ecosistema contrario al real (Rice et al., 2004, citado por Zaninovich, 2017, p, 15)

En bosques tropicales, subtropicales y templados, la hojarasca comprende un 5% del reservorio de C total (C total: en suelo a 1 m de profundidad + biomasa + madera muerta + hojarasca; sin embargo, debido que es un reservorio muy dinámico constituye la mayor fuente de materia orgánica y nutrientes para el suelo (Chambers *et al.*, 2000; Palace *et al.*, 2012 citado por Zaninovich, 2017, p. 57). La degradación del bosque por tala selectiva y su reemplazo por plantaciones forestales alteran los reservorios y flujos de carbono del ecosistema, estos disturbios involucran el cambio de un grupo de especies vegetales por otro con rasgos fisiológicos diferentes, lo que puede afectar los procesos ecosistémicos, como la productividad y descomposición de la hojarasca. El método más comúnmente aplicado en la determinación del

carbono orgánico total a diferentes profundidades o globalmente para uno o más horizontes y transformar los datos tomando en consideración la densidad y la pedregosidad del suelo las estadísticas se calculan sobre diferentes muestras para determinar las existencias de carbono los resultados pueden ser expresados en kg/cm², t/ha o Gt (Pg) totales sobre áreas especificadas y a varios rangos de profundidad. La escala puede ser el lugar o parcela, la cuenca, la región, un país específico o un continente o la zona agroecológica (FAO/IIASA, 1999, citado por FAO.org/3/Y2779S/y2779s06.htm).

La reciente investigación sobre la dinámica del carbono orgánico del suelo y su influencia en el ciclo global del carbono se ha visto impulsada en parte por el aumento de la concienciación por: 1) la importancia de la accesibilidad a pequeña escala al carbono orgánico del suelo para la renovación del carbono microbiano que se extiende a una profundidad mayor de 20 cm (Trumbore y Czimczik, 2008, Schimel y Schaeffer, 2012, Vogel *et al.*, 2014, citado por FAO 2017 p. 15);

Habiendo tenido referencias de investigaciones que se realizaron en diferentes lugares ha optado por seguir el método propuesto por (Schulte & Hopkins, 1996 citado por Eyherabide *et al.* 2014, p. 15), porque, es práctico y no utiliza muchos instrumentos ni reactivos, es el método de calcinación o pérdida por ignición, donde cuantifica directamente el contenido de materia orgánica del suelo y se basa en determinar la pérdida de peso de una muestra de suelo al someterla a elevadas temperaturas. Además, como este método utiliza una temperatura de 360 °C, esta metodología podría utilizarse en suelos con o sin carbonatos. El cálculo de materia orgánica se realizará por diferencia de peso en las distintas temperaturas, según:

$$\% \text{ MO} = ((\text{peso } 105 \text{ }^{\circ}\text{C} - \text{peso } 360 \text{ }^{\circ}\text{C}) * 100) / \text{peso } 105 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

La exactitud de un método está definida por la veracidad del parámetro de posición y la precisión del parámetro de dispersión. (Eyherabide *et al*, 2014, p. 15)

1.3 Definición de términos básicos.

Carbono orgánico del suelo. Es una pequeña parte del ciclo global del carbono, el cual implica el ciclo del carbono a través del suelo, la vegetación, el océano y la atmósfera (FAO. 2017. p.13)

Dióxido de carbono. Gases atmosféricos basados en carbono, producido naturalmente y derivado de los combustibles fósiles y de la biomasa, así como de los cambios de uso de suelo y otros procesos industriales (Pérez *et al.*, 2005 citado por Cabudivo, 2017. p 19).

Fertilidad del suelo: capacidad del suelo para apoyar y sostener el crecimiento de las plantas, con elementos primarios y secundarios para la absorción por parte de plantas. (FAO, 2017, p.26)

Materia orgánica del suelo. Viene a ser un amplio rango de sustancias carbonadas, incluyendo: la biomasa microbiana, restos vegetales y/o animales en diversas etapas de descomposición y mezclas amorfas coloidales de sustancias orgánicas complejas de alto peso molecular (Picone, 2006 citado por Eyherabide *et al*, 2014, p. 14).

Necromasa fina: A todos los componentes de dimensiones ≤ 2.5 cm de diámetro (Sánchez, 2016, p. 18)

Necromasa gruesa: Son componentes con dimensiones superiores a 2.5 cm de diámetro e inferior a 10 cm (Sánchez, 2016, p. 18)

CAPITULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES.

2.1 Formulación de la hipótesis

Hipótesis general

Hi: Existe diferencia entre el carbono almacenado en la necromasa y suelo a diferentes profundidades en las parcelas I, II, III, IV del arboretum “El huayo”, Puerto Almendra, Loreto, Perú, 2021.

2.2 Variables y su operacionalización

La variable independiente son necromasa y suelo en las parcelas I, II, III, IV, del arboretum “El huayo”. La variable dependiente es: Almacenamiento de carbono en necromasa y suelo.

Operacionalización de variables

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	indicador	Escala de medición	Medio de verificación
Necromasa	Componente conformado por materia orgánica muerta que esta sobre la superficie inorgánica, incluye hojarasca y detrito fino	Cuantitativa	Inventario de la necromasa	Nominal	Muestras obtenidas de la necromasa por parcela evaluada
Suelos de las parcelas del arboretum	Los suelos son estructuras dinámicas que van cambiando desde sus inicios hasta adquirir un equilibrio con el entorno	Cuantitativa	Inventario de las calicatas por estratos de suelos	Nominal	Muestras obtenidas por calicatas por estratos de suelos
Almacenamiento de carbono en necromasa	Acumulación de carbono en necromasa (hojarasca, ramas, hojas, flores, frutos) detritos finos)	cuantitativa	Cuantificación de Carbono en necromasa	Nominal	Cuadro de análisis de almacenamiento de carbono en necromasa
Almacenamiento de carbono en suelo	Acumulación de carbono en el suelo en diferentes estratos y profundidades.	cuantitativa	Cuantificación de carbono en suelo en los diferentes estratos.	Nominal	Cuadro de análisis de almacenamiento de carbono en suelos diferentes profundidades

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño

La investigación es del tipo descriptivo y de nivel básico, para alcanzar el objetivo propuesto es Cuantitativo.

El lugar de estudio se ubica en las parcelas del arboretum “El huayo” en Puerto Almendra; cuyas características corresponden a precipitaciones mayores a 2000 mm y menores a 4000 mm.; temperatura media anual es de 26,4 °C; la humedad relativa media anual es de 82,1 %. (Quintana 2006 citado por Cabudivo *et al.*, 2019, p. 15).

3.2 Diseño muestral

Población y muestra

Población: La población estuvo conformada por toda la necromasa y área del suelo en parcelas I, II, III, IV del arboretum “El huayo” comprendido en bosque de terraza media.

Muestra: Se tendrá cinco muestras de necromasa de 1m² y para suelo se realizó 3 calicatas de 70 cm x 70 cm x 30 cm de profundidad. Los cuáles se obtuvieron sub muestras por cada estrato a encontrar (00cm -10 cm; 10 cm – 20 cm; 20 cm – 30 cm)

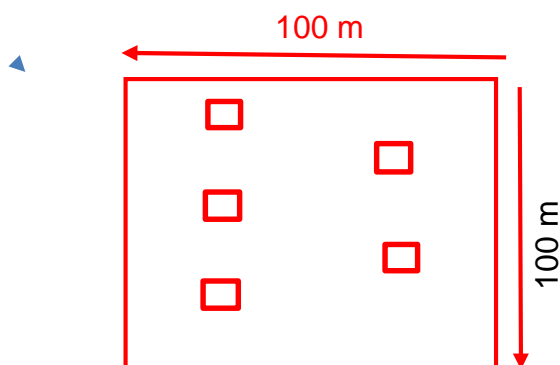


Figura 1. Muestreos de Necromasa



Figura 2. Calicatas y sus horizontes

3.3 Procedimiento de recolección de datos

Para el registro de los datos durante la ubicación de las calicatas, se diseñó un formato de toma de datos: código de parcela, N° de calicata, Ubicación en coordenadas, N° de estrato, observaciones.

3.3.1. Materiales y equipo

Materiales de campo

GPS Garmin, cinta métrica de 5m, libretas de campo, 03 Sprite color rojo fuego, 02 rollos de rafia, Formatos de campo, cámara fotográfica.

Materiales de laboratorio

Balanza analítica de 0,001g, Mufla eléctrica de capacidad hasta de 1200°C, mandil, crisoles de porcelana, desecador de vidrio, pinzas.

Materiales de gabinete

Materiales y papelería en general, equipos de cómputo.

3.3.2. Procedimiento

La metodología que se utilizó para determinar la cantidad de necromasa, carbono almacenado en necromasa y en el suelo, se detalla a continuación:

a. Fase de pre-campo

Se recopiló, revisó, analizó y se seleccionó información, para el acopio de toda la documentación disponible y referida al área en el aspecto forestal.

b. Fase de campo

Se delimitó el área con un total de 1,0 ha. por cada parcela. Con el apoyo del equipo receptor GPS, se procedió a georreferenciar los puntos de acopio de la necromasa y cada apertura de calicata para su ubicación.

c. Fase de laboratorio

Se realizaron los ensayos de suelos, acondicionando las muestras, cuantificación de la materia orgánica y el almacenamiento de carbono en el suelo.

d. Fase de Gabinete

Se realizó el procesamiento de información del laboratorio para la obtención de resultados sobre la cantidad de carbono en suelo.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

3.4.1 Necromasa

Se determina la Necromasa, contenido de humedad, contenido de carbono.

➤ **Biomasa de hojarasca**

Para estimar la biomasa de la hojarasca, se utilizó la siguiente ecuación (Cruzado 2010 citado por López, 2017, p, 37)

$$h = \frac{P_{sm} * P_{ft}}{p_{fm}}$$

Donde:

Bh= Biomasa de la hojarasca, kg/ha; Psm= Peso seco de la muestra colectada, Kg.; Pfm= Peso fresco de la muestra colectada, Kg.; Pft= Peso fresco total por m², Kg.

➤ **Contenido de humedad**

(Chambi, 2001 citado por López, et al. 2017, p. 38)

$$CH = \frac{P_f - P_s}{P_f} * 100$$

Donde:

CH= Contenido de humedad

Pf= Peso fresco de submuestra, g.; Ps= Peso seco de submuestra, g.

➤ **Carbono fijado en necromasa**

Para convertir los datos de biomasa a cantidad de carbono se multiplica el valor de biomasa por el factor 0,5 como indica el IPCC (Osinaga *et al.* 2014, p. 133) el cual estima que aproximadamente el 50% de la biomasa vegetal corresponde al carbono. (Sánchez 2016, p.20 y Quinceno & Tangarife, 2013, p 22).

$$CC= B * 0.5$$

Donde:

CC= Contenido de carbono, t/ha; B = Biomasa tb/ha; 0,5= Fracción de carbono.

3.4.2 Almacenamiento de carbono en el suelo

3.4.2.1 Acondicionamiento de muestras de suelo

Las muestras de suelo obtenidas de las calicatas y por estratos, (1 kg) fueron trasladados al laboratorio para su acondicionamiento. Fueron pesadas 50 gramos de suelo y colocadas en estufa a 105°C hasta tener peso constante, para conocer su contenido de humedad.

$MS= 1 - CH/100 * ph$ Donde: MS: Masa seca; CH: Contenido de humedad; pH: _ peso húmedo

3.4.2.2 Densidad del suelo

Para calcular la densidad del suelo considerando que el peso de masa seca de suelo se obtiene secando la muestra por 48 horas a 105 °C y el volumen de suelo está representado por el volumen del cilindro donde se colectó la muestra. (Honorio y Baker 2010, p. 44)

$$\text{Densidad (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{Peso de masa seca de suelo (g)}}{\text{volumen de suelo (cm}^3\text{)}}$$

Volumen = $\pi \times r^2 \times h$, donde r es el radio del cilindro y h la altura

3.4.2.3 Cuantificación de la materia orgánica

Para la cuantificación de materia orgánica por calcinación, se pesó 5 g de muestra de suelo obtenido y acondicionada por cada profundidad (00 cm – 10 cm; 10 cm – 20 cm; 20 cm – 30 cm) de la calicata, en crisoles de 15 ml, posteriormente colocados en estufa durante 24 horas a 105 °C. Las muestras son enfriadas en desecador y pesadas. Luego se colocaron durante 2 horas en una mufla a 360 °C, posteriormente son transferidos a un desecador y luego de enfriarse se registró el peso nuevamente. El cálculo de materia orgánica se realizó por diferencia de peso, según (Schulte & Hopkins, 1996 citado por Eyherabide *et al*, 2014, p. 15):

$$\% \text{ MO} = ((\text{peso } 105 \text{ } ^\circ\text{C} - \text{peso } 360 \text{ } ^\circ\text{C}) * 100) / \text{peso } 105 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.4.2.4 Carbono en el suelo

Se utilizo el método del cálculo de la materia orgánica. Se tomaron muestras de diferentes profundidades, de acuerdo al horizonte que tenga cada calicata, 00 cm - 10; 10 cm - 20 cm, 20 - 30 cm (Freitas *et al.*, 2006, p. 32)

Las muestras se llevaron al laboratorio para determinar el porcentaje de carbono orgánico en el suelo, a partir de la formula se calculó el porcentaje de materia orgánica en el suelo:

$$\% \text{M.O} = \% \text{C} * 1.724$$

Donde:

%M.O = Porcentaje de materia orgánica en el suelo; %C = Porcentaje de carbono orgánico en el suelo; 1.724 = Constante.

Se empleo el factor de Van Benmelen de 1.724 el cual asume que el 58% de la materia orgánica del suelo está compuesta por carbono ($1/0.58=1.724$) (López, 2017, p, 30)

El valor del %C fue reemplazada en la fórmula para determinar el almacenamiento de carbono en el suelo, citado por (Honorio y Baker 2010, p. 45)

$$\text{Carbono} = \%C * (D * 100) * P$$

Donde:

Carbono en el suelo, t/ha

%C = Concentración de carbono en el suelo

D = Densidad aparente del suelo, g/cm³

P = Profundidad del suelo en metros (se utiliza las diferentes profundidades hasta 30 cm)

3.4.2.5 Análisis estadístico

Para el procesamiento y análisis de los datos se aplicó la estadística básica y para determinar la asociación entre las variables de estudio y su calificación respectiva, para ello se utilizó el software IBM SPSS Statistics 23 y Excel. Se realizó un Análisis de varianza al 0,05 de error de los tratamientos utilizando la Prueba estadística de Kruskal-Wallis porque los datos obtenidos son no paramétricos, según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, siendo el comparador $> \infty$ 0,05, para confrontar la hipótesis si se acepta o se rechaza.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Acumulación de necromasa en el suelo de las parcelas I, II, III, IV del arboretum “El Huayo”.

En el cuadro 1 y en la figura 3, se presentan los resultados de la necromasa acumulada en el suelo de las parcelas I, II, III, IV en el arboretum el huayo en Puerto Almendra; se ha obtenido 25 muestras por cada parcela.

Teniendo la mayor acumulación de necromasa se encuentra en la parcela I con 9.3738 t/ha, seguido de las parcelas II y IV con 7.7604 t/ha y 7.0558 t/ha. Teniendo como ultimo como la más baja a la parcela III con 6.0788 t/ha.

Estadísticamente la parcela I tiene como varianza 12,9083 siendo la más dispersa, mientras, que la parcelas IV, III y II corresponden a 3,2858, 3,0663 y 1,3494 respectivamente. Siendo su error estándar de la parcela I en 0,7186 % mientras para las parcelas IV, III y II estan en 0,3625, 0,3502 y 0,2323 respectivamente.

Realizando el análisis de normalidad, las parcelas I, II, III, IV son No paramétrico porque el (p) valor es $> 0,05$; por lo tanto, el análisis de varianza método de Kruskal-Wallis es significativo, porque, (p) Kruskal-Wallis $=0,0002$. Sin embargo, al comparar los rangos medios de los tratamientos método de Dunn, solo es significativo al comparar PI y PIII, PIV; PII y PIII.

Tabla 1.

Necromasa acumulado en el suelo de las parcelas I, II, III, IV

Nº Muestra	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Parcela IV
	Necromasa seco	Necromasa seco	Necromasa seco	Necromasa seco
	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)
25	9,3738	7,7604	6,0788	7,0558
Varianza	12,9083	1,3494	3,0663	3,2858
D. Estándar	3,5928	1,1616	1,7511	1,8127
E. Estándar	0,7186	0,2323	0,3502	0,3625
C. Variación. (%)	38,33	14,97	28,81	25,69

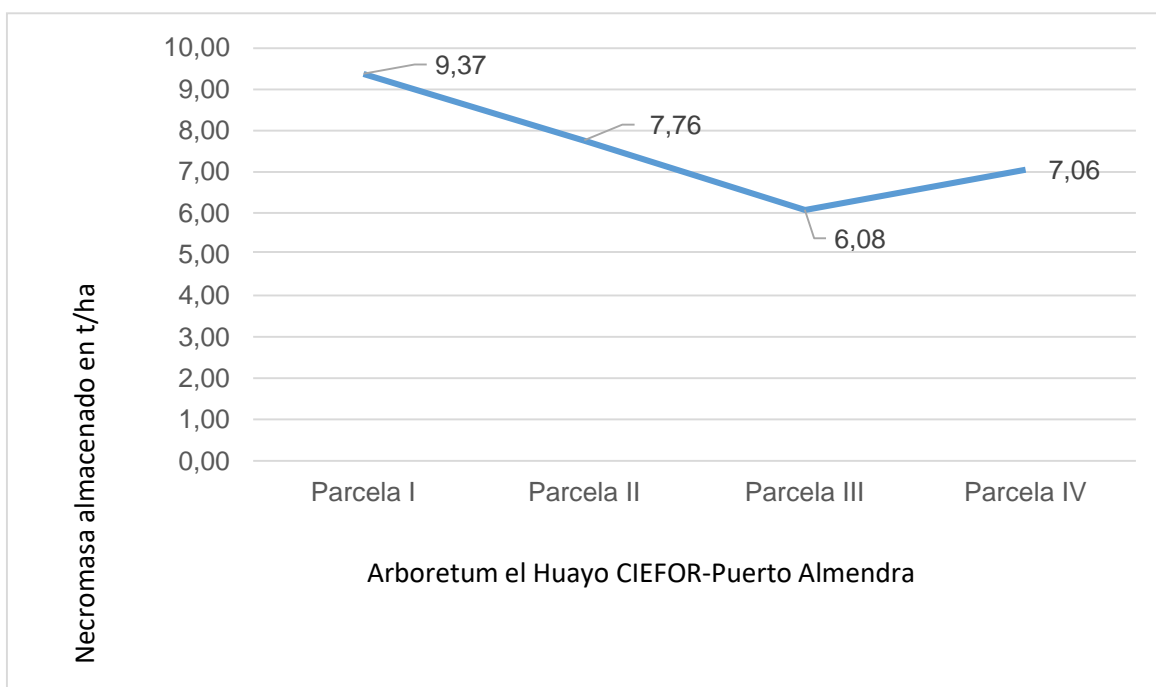


Figura 3. Necromasa almacenado en cuatro parcelas del arboretum

Cuadro 2. Prueba de normalidad de la población necromasa Kolmogorov-Smirnov

	Parcela -I	Parcela -II	Parcela -III	Parcela -IV
Tamaño de la muestra =	25	25	25	25
Desvío máximo =	0,1192	0,1413	0,2412	0,2894
Valor crítico unilateral (0.05) =	0,238	0,238	0,238	0,238
Valor crítico unilateral (0.01) =	0,295	0,295	0,295	0,295
p(valor)	> 0,05	> 0,05	< 0,05	< 0,05
Valor crítico bilateral (0.05) =	0,264	0,264	0,264	0,264
Valor crítico bilateral (0.01) =	0,317	0,317	0,317	0,317
p(valor)	> 0,05	> 0,05	> 0,05	< 0,05

P (valor) = < 0,05 Paramétrico

P (valor)= > 0,05 No Paramétrico

Cuadro 3. Análisis de varianza de necromasa método de Kruskal-Wallis

H =	19,9729	---	---	
Grados de libertad =	3	---	---	
(p) Kruskal-Wallis =	0,0002	---	---	
Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	(p)
Rangos medios P.I y P. II	10,68	1,302	2,638	ns
Rangos medios P.I y P. III	33,48	4,080	2,638	< 0,05
Rangos medios P.I y P. IV	25,52	3,11	2,638	< 0,05
Rangos medios P.II y P. III	22,80	2,778	2,638	< 0,05
Rangos medios P.II y P. IV	14,84	1,809	2,638	ns
Rangos medios P.III y P.IV	7,96	0,970	2,638	ns

4.2 Carbono almacenado en necromasa en el suelo de las parcelas I, II, III, IV del arboretum “El Huayo”.

En el cuadro 4 y en la figura 4, se presentan los resultados del carbono almacenado en la necromasa del suelo de las parcelas I, II, III, IV en el arboretum el huayo en Puerto Almendra; se ha obtenido 25 muestras por cada parcela. Teniendo la mayor acumulación de carbono almacenado está en la necromasa de la parcela I con 9,3738 t/ha, seguido de las parcelas II y IV con 7,7604 t/ha y 7,0558 t/ha. Teniendo como último como la más baja a la parcela III con 6,0788 t/ha. Estadísticamente la parcela I tiene como varianza 12,9083 siendo la más dispersa, mientras, que la parcelas IV, III y II corresponden a 3,2858, 3,0663 y 1,3494 respectivamente. Siendo su error estándar de la parcela I en 0,7186 % mientras para las parcelas IV, III, y II es tan en 0,3625%, 0,3502% y 0,2323% respectivamente. Realizando el análisis de normalidad de las parcelas I, II, III, IV, los datos son No paramétrico porque el (p) valor es > 0,05; por lo tanto, el análisis de varianza método de Kruskal-Wallis es significativo, porque, (p) Kruskal-Wallis =0,0002. Sin embargo, al comparar los rangos medios de los tratamientos método de Dunn, solo es significativo al comparar PI y PIII, PIV; PII y PIII.

Cuadro 4. Carbono almacenado en necromasa en parcelas del arboretum

Nº Muestra	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Parcela IV
	Carbono	Carbono	Carbono	Carbono
	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)
25 (Prom).	4,69	3,88	3,04	3,53

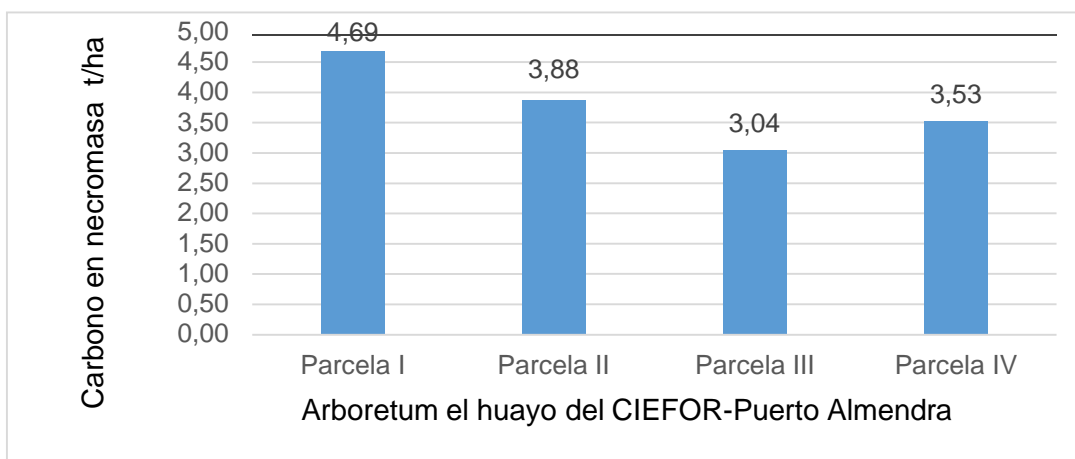


Figura 4. Carbono almacenado en la necromasa de las parcelas del arboretum

Cuadro 5. Análisis de varianza de carbono en necromasa método de Kruskal-Wallis

H =	19,919	---	---	
Grados de libertad =	3	---	---	
(p) Kruskal-Wallis =	0,0002	---	---	
R 1 (Rango medio) =	67,92	---	---	
R 2 (Rango medio) =	57,2	---	---	
R 3 (Rango medio) =	34,48	---	---	
R 4 (Rango medio) =	42,4	---	---	
Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	(p)
Rangos medios P. I y P. II	10,72	1,3064	2,638	ns
Rangos medios P. I y P. III	33,44	4,0752	2,638	< 0,05
Rangos medios P. I y P. IV	25,52	3,11	2,638	< 0,05
Rangos medios P. II y P. III	22,72	2,7688	2,638	< 0,05
Rangos medios P. II y P. IV	14,8	1,8036	2,638	ns
Rangos medios P. III y P. IV	7,92	0,9652	2,638	ns

4.3 Almacenamiento de carbono en el suelo de las parcelas I, II, III, IV del arboretum “El Huayo”

En el cuadro 6 y en la figura 5, se presentan los resultados del almacenamiento de carbono en el suelo de las parcelas I, II, III, IV en el arboretum el huayo en Puerto Almendra; se ha obtenido para ello 36 muestras. Teniendo la mayor acumulación de almacenamiento de carbono en el suelo en la parcela IV con 74,15 t/ha seguido de la parcela II y parcela III con 57,28 t/ha y 51,59 t/ha, ocupando el último lugar la parcela I con 39,54 t/ha.

Referente al carbono en suelos por profundidad en las parcelas, se presenta en el cuadro 7 como resultado que entre 00cm - 10 cm de profundidad se obtuvo mayor acumulación de carbono con 59,90 t/ha seguido por 10 cm - 20 cm con 54,55 t/ha y por último 20 cm – 30 cm con 52,48 t/ha.

En el cuadro 8 se muestra estadísticamente el análisis de varianza al $(p)=0,05$ de almacenamiento de carbono, y donde (p) Kruskal-Wallis= 0,0007 indicando que los tratamientos son significativos, pero, al comparar los rangos medios solamente es significativo la comparación de parcela I con la parcela IV $(p) < 0,05$.

En el cuadro 9 se presenta el análisis de varianza entre el carbono del suelo y el carbono de la necromasa mediante la prueba de Kruskal-Wallis $(p)= 0$, es decir, es altamente significativo al $(p)=0,05$. Pero, al comparar los rangos medios en el cuadro 10 son significativos El carbono P II del suelo y el carbono de necromasa de la P III y con la P IV; Carbono de la P III suelo y el carbono de necromasa de la P III; Carbono de la PIV y Carbono de necromasa PI, PII, PIII y PIV.

Cuadro 6. Almacenamiento de carbono en los suelos de las Parcelas I, II, III, IV

Calicata	Profundidad (cm)	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Parcela IV
1	10	51,56	76,48	52,45	52,95
1	20	25,76	68,74	51,97	50,65
1	30	22,50	62,09	47,97	68,50
Promedio		33,27	69,10	50,80	57,36
2	10	59,40	41,91	51,68	83,60
2	20	47,45	41,02	45,68	79,90
2	30	48,12	33,57	51,21	63,34
Promedio		51,66	38,83	49,52	75,61
3	10	34,48	65,89	55,98	92,42
3	20	33,87	65,68	55,61	88,24
3	30	32,75	60,19	51,76	87,72
Promedio		33,70	63,92	54,45	89,46
Prom/Prom		39,54	57,28	51,59	74,15

Cuadro 7. Carbono en los suelos por profundidad en las Parcelas I, II, III, IV

Nº de Parcelas	Nº de calicatas	Profundidad de las calicatas (cm)		
		10	20	30
I	1	51,56	25,76	22,50
	1	59,40	47,45	48,12
	1	34,48	33,87	32,75
II	2	76,48	68,74	62,09
	2	41,91	41,02	33,57
	2	65,89	65,68	60,19
III	3	52,45	51,97	47,97
	3	51,68	45,68	51,21
	3	55,98	55,61	51,76
IV	4	52,95	50,65	68,50
	4	83,60	79,90	63,34
	4	92,42	88,24	87,72
Promedio		59,90	54,55	52,48

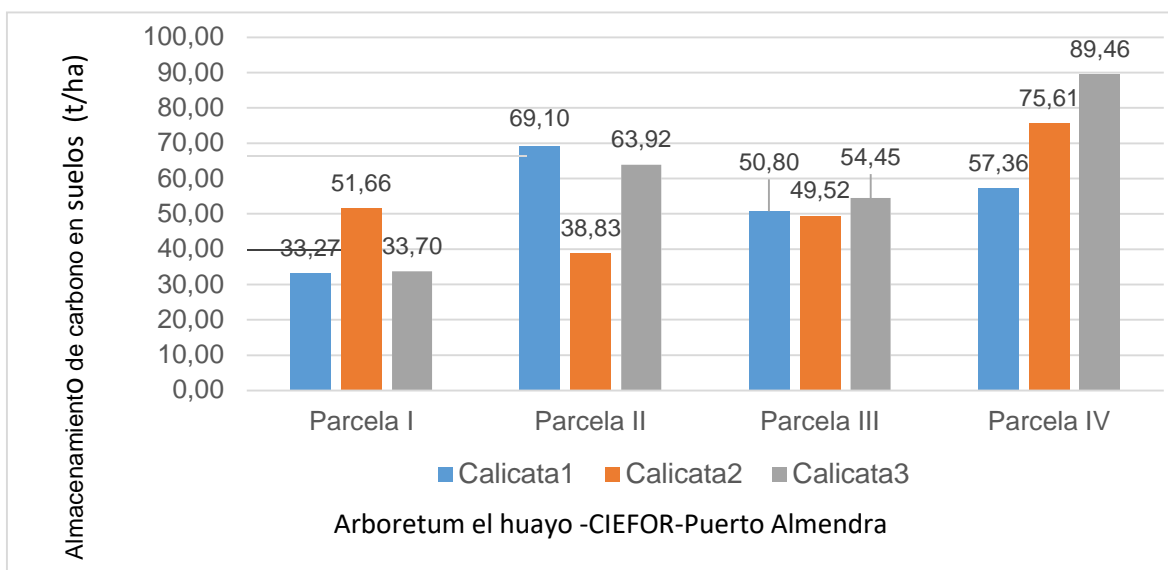


Figura 5. Almacenamiento de carbono en suelos del Arboretum el Huayo

Cuadro 8. Análisis de varianza de almacenamiento de carbono por Kruskal-Wallis

H =	17,0861	---	---	
Grados de libertad =	3	---	---	
(p) Kruskal-Wallis =	0,0007	---	---	
Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	(p)
Rangos medios I y II	11,8889	2,3938	2,638	ns
Rangos medios I y III	7,7778	1,566	2,638	ns
Rangos medios I y IV	20,1111	4,0493	2,638	< 0,05
Rangos medios II y III	4,1111	0,8278	2,638	ns
Rangos medios II y IV	8,2222	1,6555	2,638	ns
Rangos medios III y IV	12,3333	2,4833	2,638	ns

Cuadro 9. Análisis de varianza entre el carbono del suelo y carbono de necromasa mediante Kruskal-Wallis en parcelas del arboretum el huayo.

H =	45,5938
Grados de libertad =	7
(p) Kruskal-Wallis =	0,0000
R 1 (Rango medio) Carbono PI suelo =	28,5556
R 2 (Rango medio) Carbono PII suelo =	40,4444
R 3 (Rango medio) Carbono PIII suelo =	36,3333
R 4 (Rango medio) Carbono PIV suelo =	48,6667
R 5 (Rango medio) Carbono de N. Parcela I =	14
R 6 (Rango medio) Carbono de N. Parcela II =	12,2
R 7 (Rango medio) Carbono de N. Parcela III =	7
R 8 (Rango medio) Carbono de N. Parcela IV =	8,8

Cuadro 10. Comparaciones entre el carbono del suelo-carbono de necromasa en parcelas del arboretum el Huayo.

Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	p
Carbono PI suelo y Carbono PII suelo	11,88	1,54	3,125	ns
Carbono PI suelo y Carbono PIII suelo	7,77	1,01	3,125	ns
Carbono PI suelo y Carbono PIV suelo	20,11	2,61	3,125	ns
Carbono PI suelo y Carbono de N. PI	14,55	1,60	3,125	ns
Carbono PI suelo y Carbono de N. PII	16,35	1,79	3,125	ns
Carbono PI suelo y Carbono de N. PIII	21,55	2,36	3,125	ns
Carbono PI suelo y Carbono de N. PIV	19,75	2,17	3,125	ns
Carbono PII suelo y Carbono de N. PIII	4,11	0,53	3,125	ns
Carbono PII suelo y Carbono de N. PIV	8,22	1,06	3,125	ns
Carbono PII suelo y Carbono de N. PI	26,44	2,90	3,125	ns
Carbono PII suelo y Carbono de N. PII	28,24	3,10	3,125	ns
Carbono PII suelo y Carbono de N. PIII	33,44	3,67	3,125	< 0.05

Carbono PII suelo y Carbono de N. PIV	31,64	3,47	3,125	< 0.05
Carbono PIII suelo y Carbono PIV suelo	12,33	1,60	3,125	ns
Carbono PIII suelo y Carbono de N. PI	22,33	2,45	3,125	ns
Carbono PIII suelo y Carbono de N. P II	24,13	2,65	3,125	ns
Carbono PIII suelo y Carbono de N. PIII	29,33	3,22	3,125	< 0.05
Carbono PIII suelo y Carbono de N. PIV	27,53	3,02	3,125	ns
Carbono PIV suelo y Carbono de N. PI	34,66	3,81	3,125	< 0.05
Carbono PIV suelo y Carbono de N. PII	36,46	4,00	3,125	< 0.05
Carbono PIV suelo y Carbono de N. PIII	41,66	4,58	3,125	< 0.05
Carbono PIV suelo y Carbono de N. PIV	39,86	4,38	3,125	< 0.05
Carbono de N. PI y Carbono de N. PII	1,80	0,17	3,125	ns
Carbono de N. PI y Carbono de N. PIII	7,00	0,67	3,125	ns
Carbono de N. PI y Carbono de N. PIV	5,20	0,50	3,125	ns
Carbono de N. PI y Carbono de N. PIII	5,20	0,50	3,125	ns
Carbono de N. PI y Carbono de N. PIII	3,40	0,32	3,125	ns
Carbono de N. PI y Carbono de N. PIV	1,80	0,17	3,125	ns

CAPITULO V. DISCUSION

Esta investigación muestra el reciclado y almacenamiento de carbono desde el almacenamiento de necromasa (hojarasca) hasta la descomposición y su inserción al suelo, mediante los cambios producidos en diferentes procesos ecosistémicos, como la producción y la descomposición de la hojarasca, y como afecta el almacenamiento de carbono en el suelo. En los cuadros 7, 9 y 10 se proporciona información con mayor detalle de los cambios que ocurren en los procesos observados. En la parcela I se ven acompañados por un incremento en las cantidades de detritos de los árboles. Como lo manifiesta (Berg & McLaugherty, 2008 citado por Zaninovich 2017, p. 85), este incremento en los detritos puede ralentizar la tasa de descomposición promedio de todo el mantillo, debido a su lenta descomposición y su influencia en el aumento del espesor del mantillo. Un mantillo de mayor espesor implica que menos biomasa del mantillo entra en contacto con el suelo, donde se encuentra la mayor parte de la biota descompuesta.

Referente a la necromasa acumulado en el suelo de las parcelas I, II, III, IV, cuadro 6, la parcela I es la que tiene el mayor rendimiento con respecto a las demás parcelas, porque, posiblemente por poseer el suelo en su mayoría áreas secas con menor humedad hace que exista menor descomposición por la menor población de macroinvertebrados, hongos y bacterias; y porque el área de estudio está constantemente intervenido por las practicas académicas realizadas por los estudiantes todos los semestres de todos los años (creación de trochas, senderos, vías, etc.) y que afecta principalmente a un buen crecimiento y desarrollo de la composición de la macrofauna edáfica. Lo que no sucede con las parcelas II, parcelas III, y parcelas IV existiendo mucha humedad en sus áreas causando la

mayor descomposición de la necromasa existiendo condiciones para la reproducción de macroinvertebrados, hongos y bacterias; además, se observa un menor rendimiento en la caída de hojarasca y otras partes de árboles causado principalmente por los claros en la cobertura boscosa en algunos puntos de las parcelas II, III y IV, también, por la constante intervención por prácticas que realizan los estudiantes todos los semestres (creación de trochas, senderos, vías, etc.) que afecta el buen crecimiento y desarrollo de la composición florística. Las 25 muestras obtenidas muestran un error estándar entre 0,2323% – 0,7186%; y desviación estándar de entre 1,1616 – 3,5928 . Además, la producción de la necromasa es no paramétrica porque es $> 0,05$ en las cuatro parcelas evaluadas. Por lo tanto, el Análisis de varianza de la necromasa método de Kruskal-Wallis es significativo, esto se produce porque, la necromasa del mantillo representa el balance entre la masa que ingresa por productividad de la hojarasca y la masa que se pierde por descomposición (respiración + incorporación de Carbono al suelo, como lo manifiesta Malhi *et al.*, 1999; Mcadam *et al.*, 2007, citado por Zaninovich 2017, p. 88). Dependiendo de la magnitud de cada flujo, el efecto neto será un incremento de la necromasa en el mantillo (si es mayor el ingreso por productividad que la salida por descomposición), una disminución (si el flujo de salida por descomposición es mayor al ingreso por productividad) o neutro, si ambos flujos están balanceados, como lo ha determinado Sánchez (2016, p. 3) evaluando el carbono almacenado en la biomasa, necromasa y carbono orgánico del suelo de tres diferentes hábitats en la península de OSA, COSTA RICA los más altos contenidos de Carbono asociados al mantillo se encontraron en la necromasa fina y gruesa del Bosque Primario Cima con 0,75 Mg/ha y 0,95 Mg/ha respectivamente, luego, en el Bosque Primario de Ladera con 0,65 Mg/ha. Chambers *et al.* 2007

citado por Araujo-Murakami *et al*/2011, p. 9) realizando trabajos de Necromasa de los bosques de Madre de Dios, Perú; ofrece la primera estimación de necromasa en el departamento de Madre de Dios contienen entre 80 y 100 Mt de carbono en la necromasa, dependiendo de qué valores de densidades de madera se usan para los cálculos; lo cual enfatiza la importancia de estos estudios en la estimación de los diferentes componentes de carbono en los bosques tropicales, algo que no se logra conocer por la detección remota satelital. Especialmente para las estimaciones de la necromasa o el carbono en los suelos, estudios como los realizados en este trabajo son indispensables, a pesar de los recientes avances en detección remota de estimaciones de biomasa aérea.

Con respecto al almacenamiento de carbono en el suelo cuadro 6 en las parcelas I, II, III, y IV, del arboretum el huayo, se puede manifestar que se obtuvo 12 muestras por cada parcela sumando un total de 36 muestras, sobresaliendo la parcela IV con 74,15 t/ha, seguido de la parcela II con 57,28 t/ha y la parcela III con 51,59 t/ha siendo la última parcela I en almacenar carbono en el suelo con 39,54 t/ha. Porque, existe poca humedad y una gran cantidad de detritos en el mantillo como se ha manifestado anteriormente.

El cuadro 7 cuando se compara el carbono del suelo de acuerdo a las profundidades de las calicatas se muestra que a hasta 10 cm de profundidad existe un mayor almacenamiento de carbono con 59.90 t/ha, seguido de 10 cm – 20 cm con 54.55 t/ha y de 20 cm -30 cm con 52.48 t/ha; estos resultados pueden ser confirmados por Zaninovich, (2017, p.83) donde manifiesta que el porcentaje de COS fue mayor entre 0 - 5 cm de profundidad que entre 10-20cm. Asimismo, también observó un efecto del sistema, siendo mayor el porcentaje de COS en sitios de bosque natural con respecto a los sitios de plantaciones de pino demostrando

con un ANVA-dos vías; sistemas: $F_{1;3} = 9,49$; $p = 0,0151$; de manera similar Soria y Del Castillo (2013. p. 1) desarrollando trabajo de investigación en la estimación del almacenamiento de carbono y estructura en bosques con presencia de bambú (*guadua sarcocarpa*) de la comunidad nativa bufeo pozo, Ucayali, Perú, estudiaron la biomasa, necromasa y suelo, utilizando variables de diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (ht), carbono orgánico del suelo (COS), densidad aparente, así como la estructura de estos bosques a través de la abundancia, frecuencia y dominancia absoluta y relativa; determinaron el contenido de Carbono total de 242,66 (tC/ha), el depósito de C con mayor contenido es el COS con 120,55 tC/ha , seguido de la biomasa y la necromasa con 107,73 tC y 14,39 tC ha respectivamente, la especie con mayor aporte de Carbono en la biomasa es la Paca con 66,47 tC/ha .

Con referencia al cuadro 9 se muestra el análisis de varianza entre el carbono del suelo y carbono de la necromasa mediante Kruskal-Wallis, se observa que es altamente significativo porque $(p) \text{ Kruskal-Wallis}=0$, es decir, la comparación del carbono del suelo y carbono de la necromasa son muy diferente en cada uno de ellos. Esto nos demuestra que se acepta la hipótesis planteada que existe diferencia significativa entre una u otra variable, es decir, en comparación con los ambientes de la Parcela I, Parcela II, Parcela III y Parcelas IV la macro y meso fauna tienen un importante efecto en la descomposición de las plantas (Shahuano 2021, p. 18 y Wall et al., 2008 citado por Zaninovich, (2017, pp, 91-92)

Milian (2015, p. 18-19) manifiesta que la materia orgánica del suelo supone una importante reserva de carbono sobre la que se puede incidir para optimizar el secuestro de carbono. Los beneficios indirectos del secuestro de C en el suelo se reflejan en la mejora de la estabilidad estructural, la capacidad de retención de

agua, la disponibilidad de nutrientes en formas de liberación retardada, la actividad microbiana, entre otros. Los incrementos en la cantidad de C estabilizado junto con la fracción mineral del suelo aumentan la capacidad de éste para actuar como filtro ambiental con respecto a la lixiviación, degradación y biodisponibilidad de contaminantes orgánicos y minerales. Además, permite establecer estrategias eficaces en el secuestro de carbono como son: acceso de los microorganismos al carbono del suelo, incremento de la recalcitrancia, incremento de agregación, prevención de la erosión y manejo sostenible de los suelos mediante la aplicación de residuos orgánicos tratados.

Soriano, (2020, p. 2) La materia orgánica influye sobre la estructura del suelo pues los coloides orgánicos de las sustancias húmicas enlazan con el retículo cristalino de los minerales arcillosos a través del calcio cambiante, originando una mayor fuerza de adhesión y por ello favoreciendo la estructura. La estabilización de agregados también se ve mejorada, pues intervienen agentes cementantes orgánicos que favorecen la formación de macro y microagregados. La materia orgánica influye sobre parámetros químicos del suelo como el pH, la CIC y el contenido de macro y micronutrientes. Sobre el pH del suelo la materia orgánica humificada, tiene un efecto tampón reduciendo el riesgo de variaciones bruscas del pH,

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

La mayor acumulación de necromasa se encuentra en la parcela I con 9,3738 t/ha, seguido de las parcelas II y IV con 7,7604 t/ha y 7,0558 t/ha. Teniendo como último como la más baja a la parcela III con 6,0788 t/ha.

El análisis de varianza método de Kruskal-Wallis es significativo, porque, (p) Kruskal-Wallis =0,0002. Sin embargo, al comparar los rangos medios de los tratamientos método de Dunn, solo es significativo al comparar PI y PIII, PIV; PII y PIII.

La mayor acumulación de carbono almacenado está en la necromasa de la parcela I con 4,69 t/ha, seguido de las parcelas II y IV con 3,68 t/ha y 3,53 t/ha. Teniendo como último como la más baja a la parcela III con 3,04 t/ha.

La mayor acumulación de almacenamiento de carbono en el suelo está en la parcela IV con 74,15 t/ha seguido de la parcela II y parcela III con 57,28 t/ha y 51,59 t/ha, ocupando el último lugar la parcela I con 39,54 t/ha.

El carbono en suelos entre 00 cm - 10 cm de profundidad se obtuvo la mayor acumulación con 59,90 t/ha seguido por 10 cm - 20 cm con 54,55 t/ha y el menor entre 20 cm – 30 cm con 52,48 t/ha.

El análisis de varianza entre el carbono del suelo y el carbono de la necromasa mediante la prueba de Kruskal-Wallis $(p)= 0$, muestra que es altamente significativo al $(p)=0.05$, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

CAPITULO VII. RECOMENDACIONES

Hacer estudios específicos referente a la acumulación de hojarasca y diferenciar del mantillo.

Seguir realizando estudios referentes al carbono almacenado en el suelo en diferentes tipos de bosques.

Realizar estudios de carbono orgánico del suelo en diversas plantaciones y por edades.

VIII. FUENTES DE INFORMACION

- Aguilar, H. 2011. Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la península de OSA, Costa Rica. Tesis para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 65 pp.
- Araujo-Murakami, A.; Parada, A. G.; Terán, T. T.; Tim R. Bake, T. R.; Feldpausch, T. R.; Phillips, O. L.; Brienen, R. J. W. 2011. Necromasa de los bosques de Madre de Dios, Perú; una comparación entre bosques de tierra firme y de bajíos. *Rev. Perú biol.* v.18 n.1 Lima abr. 2011. Versión On-line ISSN 1727-9933. 8 pág.
- Cabudivo, A. 2019. Apuntes del curso de Agroforestería. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos. 60 pp.
- Cabudivo, K. 2017. Secuestro de CO₂ y producción de oxígeno en árboles y palmeras urbanos de la av. Abelardo Quiñones - distrito San Juan Bautista, Loreto – Perú, 2016. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales-UNAP. Iquitos. 70 pp.
- Carvajal, A. F., Feijoo, A.; Quintero, H.; Rondón, M: A. 2009. carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombiano. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Grupo Gestión en Agroecosistemas Tropicales Andinos (GATA), Vereda La Julita, Pereira, Colombia. *Rev. Cienc. Suelo Nutr. / J. Soil. Sci. Plant Nutr.* 9(3): 222-235 (2009)

- Eyherabide, M., Sainz, H.; Barbieri, P. & Echeverría, H. E. 2014. Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del Suelo* (Argentina) 32(1): 13-19, 2014
- Freitas, L., Otárola, E., Castillo, D., Linares, C., Martínez, P., Malca, G., 2006. Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la reserva nacional Pacaya Samiria, Loreto-Perú. Documento Técnico N° 29. noviembre 2006., Iquitos. 62 pp.
- FAO. 2017. Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y Agricultura. Roma. Italia. 90 pp.
FAO.org/3/Y2779S/y2779s06.htm. Visitado el 15 -08-20.
- Honorio, E., Baker T. 2010. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Universidad de Leeds. Lima, 54 pp.
- García D., y Del Castillo, D. Estimación del almacenamiento de carbono y estructura en bosques con presencia de bambú (*Guadua sarcocarpa*) de la comunidad nativa Bufe Pozo, Ucayali, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. En *Folia Amazónica* vol 22 N° 1-2. 2013: 105-113.
- López, R. M. 2017. Valoración de carbono en la necromasa y suelo del bosque protector Aguarongo, provincia de Azuay, Ecuador. Cuenca-Ecuador. Trabajo de Titulación de Ingeniera Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana. Sede Cuenca. 70 pp.
- Martínez, E., Fuentes, J. P., Acevedo E. 2005. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola. Laboratorio de relación Suelo-Agua-

- Planta. Santiago de Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura. Santiago. 29 pp.
- Milian, L. 2015. Influencia de la materia orgánica del suelo en el secuestro de carbono. Biochar, una estrategia potencial. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Farmacia. Trabajo Fin de Grado. Madrid-España. 20 pp.
- Osinaga, O.; Baez, S.; Cuesta, F.; Malizia, A.; Carrilla, J.; Aguirre, N. y Malizia, L. 2014. Monitoreo de diversidad vegetal y carbono en bosques Andinos- Protocolo extendido. Protocolo 2. Versión 1. CONDESAN/IER-UNT/COSUDE. Quito-Ecuador. 70 pp.
- Quinceno, N. J., & Tangarife, G. M. 2013. Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chiguirochatare de Barrancominas, Departamento de Guainía. Trabajo de grado (Magister en desarrollo sostenible y Medio Ambiente). Barrancominas-Colombia. Universidad de Manizales. Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente. 185 pp.
- Sánchez, D. F. 2016. evaluación del carbono almacenado en la biomasa, necromasa y carbono orgánico del suelo de tres diferentes hábitats en la península de osa, costa rica. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Ciencias Forestales con énfasis en Manejo Forestal. universidad nacional facultad ciencias de la tierra y el mar escuela de ciencias ambientales. Heredia, Costa Rica. 109 pp.
- Soria, D.; y Del Castillo, D. 2013. Estimación del almacenamiento de carbono y estructura en bosques con presencia de bambú (*Guadua sarcocarpa*) de la comunidad nativa bufeo pozo, Ucayali, Perú. Instituto de Investigaciones de

la Amazonía Peruana, IIAP. Programa en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES). Estación Experimental Ucayali. En: Folia Amazónica. Vol. 22 N° 1-2 2013: 105-113.

Soriano, M. D. 2020. Efectos de la materia orgánica sobre el suelo. Universitat Politècnica de València. Departamento de Producción vegetal. Resumen. 5 pag. URI: <http://hdl.handle.net/10251/142182>.

Shahuano, V. A. 2021. Calidad del suelo en relación con la macrofauna edáfica en un bosque natural de terraza media en Puerto Almendra, Loreto-Perú, 2021. Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. 53 pp.

Zaninovich, S. C. 2017. Dinámica y almacenamiento del carbono en la necromasa y el suelo de ecosistemas forestales: efecto de la degradación del bosque nativo y su reemplazo por plantaciones de *Pinus taeda* L. en el NE de Argentina. Tesis presentada para optar por el título de Doctor de la UNNE en Biología. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Corrientes-Argentina. 178 pp.

A N E X O S

Anexo 1. Ubicación del área de estudio: Parcelas I, II, III, IV Arboretum “El huayo”



Anexo 2. Cuantificación de la necromasa y carbono en la parcela I arboretum “El Huayo” CIEFOR- Puerto Almendra

Parcela	Código	Muestra	Peso Inicial (g)	Peso 1 (g.)	Peso final (g.)	Materia seca (%)	Peso húmedo (Kg)	Necromasa seco (Kg)	Necromasa seco (t/ha)	Carbono muestra (Kg)	Carbono (Kg/ha)	Carbono (t/ha)
I	A11	1	19.37	13.00	13.00	67.11	2.365	1.59	15.87	0.79	7936.24	7.94
		2	40.60	26.50	26.50	65.27	2.365	1.54	15.44	0.77	7718.29	7.72
		3	34.84	17.00	17.00	48.79	2.365	1.15	11.54	0.58	5769.95	5.77
		4	41.97	26.50	26.50	63.14	2.365	1.49	14.93	0.75	7466.35	7.47
		5	44.50	28.00	28.00	62.92	2.365	1.49	14.88	0.74	7440.45	7.44
I	A12	1	39.54	30.00	30.00	75.87	1.505	1.14	11.42	0.57	5709.41	5.71
		2	27.91	21.00	21.00	75.24	1.505	1.13	11.32	0.57	5661.95	5.66
		3	54.59	29.50	29.50	54.04	1.505	0.81	8.13	0.41	4066.45	4.07
		4	46.77	34.00	34.00	72.70	1.505	1.09	10.94	0.55	5470.39	5.47
		5	36.03	20.00	20.00	55.51	1.505	0.84	8.35	0.42	4177.07	4.18
I	A13	1	41.64	28.00	28.00	67.24	1.280	0.86	8.61	0.43	4303.55	4.30
		2	41.91	29.00	29.00	69.20	1.280	0.89	8.86	0.44	4428.54	4.43
		3	43.89	20.00	20.00	45.57	1.280	0.58	5.83	0.29	2916.38	2.92
		4	29.66	17.00	17.00	57.32	1.280	0.73	7.34	0.37	3668.24	3.67
		5	35.10	23.50	23.50	66.95	1.280	0.86	8.57	0.43	4284.90	4.28
I	A14	1	50.17	41.50	41.50	82.72	1.199	0.99	9.92	0.50	4958.99	4.96
		2	28.81	24.50	24.50	85.04	1.199	1.02	10.20	0.51	5098.14	5.10
		3	39.01	33.00	33.00	84.59	1.199	1.01	10.14	0.51	5071.39	5.07
		4	36.56	32.00	32.00	87.53	1.199	1.05	10.49	0.52	5247.26	5.25
		5	24.69	21.00	21.00	85.05	1.199	1.02	10.20	0.51	5099.03	5.10
I	A15	1	19.48	16.50	16.50	84.70	0.505	0.43	4.28	0.21	2138.73	2.14
		2	31.01	26.00	26.00	83.84	0.505	0.42	4.23	0.21	2117.06	2.12
		3	21.50	18.50	18.50	86.05	0.505	0.43	4.35	0.22	2172.67	2.17
		4	23.48	20.00	20.00	85.18	0.505	0.43	4.30	0.22	2150.77	2.15
		5	22.26	18.50	18.50	83.11	0.505	0.42	4.20	0.21	2098.50	2.10
Prom./Prom.								0.94	9.37	0.47	4686.83	4.69

Anexo 3. Cuantificación de la necromasa y carbono en la parcela II arboretum “El Huayo” CIEFOR- Puerto Almendra

Parcela	Código	Muestra	Peso Inicial (g)	Peso 1 (g.)	Peso final (g.)	Materia seca (%)	Peso húmedo (Kg)	Necromasa seco (Kg)	Necromasa seco (t/ha)	Carbono (Kg)	Carbono (Kg/ha)	Carbono (t/ha)
II	A21	1	25.33	21.25	21.25	83.89	0.885	0.74	7.42	0.37	3712.25	3.71
		2	36.93	31.00	31.00	83.94	0.885	0.74	7.43	0.37	3714.46	3.71
		3	25.62	21.00	21.00	81.97	0.885	0.73	7.25	0.36	3627.05	3.63
		4	31.03	26.50	26.50	85.40	0.885	0.76	7.56	0.38	3779.00	3.78
		5	27.14	23.00	23.00	84.75	0.885	0.75	7.50	0.38	3750.00	3.75
II	A22	1	31.27	27.00	27.00	86.34	0.735	0.63	6.35	0.32	3173.17	3.17
		2	33.28	28.00	28.00	84.13	0.735	0.62	6.18	0.31	3091.95	3.09
		3	39.45	32.50	32.50	82.38	0.735	0.61	6.06	0.30	3027.57	3.03
		4	42.01	35.50	35.50	84.50	0.735	0.62	6.21	0.31	3105.51	3.11
		5	28.11	24.50	24.50	87.16	0.735	0.64	6.41	0.32	3203.04	3.20
II	A23	1	14.76	12.00	12.00	81.30	0.940	0.76	7.64	0.38	3821.14	3.82
		2	12.98	11.00	11.00	84.75	0.940	0.80	7.97	0.40	3983.05	3.98
		3	18.55	14.50	14.50	78.17	0.940	0.73	7.35	0.37	3673.85	3.67
		4	33.82	28.50	28.50	84.27	0.940	0.79	7.92	0.40	3960.67	3.96
		5	19.79	19.00	19.00	96.01	0.940	0.90	9.02	0.45	4512.38	4.51
II	A24	1	36.65	24.50	24.50	66.85	1.450	0.97	9.69	0.48	4846.52	4.85
		2	33.16	24.50	24.50	73.88	1.450	1.07	10.71	0.54	5356.60	5.36
		3	58.86	27.00	27.00	45.87	1.450	0.67	6.65	0.33	3325.69	3.33
		4	43.96	23.00	23.00	52.32	1.450	0.76	7.59	0.38	3793.22	3.79
		5	49.36	26.00	26.00	52.67	1.450	0.76	7.64	0.38	3818.88	3.82
II	A25	1	46.71	36.50	36.50	78.14	1.095	0.86	8.56	0.43	4278.26	4.28
		2	36.05	30.00	30.00	83.22	1.095	0.91	9.11	0.46	4556.17	4.56
		3	31.71	24.50	24.50	77.26	1.095	0.85	8.46	0.42	4230.13	4.23
		4	49.64	38.50	38.50	77.56	1.095	0.85	8.49	0.42	4246.32	4.25
		5	40.25	32.50	32.50	80.75	1.095	0.88	8.84	0.44	4420.81	4.42
Prom./Prom.								0.7761	7.76	0.3880	3880.31	3.88

Anexo 4. Cuantificación de la necromasa y carbono en la parcela III arboretum “El Huayo” CIEFOR- Puerto Almendra

Parcela	Código	Muestra	Peso Inicial (g)	Peso 1 (g.)	Peso final (g.)	Materia seca (%)	Peso húmedo (Kg)	Necromasa seco (Kg)	Necromasa seco (t/ha)	Carbono (Kg)	Carbono (Kg/ha)	Carbono (t/ha)
III	A31	1	37.68	32.00	32.00	84.93	0.865	0.73	7.35	0.37	3673.04	3.67
		2	39.91	34.00	34.00	85.19	0.865	0.74	7.37	0.37	3684.54	3.68
		3	44.58	38.00	38.00	85.24	0.865	0.74	7.37	0.37	3686.63	3.69
		4	42.92	38.00	38.00	88.54	0.865	0.77	7.66	0.38	3829.22	3.83
		5	38.45	32.50	32.50	84.53	0.865	0.73	7.31	0.37	3655.72	3.66
III	A32	1	30.53	26.50	26.50	86.80	0.455	0.39	3.95	0.20	1974.70	1.97
		2	23.02	21.00	21.00	91.23	0.455	0.42	4.15	0.21	2075.37	2.08
		3	25.50	21.50	21.50	84.31	0.455	0.38	3.84	0.19	1918.14	1.92
		4	30.59	26.00	26.00	85.00	0.455	0.39	3.87	0.19	1933.64	1.93
		5	46.00	38.00	38.00	82.61	0.455	0.38	3.76	0.19	1879.35	1.88
III	A33	1	28.72	22.00	22.00	76.60	0.895	0.69	6.86	0.34	3427.92	3.43
		2	28.90	22.00	22.00	76.12	0.895	0.68	6.81	0.34	3406.57	3.41
		3	35.51	26.50	26.50	74.63	0.895	0.67	6.68	0.33	3339.55	3.34
		4	35.06	26.50	26.50	75.58	0.895	0.68	6.76	0.34	3382.42	3.38
		5	31.23	23.00	23.00	73.65	0.895	0.66	6.59	0.33	3295.71	3.30
III	A34	1	33.87	28.00	28.00	82.67	0.985	0.81	8.14	0.41	4071.45	4.07
		2	39.06	32.00	32.00	81.93	0.985	0.81	8.07	0.40	4034.82	4.03
		3	31.11	25.50	25.50	81.97	0.985	0.81	8.07	0.40	4036.89	4.04
		4	30.95	25.50	25.50	82.39	0.985	0.81	8.12	0.41	4057.75	4.06
		5	28.06	23.50	23.50	83.75	0.985	0.82	8.25	0.41	4124.64	4.12
III	A35	1	46.56	28.00	28.00	60.14	0.655	0.39	3.94	0.20	1969.50	1.97
		2	41.61	27.50	27.5	66.09	0.655	0.43	4.33	0.22	2164.44	2.16
		3	37.32	24.00	24	64.31	0.655	0.42	4.21	0.21	2106.11	2.11
		4	56.32	36.00	36	63.92	0.655	0.42	4.19	0.21	2093.39	2.09
		5	43.15	28.50	28.5	66.05	0.655	0.43	4.33	0.22	2163.09	2.16

Anexo 5. Cuantificación de la necromasa y carbono en la parcela IV arboretum “El Huayo” CIEFOR- Puerto Almendra

Parcela	Código	Muestra	Peso Inicial (g)	Peso 1 (g.)	Peso final (g.)	Materia seca (%)	Peso húmedo (Kg)	Necromasa seco (Kg)	Necromasa seco (t/ha)	Carbono (Kg)	Carbono (Kg/ha)	Carbono (t/ha)
IV	A41	1	28.10	22.50	22.50	80.07	0.880	0.70	7.05	0.35	3523.13	3.52
		2	29.88	24.00	24.00	80.32	0.880	0.71	7.07	0.35	3534.14	3.53
		3	26.65	21.50	21.50	80.68	0.880	0.71	7.10	0.35	3549.72	3.55
		4	36.30	29.00	29.00	79.89	0.880	0.70	7.03	0.35	3515.15	3.52
		5	29.73	24.00	24.00	80.73	0.880	0.71	7.10	0.36	3551.97	3.55
IV	A42	1	24.25	15.00	15.00	61.86	1.100	0.68	6.80	0.34	3402.06	3.40
		2	33.63	19.00	19.00	56.50	1.100	0.62	6.21	0.31	3107.34	3.11
		3	30.35	17.50	17.50	57.66	1.100	0.63	6.34	0.32	3171.33	3.17
		4	34.79	17.00	17.00	48.86	1.100	0.54	5.38	0.27	2687.55	2.69
		5	32.61	15.00	15.00	46.00	1.100	0.51	5.06	0.25	2529.90	2.53
IV	A43	1	29.99	25.00	25.00	83.36	0.795	0.66	6.63	0.33	3313.60	3.31
		2	28.78	24.00	24.00	83.39	0.795	0.66	6.63	0.33	3314.80	3.31
		3	25.25	21.00	21.00	83.17	0.795	0.66	6.61	0.33	3305.94	3.31
		4	31.23	26.00	26.00	83.25	0.795	0.66	6.62	0.33	3309.32	3.31
		5	22.84	19.00	19.00	83.19	0.795	0.66	6.61	0.33	3306.70	3.31
IV	A44	1	31.88	23.50	23.50	73.71	1.340	0.99	9.88	0.49	4938.83	4.94
		2	32.53	25.50	25.50	78.39	1.340	1.05	10.50	0.53	5252.08	5.25
		3	18.65	15.00	15.00	80.43	1.340	1.08	10.78	0.54	5388.74	5.39
		4	30.41	23.50	23.50	77.28	1.340	1.04	10.36	0.52	5177.57	5.18
		5	25.04	19.00	19.00	75.88	1.340	1.02	10.17	0.51	5083.87	5.08
IV	A45	1	30.48	25.50	25.50	83.66	0.625	0.52	5.23	0.26	2614.42	2.61
		2	18.07	15.50	15.50	85.78	0.625	0.54	5.36	0.27	2680.55	2.68
		3	23.52	20.00	20.00	85.03	0.625	0.53	5.31	0.27	2657.31	2.66
		4	27.88	23.50	23.50	84.29	0.625	0.53	5.27	0.26	2634.06	2.63
		5	21.84	18.50	18.50	84.71	0.625	0.53	5.29	0.26	2647.09	2.65

Anexo 6. Calculo para obtener el volumen final de suelo parcelas I, II, III y IV arboretum "El Huayo" CIEFOR-Puerto Almendra

Parcela	N° Calicata	Profundidad (cm)	Código	Peso húmedo (g)	Peso 1 (g)	Peso Final (g)	V. inicial (cm3)	D	Pi	H	V. final (cm3)
								(cm)		(cm)	
I	1	10	P111	227.50	169.00	169.00	180.00	6.10	3.14	5.60	163.58
		20	P112	256.50	208.00	208.00	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
		30	P113	271.50	219.50	219.50	180.00	6.20	3.14	5.65	170.49
	2	10	P121	240.50	195.50	195.50	180.00	6.10	3.14	5.60	163.58
		20	P122	292.00	236.00	226.00	180.00	6.10	3.14	5.70	166.50
		30	P123	284.00	234.50	234.50	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
	3	10	P131	237.50	191.50	191.50	180.00	6.30	3.14	5.40	168.25
		20	P132	273.00	225.50	225.50	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
		30	P133	282.50	233.00	233.00	180.00	6.20	3.14	5.70	172.00
II	1	10	P211	238.50	191.50	191.50	180.00	6.20	3.14	5.50	165.96
		20	P212	280.00	232.00	232.00	180.00	6.20	3.14	5.70	172.00
		30	P213	285.50	235.50	235.50	180.00	6.20	3.14	5.70	172.00
	2	10	P221	251.00	203.00	203.00	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
		20	P222	271.00	222.00	222.00	180.00	6.20	3.14	5.40	162.95
		30	P223	284.00	236.00	236.00	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
	3	10	P231	242.00	185.00	185.00	180.00	6.10	3.14	5.60	163.58
		20	P232	275.00	220.00	220.00	180.00	6.10	3.14	5.60	163.58
		30	P233	277.00	221.00	221.00	180.00	6.10	3.14	5.70	166.50
III	1	10	P311	175.00	139.50	139.50	180.00	6.10	3.14	5.40	157.73
		20	P312	230.00	179.50	179.50	180.00	6.10	3.14	5.50	160.65
		30	P313	259.50	204.50	204.50	180.00	6.10	3.14	5.60	163.58

	2	10	P321	247.00	203.00	203.00	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
		20	P322	281.50	223.50	223.50	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
		30	P323	292.50	225.50	225.50	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
	3	10	P331	251.50	207.00	207.00	180.00	6.20	3.14	5.70	172.00
		20	P332	272.50	224.50	224.50	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
		30	P333	282.00	232.00	232.00	180.00	6.20	3.14	5.70	172.00
IV	1	10	P411	255.50	202.50	202.50	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
		20	P412	302.00	230.00	230.00	180.00	6.20	3.14	5.60	168.98
		30	P413	297.00	228.50	228.50	180.00	6.10	3.14	5.60	163.58
	2	10	P421	262.50	184.00	184.00	180.00	5.90	3.14	5.40	147.56
		20	P422	292.00	217.50	217.50	180.00	6.00	3.14	5.60	158.26
		30	P423	305.00	234.00	234.00	180.00	6.00	3.14	5.70	161.08
	3	10	P431	131.50	71.50	71.50	180.00	5.90	3.14	5.30	144.83
		20	P432	233.00	168.50	168.50	180.00	6.00	3.14	5.50	155.43
		30	P433	253.50	189.50	189.50	180.00	6.00	3.14	5.60	158.26

Anexo 7. Calculo para obtener el carbono del suelo en parcelas I, II, III y IV arboretum "El Huayo" CIEFOR-Puerto Almendra

Parcela	N° Calicata	Profundidad (cm)	Código	Densidad aparente (g/cm ³)	Peso crisol 105°C	Peso crisol + muestra 105°C	Peso crisol + muestra 360°C	Peso muestra 105°C	Peso muestra 360°C	Materia orgánica (%)	Carbono (%)	Carbono (t/ha)
I	1	10	P111	1.03	27.13	32.14	31.71	5.01	4.58	8.58	4.99	51.56
		20	P112	1.23	23.25	28.25	28.16	5.00	4.91	1.80	1.05	25.76
		30	P113	1.29	30.16	35.15	35.10	4.99	4.94	1.00	0.58	22.50
	2	10	P121	1.20	27.11	32.14	31.71	5.03	4.60	8.55	4.97	59.40
		20	P122	1.36	29.61	34.60	34.45	4.99	4.84	3.01	1.75	47.45
		30	P123	1.39	28.45	33.48	33.38	5.03	4.93	1.99	1.16	48.12
	3	10	P131	1.14	27.09	32.08	31.82	4.99	4.73	5.21	3.03	34.48
		20	P132	1.33	26.40	31.44	31.33	5.04	4.93	2.18	1.27	33.87
		30	P133	1.35	27.63	32.68	32.61	5.05	4.98	1.39	0.81	32.75
II	1	10	P211	1.15	27.63	32.63	32.06	5.00	4.43	11.40	6.63	76.48
		20	P212	1.35	28.06	33.08	32.86	5.02	4.80	4.38	2.55	68.74
		30	P213	1.37	28.90	33.90	33.77	5.00	4.87	2.60	1.51	62.09
	2	10	P221	1.20	23.00	28.00	28.00	5.00	4.70	6.00	3.49	41.91
		20	P222	1.36	28.81	33.83	33.70	5.02	4.89	2.59	1.51	41.02
		30	P223	1.40	22.22	27.30	27.23	5.08	5.01	1.38	0.80	33.57
	3	10	P231	1.13	27.09	32.08	31.58	4.99	4.49	10.02	5.83	65.89
		20	P232	1.34	26.50	31.50	31.29	5.00	4.79	4.20	2.44	65.68
		30	P233	1.33	28.50	33.50	33.37	5.00	4.87	2.60	1.51	60.19
III	1	10	P311	0.88	27.00	32.00	31.49	5.00	4.49	10.20	5.93	52.45
		20	P312	1.12	30.50	35.50	35.30	5.00	4.80	4.00	2.33	51.97
		30	P313	1.25	29.00	34.00	33.89	5.00	4.89	2.20	1.28	47.97
	2	10	P321	1.20	22.00	27.00	26.63	5.00	4.63	7.40	4.30	51.68

		20	P322	1.32	28.45	33.50	33.35	5.05	4.90	2.97	1.73	45.68
		30	P323	1.33	26.00	31.00	30.89	5.00	4.89	2.20	1.28	51.21
	3	10	P331	1.20	28.00	33.00	32.60	5.00	4.60	8.00	4.65	55.98
		20	P332	1.33	27.00	32.00	31.82	5.00	4.82	3.60	2.09	55.61
		30	P333	1.35	27.50	32.50	32.39	5.00	4.89	2.20	1.28	51.76
IV	1	10	P411	1.20	27.88	32.88	32.50	5.00	4.62	7.60	4.42	52.95
		20	P412	1.36	28.50	33.50	33.34	5.00	4.84	3.20	1.86	50.65
		30	P413	1.40	25.95	30.93	30.79	4.98	4.84	2.81	1.63	68.50
	2	10	P421	1.25	27.56	32.59	32.01	5.03	4.45	11.53	6.70	83.60
		20	P422	1.37	29.00	34.00	33.75	5.00	4.75	5.00	2.91	79.90
		30	P423	1.45	27.50	33.50	33.35	6.00	5.85	2.50	1.45	63.34
	3	10	P431	0.49	28.00	33.00	31.39	5.00	3.39	32.20	18.72	92.42
		20	P432	1.08	27.00	32.00	31.65	5.00	4.65	7.00	4.07	88.24
		30	P433	1.20	29.50	34.50	34.29	5.00	4.79	4.20	2.44	87.72

Anexo 8. Obtención de muestras de necromasa en las parcelas I, II, III y IV arboretum “El Huayo” CIEFOR- Puerto Almendra

Parcela	Fecha 6/08/2021	Necromasa arboretum	Código	Peso húmedo (Kg)	Georreferenciación (UTM)	
					Este (X)	Norte (Y)
I		1	A11	2.365	383055	7337450
I		1	A12	1.505	383112	7337385
I		1	A13	1.280	383157	7337399
I		1	A14	1.199	383148	7337411
I		1	A15	0.505	383106	7337434
II		2	A21	0.885	383130	7337341
II		2	A22	0.735	383180	7337325
II		2	A23	0.940	383178	7337331
II		2	A24	1.450	383172	7337356
II		2	A25	1.095	383190	7337339
III		3	A31	0.865	383175	7337428
III		3	A32	0.455	383210	7337410
III		3	A33	0.895	383239	7337404
III		3	A34	0.985	383245	7337370
III		3	A35	0.655	383213	7337400
IV		4	A41	0.800	383214	7337330
IV		4	A42	1.100	383244	7337315
IV		4	A43	0.795	383260	7337305
IV		4	A44	1.340	383271	7337289
IV		4	A45	0.625	383268	7337296

Anexo 9. Obtención de muestras de suelo en las parcelas I, II, III y IV arboretum
 “El Huayo” CIEFOR- Puerto Almendra

N° Parcela	N° Calicata	Profundidad (cm)	Código	Peso húmedo (Kg)	Georreferenciación (UTM)	
					Este (X)	Norte (Y)
I	1	10	P111	227.50	383055	7337450
		20	P112	256.50		
		30	P113	271.50		
	2	10	P121	240.50	383112	7337385
		20	P122	292.00		
		30	P123	284.00		
	3	10	P131	237.50	383157	7337399
		20	P132	273.00		
		30	P133	282.50		
II	1	10	P211	238.50	383130	7337341
		20	P212	280.00		
		30	P213	285.50		
	2	10	P221	251.00	383180	7337325
		20	P222	271.00		
		30	P223	284.00		
	3	10	P231	242.00	383178	7337331
		20	P232	275.00		
		30	P233	277.00		
III	1	10	P311	175.00	383175	7337428
		20	P312	230.00		
		30	P313	259.50		
	2	10	P321	247.00	383210	7337410
		20	P322	281.50		
		30	P323	292.50		
	3	10	P331	251.50	383239	7337404
		20	P332	272.50		
		30	P333	282.00		
IV	1	10	P411	255.50	383214	7337330
		20	P412	302.00		
		30	P413	297.00		
	2	10	P421	262.50	383244	7337315
		20	P422	292.00		
		30	P423	305.00		
	3	10	P431	131.50	383260	7337305
		20	P432	233.00		
		30	P433	253.50		

Anexo 10. Panel fotográfico



Foto 1. Ubicación del Arboretum



Foto 2. Personal de apoyo- obtener muestras



Foto 3. Delimitación para obtener necromasa



Foto 4. Obteniendo necromasa



Foto 5. Necromasa embolsado



Foto 6. Codificando muestras de necromasa



Foto 7. Juntando muestras de necromasa



Foto 8. Necromasa embolsada



Foto 9. Necromasa embolsado y codificado



Foto 10. Acopio de Necromasa



Foto 11. Ubicación georreferenciada calicata



Foto 12. Inicio de apertura de calicata



Foto. 13. Aperturando calicata



Foto 14. Midiendo la profundidad



Foto 15. Calicata terminada



Foto 16. Obteniendo muestras de suelo



Foto 17. Embolsado de las muestras de suelo



Foto 18. Acopio de muestras de suelo



Foto 19. Muestras de suelo para ensayos



Foto 20. Muestras a ensayar en la mufla



Foto 21. Temperatura de la mufla



Foto 22. Muestras de necromasa para C. H.



Foto 23. Peso seco de necromasa



Foto 24. Personal de apoyo para obtención de muestras del campo