

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

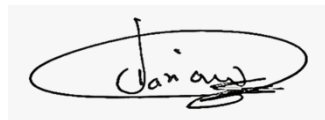
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA,**

**MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**



**ANÁLISIS DE LA BIOMASA VEGETAL EN PLANTACIONES DE  
CAPIRONA (*Calycophyllum spruceanum* Benth, RUBIACEAE), DE  
DIFERENTES EDADES EN LEONCIO PRADO, HUÁNUCO.**

**TESIS**



Para optar al grado académico de



**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA,**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

**CLEIDE SANTOS FLORES**

**Tingo María - Perú**

**2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**UNIDAD DE POSGRADO**  
**DIRECCIÓN**



“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL”

**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS**  
**Nro. 004-2022-UPG-FRNR-UNAS**

En la ciudad universitaria, siendo las 07:00 p.m. del martes 15 de marzo de 2022, reunidos virtualmente vía Microsoft Teams, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

**“ANÁLISIS DE LA BIOMASA VEGETAL EN PLANTACIONES DE CAPIRONA (*Calycophyllum spruceanum* Benth, RUBIACEAE), DE DIFERENTES EDADES EN LEONCIO PRADO, HUÁNUCO”**

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención: Gestión Ambiental **CIEIDE SANTOS FLORES**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**

Acto seguido, a horas 8:45 p.m. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....  
Dr. CASIANO AGUIRRE ESCALANTE  
Presidente del Jurado

.....  
Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ  
Miembro del Jurado

.....  
Ing. MS.c. DAVID PRUDENCIO QUISPE JANAMPA  
Miembro del Jurado

.....  
Ing. MS.c. EDILBERTO DIAZ QUINTANA  
Asesor



## VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN OFICINA DE INVESTIGACIÓN

### UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISISTA

#### I. DATOS GENERALES DE POSGRADO

<b>Universidad</b>	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
<b>Maestría</b>	: Ciencias en Agroecología
<b>Mención</b>	: Gestión Ambiental
<b>Título de Tesis</b>	: <b>ANÁLISIS DE LA BIOMASA VEGETAL EN PLANTACIONES DE CAPIRONA (<i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth, RUBIACEAE), DE DIFERENTES EDADES EN LEONCIO PRADO, HUANUCO.</b>
<b>Autor</b>	: Cleide Santos Flores
<b>Asesor</b>	: MC. Edilberto Díaz Quintana
<b>Programa de Investigación</b>	: Gestión Ambiental
<b>Línea (s) de Investigación</b>	: Adaptación al cambio climático
<b>Eje temático de investigación</b>	: Fijación, captura y almacenamiento de carbono
<b>Lugar de Ejecución</b>	: Leoncio Prado
<b>Duración</b>	: <b>Fecha de Inicio:</b> Abril 2021 <b>Término</b> : octubre 2021
<b>Financiamiento</b>	: <b>Propio: S/. 2.524,5</b>

## DEDICATORIA

A Dios, por guiar mis pasos en el camino del bien

A mis padres; Pastor Santos Reyes y Gladys Cecilia Flores Contreras por su inmenso amor, cariño y apoyo en mi formación académica que fue factor primordial para alcanzar mis metas propuestas.

.

A mis hermanos; Jhon Santos Flores y Gisela Santos Flores por los consejos y los buenos deseos que me fortalecieron a seguir adelante

A mis sobrinos: Camila, Mateo y Camilo que son fuente de superación día a día para seguir creciendo en lo profesional y en lo personal.

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento:

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme dado la oportunidad para forjarme como profesional.
- A mis profesores de la Escuela de Posgrado, quienes a través de sus enseñanzas contribuyeron en mi formación profesional.
- Al M. Sc. Edilberto Díaz Quintana, asesor de la tesis, por su gran aporte, brindándome sus conocimientos técnicos y científicos, durante la ejecución de la investigación
- A los miembros del jurado de tesis, Dr. Casiano Aguirre Escalante, Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez y Ing. M. Sc. David Prudencio Quispe Janampa, por sus aportes y observaciones pertinentes en la investigación.
- Al Dr. Edilberto Chuquilin Bustamante y al Ph. D. Luis Valdivia Espinoza por la orientación y aportes para la ejecución de la tesis y elaboración del informe
- Al Ph. D. Luis Valdivia Espinoza, por las sugerencias brindadas para la elaboración del informe.
- A Yassira Castillo Espinoza por su valioso aporte en las evaluaciones y recolección de datos.
- A Pedro Quispe Ugarte y Enzo Castañeda Curí, por su inmenso apoyo en la instalación y delimitación de las parcelas.
- A Elayne Julca Peña, por el apoyo logístico del informe.
- A Pablo Palomimo Sifuentes por permitirme realizar este estudio en su plantación.
- A Susan Ríos Pérez por el apoyo en la recolección de muestras.
- A Yuvis Vallejos y Mariela Baldeon , por su apoyo en la búsqueda de información.

## ÍNDICE

	Página.
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico .....	3
2.1.1. Biomasa .....	3
2.1.2. Biomasa vegetal total.....	5
2.1.3. Plantaciones como sumidero de carbono.....	7
2.1.4. Efecto de los árboles en el cambio climático.....	7
2.1.5. Características de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.....	9
2.2. Estado del arte.....	10
III.MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
3.1. Lugar de ejecución .....	16
3.1.1. Zona de vida.....	17
3.2. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	17
3.2.1. Tipo de investigación.....	17
3.2.2. Nivel de investigación .....	18
3.2.3. Diseño de investigación .....	18
3.3. Población y Muestra.....	18
3.3.1. Población: .....	18
3.3.2. Muestra: .....	18
3.3.3. Tipo de muestreo .....	19
3.4. Técnicas y instrumentos estadísticos .....	19
3.5. Variables de estudio .....	19
3.5.1. Variable independientes.....	19

3.5.2. Variable dependientes .....	19
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	20
3.6.1. Procedimiento .....	20
3.6.2. Cálculos de la biomasa vegetal .....	22
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	25
4.1. Biomasa arbórea en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> , de diferentes edades. ....	25
4.2. Biomasa herbácea en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> de diferentes edades. ....	27
4.3. Biomasa de hojarasca de plantaciones de <i>C. spruceanum</i> , de diferentes edades. .....	29
V. CONCLUSIONES .....	32
VI.PROPUUESTAS A FUTURO .....	33
VII.REFERENCIAS .....	34
ANEXOS .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página.
1. Estadísticos descriptivos la biomasa arbórea en plantaciones <i>C. spruceanum</i> .....	25
2. Prueba T student para la biomasa arbórea en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	26
3. Estadísticos descriptivos de la biomasa herbácea ( $\text{tha}^{-1}$ ) en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	27
4. Prueba T student para la biomasa de herbácea ( $\text{tha}^{-1}$ ) en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	28
5. Estadísticos descriptivos de la biomasa de hojarasca ( $\text{tha}^{-1}$ ) en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	30
6. Prueba T student para la biomasa de hojarasca ( $\text{tha}^{-1}$ ) en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	31
7. Evaluación de la biomasa arbórea de la especie <i>C. spruceanum</i> de 8 años.....	43
8. Evaluación de hojarasca en la plantación de 8 años de <i>C. spruceanum</i> .....	45
9. Evaluación de herbácea en la plantación de 8 años de <i>C. spruceanum</i> . .....	46
10. Evaluación de la biomasa arbórea de la especie <i>C. spruceanum</i> de 11 años.....	47
11. Evaluación de hojarasca en la plantación de 11 años de <i>C. spruceanum</i> .....	49
12. Evaluación de herbácea en la plantación de 11 años de <i>C. spruceanum</i> . .....	50



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página.
1. Ubicación de las plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	16
2. Parcela de 50 x 20 m.....	20
3. Trampas para herbácea y hojarasca .....	22
4. Comparación de medias de la biomasa arbórea (kg) en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	26
5. Biomasa herbácea (t ha <sup>-1</sup> ) en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	27
6. Comparación de medias de la biomasa herbácea (tha <sup>-1</sup> ) en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	29
7. Biomasa de hojarasca (t ha <sup>-1</sup> ) en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	30
8. Comparación de medias de la biomasa de hojarasca (tha <sup>-1</sup> ) en plantaciones de <i>C. spruceanum</i> .....	31
9. Plantaciones de <i>C. spruceanum</i> : A) 8 años; B) 11 años .....	51
10. Reconocimiento de la plantación de <i>C spruceanu</i> .....	51
11. Limpieza de ambas plantaciones para la evaluación uniforme de biomasa .....	52
12. Instalación de las parcela de 50 m x 20 m .....	52
13. Instalación de las sub parcelas .....	53
14. Sub parcela de 1 m x 1 m para la herbácea (A), y de 0.50 m x 0.50 m para la hojarasca (B) .....	53
15. Colecta de hojarasca .....	54
16. Colecta de las herbáceas .....	54
17. Pesaje de las muestras en estado húmedo .....	55
18. Secado de las muestras para obtener el peso seco .....	55
19. Medición de la circunferencia a la altura del pecho de <i>C sprucenaun</i> .....	56

## RESUMEN

Con la finalidad de estudiar la biomasa vegetal en plantaciones de *C. spruceanum* de 8 y 11 años de edad en Leoncio Prado, se establecieron parcelas de 50 m x 20 m, teniendo 10 cuadrantes de 100 m<sup>2</sup>, dentro de cada sub parcela se establecieron trampas para las herbácea y hojarasca de 1 m x 1 m y 0,50 m x 0,50 m respectivamente, los resultados obtenidos fueron: La biomasa arbórea en la plantación de 8 años fue de 147,62 kg promedio en 49 árboles, con una BAVT de 7 233,60 kg, y 72,34 t ha<sup>-1</sup> de BAVT. Por otra parte la plantación de 11 años presento una media de 267,46 kg de 55 individuos, con una BAVT de 14 710,31 kg, equivalente a 147,10 t ha<sup>-1</sup>. Siendo estadísticamente superior en la plantación de 11 años. Con respecto a la biomasa herbácea en la plantación de 8 años fue de 0,15 t ha<sup>-1</sup> y 0,45 t ha<sup>-1</sup> a los 2 y 4 meses, mientras en la de 11 años fue de 0,21 t ha<sup>-1</sup> y 0,59 t ha<sup>-1</sup> promedio, no registrando diferencias estadísticas en ambas plantaciones. La biomasa hojarasca en la plantación de 8 años fue de 0,87 t ha<sup>-1</sup> y 1,57 t ha<sup>-1</sup> promedio a los dos y 4 meses, en la de 11 años fue de 1,19 t ha<sup>-1</sup> y 2,57 t ha<sup>-1</sup>, registrándose diferencia estadística a los 4 meses siendo superior en la plantación de 11 años.

Palabras claves: Biomasa, plantaciones, capirona.

## ABSTRACT

With the purpose of studying the vegetative biomass of eight to eleven year old *C. spruceanum* plantations in Leoncio Prado, Peru, 50 m x 20 m plots were established, which had ten 100 m<sup>2</sup> quadrants. Within every sub plot, 1 m x 1 m and 0.50 m x 0.50 m traps for the herbaceous and leaf litter were established, respectively. The results that were obtained were: the arboreal biomass from the eight year old plantation was 147,62 kg with an average of forty nine trees and a BAVT (acronym in Spanish) of 7 233,60 kg and 72,34 t ac<sup>-1</sup> of BAVT. On the other hand, the eleven year old plantation presented an average of 267,46 kg for fifty five specimens with a BAVT of 14 710,31 kg, equivalent to 147,10 t ac<sup>-1</sup>; which was statistically superior to the eleven year old plantation. With respect to the herbaceous biomass, for the eight year old plantation, it was 0,15 t ac<sup>-1</sup> and 0,45 t ac<sup>-1</sup>, at two and four months, while for the eleven year old plantation it was 0,21 t ac<sup>-1</sup> and 0,59 t ac<sup>-1</sup> average; registering no statistical differences for both plantations. The leaf litter biomass of the eight year old plantation was 0,87 t ac<sup>-1</sup> and 1,57 t ac<sup>-1</sup>, on average, at two and four months, and for the eleven year old plantation it was 1,19 t ac<sup>-1</sup> and 2,57 t ac<sup>-1</sup>; registering a statistical difference at four months, which was superior for the eleven year old plantation.

Keywords: biomass, plantations, capirona

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se viene deforestando grandes extensiones de bosques, con fines de agricultura migratoria, tala ilegal, lo que ocasiona una preocupación a nivel mundial, ya que esto se refleja en el calentamiento global ocasionando incrementos de concentraciones de efecto invernadero en la atmosfera, lo que esto conlleva a un desbalance natural en los ecosistemas afectando la estabilidad climática provocando enormes pérdidas de la biodiversidad y cultivos.

Por tal motivo hoy en día hay un aumento continuo de plantaciones forestales, con la finalidad de generar materia prima y de esta manera reducir la degradación de los bosques, asimismo, actúa como una estrategia para la fijación CO<sub>2</sub> atmosférico dentro de la estructura vegetal, a través de la fotosíntesis, debido a la acumulación de materia orgánica.

Estimar la cantidad de biomasa almacenada en distintos ecosistemas forestales es de gran importancia ya que esto radica en la cuantificación el carbono almacenado, en tal sentido permite acceder a un valor económico por un servicio ecosistémico (bonos de carbono).

En Leoncio Prado se vienen instalando plantaciones forestales, con diversos propósitos como investigación, económico; conservación, etc; sin embargo, existe escasa información sobre cuanto viene almacenando de biomasa vegetal en estas plantaciones, teniendo en cuenta que conocer la biomasa, nos permite conocer el carbono asimilado por los árboles, ya que a su vez estos reduce el efecto invernadero y conflictos ambientales. Bajo lo antes mencionado se formula la siguiente interrogante

¿Cuál será el análisis de la biomasa vegetal en plantaciones de *Calycophyllum spruceanum* (benth.) Hook. f. ex k. Schum de diferentes edades en Leoncio Prado, Huánuco?

Bajo este contexto el presente estudio busca aportar información mediante el análisis de la biomasa vegetal de plantaciones de *Calycophyllum spruceanum* de diferentes edades en Leoncio Prado; los datos obtenidos en esta investigación contribuirá para futuras tomas de decisiones y generar beneficios económicos a los agricultores que vienen fortaleciendo la reforestación, a través del mercado de bonos de carbono, con el fin de utilizar y aprovechar los recursos naturales de manera sostenible

### **1.1. Objetivo general**

Analizar la biomasa vegetal en plantaciones de *Calicophyllun spruceanum* Benth, de diferentes edades en Leoncio Prado, Huánuco.

### **1.2. Objetivos específicos**

- a. Estimar la biomasa arbórea en plantaciones de *Calicophyllun spruceanum* de Benth, de diferentes edades.
- b. Estimar la biomasa herbácea en plantaciones de *Calicophyllun spruceanum* Benth, de diferentes edades.
- c. Estimar la biomasa de hojarasca de plantaciones de *Calicophyllun spruceanum* Benth, de diferentes edades.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. Biomasa

Es llamado biomasa a la proporción de materia orgánica depositada en los distintos componentes de algún área vegetal y se encuentra compuesta por el peso seco de la materia orgánica sobre y debajo del suelo. (Fonseca *et al.*, 2009). El cálculo y seguimiento de la biomasa en los componentes de los sistemas biológicos de los bosques es útil para evaluar el carbono que se desprende y la tasa anual de la fijación del dióxido de carbono, lo cual esta influye de gran impacto para la mitigación del cambio climático. La evaluación de la biomasa ayuda a valorar de una mejor manera los recursos que nos brindan los ecosistemas forestales (Cifuentes, 2010; Cuenca *et al.*, 2014).

La acumulación y la circulación de la biomasa suelen ser distintos en cualquier especie y se ven afectadas debido a factores relacionados, por ejemplo, calidad del sitio, la edad, desarrollo del rodal, practicas silvícolas, densidad del rosal, entre otras.. La circulación de la biomasa también varía según la parte del árbol (Figuroa *et al.*, 2010; Rodríguez *et al.*, 2012).

La biomasa fluctúa con la disposición florística y de acuerdo como se encuentra la estructura de la vegetación y, de igual manera influyen los procesos del sistema biológico, está relacionada con la accesibilidad al agua. La biomasa se ha utilizado para medir las fuentes de información y los resultados de captura de carbono y y sustancias nocivas para la capa de ozono y el ambiente (Escobar y Maass, 2008). En los ecosistemas forestales, la desintegración a través de la combustión en la biomasa de las hojas, ramas, corteza, tallos y raíces puede ser la vía fundamental para el incremento de las sustancias nocivas para el ozono, que es la razón que se debe conservar y manejar

los ecosistemas forestales, y de esta forma garantizar la conservación de la biomasa a través de los arboles (Chapin *et al.*, 2011).

#### **2.1.1.1. Métodos para determinar la biomasa**

Para calcular la cantidad de biomasa, se da a partir de dos métodos:

##### **a) Método directo:**

Segura (1999) manifiesta que este método se basa en realizar mediciones fundamentales de algún componente arbóreo, derribarlo y calcular la biomasa mediante el peso inmediato de cada una de las partes raíces, tronco, ramas y follaje. Así, la biomasa de las raíces y las ramas se debe dividirse en clases diamétricas, y de esta manera inferir los resultados a superficies grandes, Por último, los volúmenes se suman, para para adquirir el volumen en su totalidad evaluado del componente fuste o ramas gruesas. Posterior en campo se registran los pesos de las muestras por cada componente, para luego ser calculado en laboratorio, a través de algún factor de conversión de volumen a pesos seco, en este caso la densidad básica ( $\text{g/cm}^3$ )

##### **b) Método indirecto:**

Según Brown (1999), que si se dispone de la variable DAP (diámetro a la altura del pecho), la altura total (m) y la densidad de la madera o la gravedad explícita ( $\text{mg/m}^3$ ), se puede determinar el carbono depositado en la biomasa total de cada árbol. Para lo cual este método se da a través de modelos alométricos, que se utilizan para la evaluación de la biomasa en general para cualquier ecosistema (sistemas agroforestales, bosques templados, bosques tropicales, plantaciones), donde la elección depende de la naturaleza y de la disponibilidad de los datos en el momento que se requiera realizar las estimaciones de biomasa. A través de estimaciones inmediatas o aproximadas, es viable estimar, a través de técnicas de regresión entre las variables evaluadas en campo o en los inventarios forestales (altura comercial y total, DAP, incremento diamétrico, etc.) la biomasa o el carbono almacenado (Segura, 1999). Estas regresiones se denominan modelos alométricos, que son una relación numérica para

evaluar una variable (volumen o biomasa) en función de al menos un factor determinante (DAP, h).

## **2.1.2. Biomasa vegetal total**

### **2.1.2.1. Biomasa arbórea**

Pons (2005) afirma que por periodos largos los arboles almacena carbono en su estructura leñosa, conociéndose como reservas de carbono. La proporción de carbono capturado en los árboles se denomina biomasa, siendo considerado a toda la materia orgánica que se encuentra en los ecosistemas forestales, esto quiere decir que considera cualquier material proveniente de la fotosíntesis, ya que es en donde se sintetizan sustancias orgánicas a través del CO<sub>2</sub> del aire y energía solar.

Gayoso (2002) Hace referencia a que la biomasa sobre el suelo está formada por las partes de hojas, ramas y tallo, estas proporciones varían en función a la especie como la proporción o tamaño de cada componente arbóreo. Asimismo cabe recalcar que para las especies nativas del algún ecosistema siempre verde, los resultados muestran que la biomasa promedio del tallo con corteza comparable a la biomasa sobre el suelo va del 72,80% (SO = 28,88) para una conífera nativa (PN) al 93,29% (SO= 36,04) para la especie tino (WT). En el ínterin, los caducifolios fas llegaron a unos valores superiores del 85,63% (SO= 24,56) para NA y del 88,43% (SO= 31 ,43)

### **2.1.2.2. Biomasa herbácea**

Aunque la proporción de vegetación herbácea y leñosa pequeña (VH y LP) en la biomasa total del bosque puede ser muy pequeña, esto no significa que no sea importante en su estructura (Lugo 1992, Álvarez 1993). Su importancia biológica radica en la acumulación de biomasa y la capacidad de almacenar y reciclar nutrientes (Lugo 1992). La vegetación de pequeño diámetro puede, en algunos casos, representan un porcentaje significativo del total de biomasa aérea de los bosques. Además, todos los componentes de la biomasa deben ser considerados para una estimación más precisa de las reservas de carbono. Las plantas del sotobosque pueden ser de gran importancia, ya que contienen la regeneración de los árboles que componen un bosque más desarrollado.



Las herbáceas y leñosa de tamaño pequeño, está constituida por arbustos pequeños, hierbas, helechos, enredaderas, arbustos con alturas inferiores a un determinado límite, estos límites varían en los distintos estudios (Herrera, 2002).

Asimismo, la recolección de la vegetación herbácea y leñosa pequeña implica su corte a una determinada altura (Anderson y Ingram, 1993). En teoría, todo este material debería colectarse a nivel del suelo.

### **2.1.2.3. Biomasa de hojarasca**

La biomasa incorporada por las plantas vuelve a la tierra en forma de exudados radiculares y foliares, o como materia natural como hojas, ramas, productos orgánicos, flores, etc. La producción de hojarasca se caracteriza por ser la cantidad de restos vegetales elevados que se añaden a la tierra a lo largo de un periodo de tiempo indefinido, comunicada en peso seco. Esto incluye hojas, flores, productos orgánicos, ramas, etc., y generalmente se expresa en  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  o  $\text{gm}^{-2} \text{ año}^{-1}$  (Del Valle-Arango, 2003).

En los tropicales, alrededor del 80% de los bioelementos absolutos que entran en el mantillo se obtienen esencialmente de la hojarasca (León-Rico, 2003). El compromiso de los suplementos de la hojarasca es extremadamente importante, ya que establece la fuente fundamental de activos cruciales para el suelo del bosque (Isaac y Nair, 2006).

La suma y la naturaleza de la hojarasca tienen una relación significativa con la disposición, la mejora, la estabilidad y el mantenimiento de la riqueza del suelo, por lo que la evaluación de su creación y síntesis es importante para comprender el ciclo de los suplementos en los bosques (Facelli y Pickett, 2008). Las tasas de caída de hojarasca y de descomposición dirigen los flujos de energía y la utilidad esencial (Olson, 1963), por lo que la producción de hojarasca se ha utilizado con frecuencia como índice para calcular la eficiencia esencial neta de un ecosistema forestal.

Sarango y Tenempaguay (2020) manifiestan que el método el para evaluar el carbono en la biomasa en las hojas caídas (hojarasca) depende de la

elaboración de la carga húmeda y seca de la hojarasca, ya que la proporción de biomasa seca de la hojarasca implica una proporción de carbono de 2:1, por ejemplo la mitad está disponible en la biomasa, por lo que es vital saber cuánto carbono hay en la hojarasca ya que esta subunidad va como marco de capacidad para el carbono y los suplementos.

### **2.1.3. Plantaciones como sumidero de carbono**

Es esencial considerar que existe un secuestro de carbono en las plantaciones forestales que se extiende por encima del ciclo de vida del ecosistema. El carbono que se acumula en el árbol es a través de la fotosíntesis, limitando la interacción oxidativa respiratoria, mantenida en su biomasa, que aumenta a medida que el árbol se desarrolla. Siendo otras cantidades de carbono las que se almacenan en la materia natural del suelo (Pardos, 1999).

Los ecosistemas forestales nos aportan servicios ecosistémicos, entre ellos los activos del agua, recupera la de la biodiversidad y cuidado de la vida de fauna. Además de estas ventajas, algunas especies tienen un valor monetario por su madera. Llevar a cabo plantaciones es una mejor alternativa, ya que actúan como sumideros de carbono, reduciendo los gases de efecto invernadero, que son el principal motor del cambio medioambiental (Fonseca *et al.*, 2009).

Una investigación llevado a cabo en el interior del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) arrojó emisiones de 2,541 ton/año de CO<sub>2</sub> correspondiente de un estudio del 2007 al 2009, lo cual estas emisiones tienden a alcanzar a 3,741 ton/año de CO<sub>2</sub> desde 2011 - 2021, para lo cual el ITCR optó por establecer los 10 años más recientes considerando a la especie *G arbórea* con un total de 170 ha<sup>-1</sup> moderando 52,077 ton/año de CO<sub>2</sub>, lo que disminuyó las emisiones (Arguedas, 2011).

### **2.1.4. Efecto de los árboles en el cambio climático**

El límite de los ecosistemas forestales para acumular mucho carbono depende de muchos elementos, por ejemplo, condiciones de sitio, suelo, manejo, etc. Últimamente, la evaluación de la biomasa de los bosques y las reservas de carbono se ha

ampliado esto debido obtenido por la convención sobre el cambio climático y al Protocolo de Kioto, que percibe que los sistemas biológicos de los bosques pueden aliviar el impacto del efecto invernadero ocasionado por el ser humano. En consecuencia, es vital medir el nivel de almacenamiento de carbono en el aire por parte de la biomasa arbórea (Jaramillo, 2004).

Por estudios realizados se manifiesta que por cada kg de carbono almacenado en la biomasa de los árboles se secuestran 3,67 kg de CO<sub>2</sub>. Las plantaciones forestales son sumideros de carbono en periodos largos. El desarrollo y el comportamiento de la biomasa forestal dependen de una serie de limitaciones relacionadas como las alteraciones antrópicas y ausencia de condiciones edafoclimáticas adecuadas. Por razones específicas, los inventarios de bosques se han utilizado ampliamente para la evaluación de la biomasa creada por los árboles (Balboa *et al.* 2006; Gómez-García y Pérez *et al.*, 2015).

En las instalaciones de ecosistemas tales como plantaciones forestales con la finalidad de fijar el CO<sub>2</sub> del aire, es bueno tener en cuenta en la elección de especies de crecimiento rápido y buen desarrollo, que en periodos breves captan mucho carbono en su biomasa; de tal manera, existen investigaciones que confirman lo anterior, ya que se ha evaluado el secuestro de carbono en la biomasa aérea de *Elaeis guineensis*, llegando a 30 t ha<sup>-1</sup>, siendo en las hojas de 7 t ha<sup>-1</sup> y 23 t ha<sup>-1</sup> en los estipes (Pérez *et al.*, 2015).

En varios estudios se ha reiterado, que los componentes de biomasa de los ecosistemas es de gran importancia en las alteraciones atmosféricas, donde a través de la biomasa es factible estudiar la centralización del carbono que se encuentra en la vegetación, que es responsable de la fusión del carbono que se encuentra en el aire al ciclo natural a través de la fotosíntesis, donde las plantas ingieren CO<sub>2</sub> y lo cambian especialmente en carbohidratos que se consolidan en el tejido de la planta como el follaje, las ramas, los tallos y las raíces (alrededor de la mitad de la biomasa es el

carbono); es a lo largo de estas líneas concebible para evaluar la cantidad de CO<sub>2</sub> que se capta del medio ambiente (FAO, 2007).

### **2.1.5. Características de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.**

#### **2.1.5.1. Aspectos taxonómicos (Aróstegui, 1987)**

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógama
Sub división	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledónea
Familia	: Rubiaceae
Género	: <i>Calycophyllum</i>
Especie	: <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.

Nombre común: Capirona, capirona de bajo, capirona negra.

#### **2.1.5.2. Descripción botánica**

Los arboles de la especie de *Calycophyllum spruceanum* poseen un DAP que varía de 50-120 cm y una altura total de 20 a 35 m, presentan un fuste erecto, regular, cilíndrico, la copa en el último tercio, observándose una corteza externa lisa, con tonalidad verde, homogéneo, muy particular, terso y brillante, presenta ritidoma papiráceo rojizo lo cual se desglosa en grandes placas, desigual, dejando en evidencia el área verdusca concerniente a la corteza.

Presenta un ritidoma papiráceo rojizo que se desprende en enormes placas esporádicas, dejando a prueba la superficie verdosa de la corteza.

Mientras que la corteza interna mantiene una homogeneidad, muy delgada, con un espesor de 1 a 2 mm, presenta una tonalidad crema verdusco. Mientras que las ramas terminales presentan sección circular o aplanada en las zonas terminales, con diámetro de 5 a 6 mm de diámetro, de tonalidad marrón rojizo cuando están secas, lisas, lustrosas, provistas de lenticelas blanquecinas. Se mantiene con hojas rectas de forma decusadas inversas, elípticas o alargadas, que varían de 5 a 10 cm de largo y 3 a 5 cm de ancho, peciolo varían de 1,5 a 2,5 cm de largo, con una base obtusa, ápice acuminado, acanalado, laminas completas, presenta nervación pinnada, contiene nervios secundarios de 12 a 15 pares, que se encuentran ligeramente señalados en el haz y en el envés, lo mismo en el nervio central, donde los nervios secundarios están con pequeños pelos en el envés (10x)

Con respecto a la inflorescencia manifestándose en cimas terminales con una longitud de 10 a 15 cm, mostrando una gran cantidad de flores entre ellas hermafroditas, con cáliz y corola, las flores varían de 1 a 1.15 cm de longitud, cuando son tiernos se presentan cubiertas completamente formando una bráctea decidua, donde habitualmente cada trio de la cima contiene una flor central provocando la eliminación de esta, la longitud de los pedicelos varían de 2 a 3 mm, siendo pubescentes, el cáliz se encuentra dotado de 5 a 6 apéndices de aproximadamente de 1 mm de longitud, siendo la corola de forma tubular a campanulada, de 5 a 6 lobulada, en el interior pubescente, de 5 a 6 estambres, las anteras dorsifijas, mientras el pistilo se encuentra con ovario ínfero, de forma elipsoide-truncado, mientras el estilo filiforme y un estigma bifido.

Mientras los frutos de esta especie son capsulas diminutas, de forma elipsoide y alargadas, con una longitud que varía de 5 a 8 mm, con una pubescencia en su superficie; cuando maduran estas despliegan formando dos valvas, con semillas pequeñas, de forma aladas y alargadas donde en la posición central se encuentra el embrión (Reynel, 2003).

## **2.2. Estado del arte**

Trinidad *et al.* (2021) Estudiaron los modelos alométricos, para el cálculo de la biomasa y carbono en especies introducidas como la *Tectona grandis* y *Gmelina*

arbórea, y plantaciones forestales de *Tabebuia rosea* y *Enterolobium cyclocarpum*, que se encuentran en la Costa de Jalisco, donde en todas las especies en estudio, presentaron la mayor parte de biomasa aérea seca con un 58 a 67% siendo en su totalidad del fuste, donde, los resultados obtenidos mostraron que los valores más altos de biomasa con  $161 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $134 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $130 \text{ kg ha}^{-1}$ , fueron de las especies de *T. grandis*, *G. arborea* y *E. cyclocarpum*, con un alto almacenamiento de carbono con  $144,6 \text{ mg ha}^{-1}$ ,  $120,8 \text{ mg ha}^{-1}$  y  $117,5 \text{ mg ha}^{-1}$ . Donde se concluye que estas especies forestales de alguna manera contribuyen a la captura de carbono y esto conlleva a mitigar el calentamiento global en periodos largos

Revilla *et al.* (2021) determinó ecuaciones alométricas para biomasa de árboles proveniente de plantaciones de *Guazuma crinita* Mart, de 31 meses de edad, con un diámetro promedio de 13,33 cm, donde los resultados obtenidos mostraron una biomasa promedio de 28,76 kg.

Retana *et al.* (2019) al estimar la biomasa y carbono almacenado en un bosque primario en Costa Rica, donde los resultados fueron: la biomasa de hojarasca fue de 6,54 Mg/ha, esto equivalente al registro en campo de 3,9 kg, mientras en la vegetación herbácea se encontraron valores de 1,17 Mg/ha.

Hurtado (2019) realizó un estudio en un sistema agroforestal teniendo como componentes a las especies de *Coffea arabica* L. y *Eucalyptus saligna* de 4 años, donde se evaluaron la biomasa y reservas de carbono esto fue en la localidad de Naranjillo, Provincia Leoncio Prado, Huánuco, donde se instalaron 3 parcelas de  $100 \text{ m}^2$ , en el interior del sistema agroforestal que fueron destinados a estudiar la biomasa actual, para lo cual se estableció cuadrantes de  $1 \text{ m}^2$ , para la recolección de herbácea, y teniendo en cuenta la biomasa de hojarasca dentro del  $1 \times 1$ , se estableció cuadrantes de  $0,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$ , se concluye que la biomasa y el stock de carbono fue más notable en la parte aérea con un promedio de  $424,94 \text{ t ha}^{-1}$  y  $191,22 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente, mientras que la biomasa arbustivo/herbácea fue de  $2,36 \text{ t ha}^{-1}$  y  $1,06 \text{ t ha}^{-1}$  con respecto a la reserva de carbono, y al evaluar la hojarasca se obtuvo un valor de  $1,24 \text{ t ha}^{-1}$  de biomasa almacenada y  $0,56 \text{ t ha}^{-1}$  de carbono capturado,

Vicente (2018) estudio a la especie *T. grandis* para estimar la biomasa y almacenamiento de carbono utilizando el SIG y método indirecto, que consistió en estudiar 510 árboles provenientes de 12 edades, entre 1 a 17 años de edad. Donde los resultados mostraron que, existe diferencias estadísticas entre las plantaciones de edades diferentes de *T. grandis*, registrándose mayor biomasa en plantaciones de 11 y 13 años con 60,90 y 58,15 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Del castillo (2018) en la región de San Martín, realizó un estudio en plantaciones de 10 años de edad con especies de *Guazuma crinita*, *Vitex Sp*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Simarouba amara*, *Tectona grandis*, *Colubrina glandulosa*, *Eucalyptus urograndis*, *Calycophyllum spruceanum* con la finalidad de estimar la captura de carbono, para lo cual se evaluaron árboles con DAP mayor o igual a 10 cm, asimismo se tomaron datos de la altura total y comercial, donde los resultados mostraron que la especie *E. Urograndis* fue superior en la acumulación de biomasa aérea con 128,80 t ha<sup>-1</sup>, seguido por el *A. fraxinifolius* con 117,26 t ha<sup>-1</sup>, la *T. grandis* con 89,93 t ha<sup>-1</sup>, *C. glandulosa* con 4,94, *Vitex Sp* con 3,83 t ha<sup>-1</sup>, *G. crinita* con 2,19 t ha<sup>-1</sup>, *C. spruceanum* con 2.15 y la *S. amara* con 1,36 t ha<sup>-1</sup>.

Zavala *et al.* (2018) realizaron una investigación en Tingo María, considerando un sistema agroforestal con café, el objetivo de este estudio fue estimar la biomasa y el almacenamiento de carbono en esta área, la superficie del área fue 5 ha, para lo cual se instalaron tres transectos donde se realizaron evaluaciones. Teniendo en cuenta a los árboles vivos la biomasa fue de 148,10 t ha<sup>-1</sup>, mientras que en el componente café fue de 51,39 t ha<sup>-1</sup>, al evaluar la hojarasca se obtuvo un valor de 12,49 t ha<sup>-1</sup> de biomasa y 7,45 t ha<sup>-1</sup> de arbustiva, con un total de biomasa considerando todos los componentes arrojan un valor de 219,43 t ha<sup>-1</sup>; con la finalidad de estimar el carbono almacenado el estudio arrojó los siguientes valores: 0,95 t ha<sup>-1</sup> en arbustos, 1,90 t ha<sup>-1</sup> en hojarasca, 8,42 t ha<sup>-1</sup> en el componente café, 25,17 t ha<sup>-1</sup> para los árboles vivos y 148,24 en el suelo t ha<sup>-1</sup>, Donde al estudiar el carbono almacenado total en el sistema agroforestal con café fue de 184,68 t ha<sup>-1</sup>. Teniendo en cuenta que el mayor porcentaje de carbono almacenado fue en el suelo, mientras que las proporciones menores de captura de carbono fue en el componente arbustivo

Acuña (2018) realizó un estudio en plantaciones de *Acrocarpus fraxinifolius* wight et arn en Satipo – Perú con edades de 6 y 2 años, el objetivo fue estimar la “la biomasa y carbono almacenado, donde al evaluar presentaron los siguientes resultados:

En plantaciones de 6 años la biomasa de plantas con diámetros superiores a 2.5 cm, presento un valor de 3 037,22 kg/árbol promedio, con 303,72 t ha<sup>-1</sup>, mientras la biomasa herbácea (plantas con diámetros inferiores a 2,5 cm) registro un promedio de 0,08 t ha<sup>-1</sup>, por otra parte al evaluar la biomasa de hojarasca se estimó un promedio de 0,62 t ha<sup>-1</sup>, en biomasa de raicillas obtuvo una media de 0,81 t ha<sup>-1</sup>, siendo la biomasa vegetal total de 305,24 t ha<sup>-1</sup>. Por otra parte en *A. fraxinifolius* en dos años la biomasa en las plantas superiores a 2,5 cm de diámetro presentaron un promedio de 547,29 kg/árbol, con un 54,73 t ha<sup>-1</sup>, la biomasa herbácea encontró un valor promedio de 0,77 t ha<sup>-1</sup>, en el caso de la hojarasca fue de 0,29 t ha<sup>-1</sup>, en raicillas 1,63 t ha<sup>-1</sup>, con una biomasa vegetal total de 57,62 t ha<sup>-1</sup>.

Surco (2017) en su investigación en sistemas agroforestales con *Theobroma cacao* L, cuantificó el carbono almacenado en los diferentes componentes como la parte aérea, hojarasca y suelo a través de protocolos establecidos por el ICRAF, esto fue en Madre de Dios- Perú, para cual se establecieron 4 SAFs, donde los resultados obtenidos muestran que la parcela de 12 años con el componente Cacao, pashaco, castaña y achihua presento mayor acumulación de biomasa aérea con un valor de 166,60 t ha<sup>-1</sup>., además todo el aporte de la abundante hojarasca y porcentaje de biomasa en los SAFs con T cacao registran un aumento con respecto al tiempo, esto se da hasta alcanzar una edad determinada, mientras que el aumento de hojarasca fue en aumento a partir de una edad de 10 años, debido a que estos sistemas agroforestales tienen un pH que varía de 4, 00 a 4, 70 con el componente cacao. Asimismo los factores del sitio y del suelo son los que deciden la naturaleza de la zona y la capacidad útil del sitio para un rendimiento determinado, ya sea forestal o agrícola, ya que permiten evaluar la eficiencia y la cantidad de biomasa. Las partes de biomasa aérea fueron descritas por un amontonamiento de biomasa de 98,40 t ha<sup>-1</sup> en la evaluación mínima para el 95% de certeza de la parte aérea y varía entre 21,60 t ha<sup>-1</sup> y 218,40 t ha<sup>-1</sup>.

Oliva *et al.* (2017) estudiaron un sistema pastoril asociado con *Pinus patula* y *herbáceas*, de 8 a 10 años de edad, con una densidad de 4 x 4 m, donde las herbáceas



estuvo comprendido por el componente pastoril, donde los resultados con respecto a la biomasa aérea del pino fue de  $19,37 \text{ t ha}^{-1}$ , asimismo, al evaluar el componente arbustivo herbáceo fue de  $3,50 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras la hojarasca fue  $2,64 \text{ t ha}^{-1}$ , con una biomasa vegetal total de  $25,51 \text{ t ha}^{-1}$ .

Rimarachín (2017) en Moyobamba, San Martín, en su estudio tuvo como objetivo primordial crear modelos alométricos para cuantificar la biomasa y carbono almacenado en un ecosistema forestal de *Eucalyptus torelliana*, donde al determinar la ecuación adecuada para la biomasa en materia seca, los resultados muestran que para que la biomasa arbórea total fue de 153,47 toneladas de materia seca por hectárea, la biomasa de herbácea (maleza) fue de  $1,83 \text{ t ha}^{-1}$ , y hojarasca de  $9,99 \text{ t ha}^{-1}$ .

Fluker y Sánchez (2016) realizaron una investigación en Amazonas, donde trabajo en un sistema silvopastoril asociado con *Alnus acuminata* con una edad de 6 años, donde concluye que al estimar en la población la biomasa arbórea fue de 15,863.13 kg totales de árboles, correspondiente a  $9,45 \text{ t ha}^{-1}$ , la biomasa herbácea presento  $0,014 \text{ t ha}^{-1}$ , la hojarasca fue de  $0,006 \text{ t ha}^{-1}$ .

López *et al.* (2016) al estudiar plantaciones de *Hevea brasiliensis* con edades de 5, 9, 15, 25, 32 y 51 años, donde es estudio comprendio en cuantificar la biomasa aerea y carbono capturado a través de evaluaciones que inmplican dentro de un inventario para obtener modelo alométricos. Obteniendo una variación en cálculo de la biomasa en las diferentes edades, donde en *H. brasiliensis* de 51 años fue de  $527,96 \text{ t ha}^{-1}$ , en la de 32 años se registró un valor de  $310,71 \text{ t ha}^{-1}$ , en la edad de 25 años fue de  $249,44 \text{ t ha}^{-1}$ , en 15 años de edad fue de  $222,93 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que en la edades de 9 y años, se registró una biomasa de 73,50 y  $53,96 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente.

Rodríguez (2014) al estudiar el potencial de carbono capturado en *C. spruceanum*, determino que , que la especie en estudio obtuvo un promedio de 178,92 kg/árbol, con un total de 715,69 kg/árbol en la parcela, en toneladas por hectárea se

registró un valor  $7,17 \text{ t ha}^{-1}$ . Con respecto a la biomasa de hojarasca presentaron  $14,92 \text{ t ha}^{-1}$  en promedio de las parcelas.

Gorbitz (2011) en su estudio en el distrito de Aguaytia donde determino las cantidades de carbono almacenado en la biomasa aérea en plantaciones de 8 años de *C. spruceanum* en dos estratos, donde determino que, la biomasa arbórea fue de  $38,111 \text{ t ha}^{-1}$  y  $77,676 \text{ t ha}^{-1}$  en el estrato I y II respectivamente. Mientras en la biomasa herbácea se encontró un valor promedio de  $1,78 \text{ t ha}^{-1}$  y  $2,56 \text{ t ha}^{-1}$ . Asimismo el estrato II y I presento valores de  $14,32 \text{ t ha}^{-1}$  y  $10,482 \text{ t ha}^{-1}$  de biomasa de hojarasca, esta variación entre estratos es debido a que en el estrato II hay superior contribución de hojas de los individuos de *C. spruceanum*, asimismo que existe un deterioro más lenta en dicho estrato.

Quitorán (2009), en “Determinación del Potencial de Captura de Carbono en cinco especies Forestales de dos Años de Edad, *Cedrela odorata*, *Calycophyllum spruceanum*, *Tectona grandis*, *Swietenia macrophylla* y *Guazuma crinita*, en San Martín 2009”. Concluye que con respecto a la variable de biomasa arbórea viva  $\text{t ha}^{-1}$ , muestran diferencias estadísticas entre las especies estudiadas siendo la mejor la especie *G crinita* con  $4,76 \text{ t ha}^{-1}$ , de igual manera ocurre con la *T grandis* obtuvo  $4,23 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que *C sprucenaun* registro un promedio de  $1,48 \text{ t ha}^{-1}$ .

### III. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

Se desarrolló en dos plantaciones de *C. spruceanum* (Benth.) de dos edades diferentes, la plantación de 8 años con un superficie de 5000 m<sup>2</sup>, ubicado en el Fundo Santa Beatriz (Naranjillo), a 7 km. de Tingo María, Distrito de Luyando en la Provincia de Leoncio Prado, Región de Huánuco. Por otra parte la otra plantación de 11 años se encuentra ubicado en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD), políticamente se encuentra ubicado en el Distrito José Crespo y Castillo, Provincia Leoncio Prado, Región Huánuco.

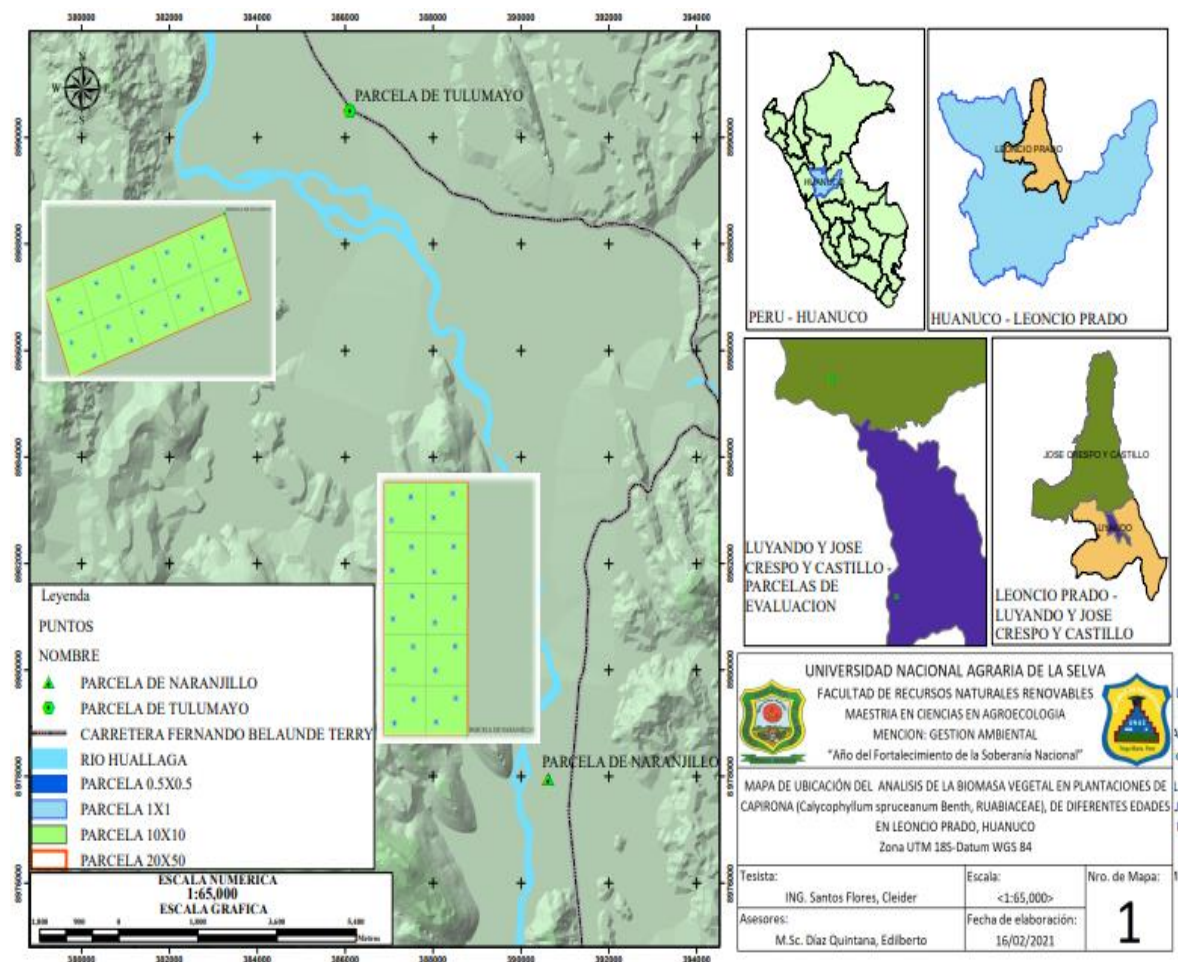


Figura 1. Ubicación de las plantaciones de *C. spruceanum*

Geográficamente, se encuentra ubicada en la siguiente coordenada:

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de la zona en estudio

Edad	Coordenada		Altitud (m.s.n.m.)
	(Centroides de las parcela)		
	Este	Norte	
8	0390627	8977947	646
11	0386149	8990512	616

### 3.1.1. Zona de vida

Según lo indicado por Holdridge (1986), en su esquema bioclimático, según el orden de las zonas de vida, ambos distritos se encuentra con desarrollos de vegetación de Bosques muy húmedo Pre montano Tropical (bmh - PT).

## 3.2. Tipo, nivel y diseño de investigación

### 3.2.1. Tipo de investigación

**Aplicada**, porque se basa de los conocimientos obtenidos en la investigación básica concerniente métodos de estimación de la biomasa vegetal, con la finalidad de brindar datos importantes que pueden ser aplicados en futuros proyectos o estudios o concerniente a captura o bonos de carbono. Tomando como referencia a Pineda *et al.* (1994), expresa que la exploración aplicada es la que se completa con el objetivo final de hacer crecer la información lógica en un campo particular del mundo real, a la luz del avance de la ciencia fundamental. Los logros de la investigación aplicada amplían la información sobre un campo particular, permitiendo que la información científica sea utilizada en términos viables.

### **3.2.2. Nivel de investigación**

Descriptivo, ya que se buscó estudiar la biomasa vegetal y comparar en plantaciones de *C. spruceanum* en edades diferentes. Teniendo como referente teórico a Hernández *et al.* (2004) quien indica que las investigaciones con carácter descriptivos se concentra en buscar determinar las propiedades significativas de las poblaciones o cualquier peculiaridad que sea sumiso a análisis, esto conlleva a la evaluación y medición de diferentes ángulos, aspectos o partes de la peculiaridad o peculiaridades a investigar. Según la perspectiva científica

### **3.2.3. Diseño de investigación**

No experimental, longitudinal descriptivo porque las evaluaciones fueron en un periodo de tiempo, donde se estimó la biomasa vegetal, con la finalidad de analizar en ambas edades de plantaciones de *C. spruceanum*. Sustentado en Hernández (2004) que indica que la investigación no experimental es “son estudios que se ejecutan sin alterar o manipular variables. Lo que se realizar es evaluar fenómenos en un contexto natural tal y como se observan para después ser analizados.

Según lo mencionado por Bernal (2010) manifiesta que los estudios longitudinales consisten en obtener registros de alguna población en diferentes momentos en periodo de tiempo determinado, con el objetivo de analizar estos cambios a través del tiempo.

## **3.3. Población y Muestra**

### **3.3.1. Población:**

Plantaciones de 8 y 11 años de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum con una un área de 0.5 ha y 1 ha respectivamente.

### **3.3.2. Muestra:**

Parcela de 50 m x 20 m, teniendo una área de 0.1 ha para cada plantación

### **3.3.3. Tipo de muestreo**

Probabilístico, con muestreo aleatorio simple porque cualquier área de la superficie total de ambas tuvieron la posibilidad de ser integradas a la muestra para estimar la biomasa por su parte Hernández *et al* (2004) menciona que este tipo de muestreo busca que todos los elementos de la población deben tener la misma oportunidad de ser seleccionados.

### **3.4. Técnicas y instrumentos estadísticos**

Los resultados fueron expresados en tablas y figuras, asimismo se usó la estadística descriptiva como valores de promedios, máximos, mínimos. También se empleó una prueba paramétrica T student que permitió comparar información sobre la biomasa vegetal total de plantaciones de capirona de edades diferentes

Los datos fueron procesados a través del software Microsoft Excel 2013 y Infostat el cual permitió ordenar e interpretar los datos de acuerdo a los objetivos establecidos, y que fueron presentados en Tablas

### **3.5. Variables de estudio**

#### **3.5.1. Variable independientes**

Edad de la plantación

#### **3.5.2. Variable dependientes**

Biomasa arbórea viva (kg)

Biomasa arbórea viva (t/ha)

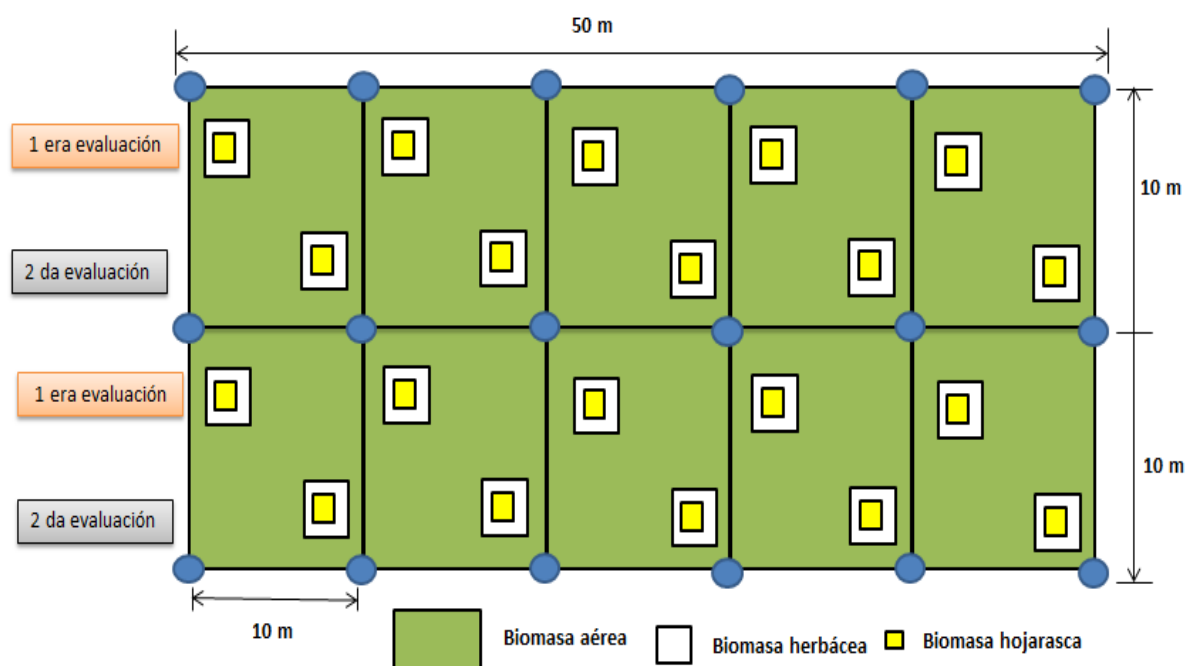
Biomasa herbácea (t/ha)

Biomasa de hojarasca (t/ha)

### 3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

#### 3.6.1. Procedimiento

Para cada una de las parcelas de *C. spruceanum* de 8 y 11 años, para lo cual se instalaron parcelas temporales de forma rectangular con una superficie de 0,1 ha (20 m x 50 m). Dentro de cada parcela se realizó el conteo de individuos de *C. spruceanum* y se registró el DAP (Diámetro a la Altura del Pecho en centímetros)



**Figura 2.** Parcela de 50 m x 20 m

Siguiendo lo establecido por el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (Arévalo *et al*, 2002), se evaluó la biomasa vegetal, que estuvo comprendida por la biomasa arbórea, herbácea y hojarasca.

#### a- Biomasa arbórea

Para la estimación de la biomasa arbórea se consideró todos los individuos con diámetros superiores a 2.5 cm, cave recalcar que dicho individuos estuvieron en el interior de la parcela de 50 m x 20 m. registrándose 49 y 55 árboles en plantaciones de *C. spruceanum* en 8 y 11 años respectivamente.

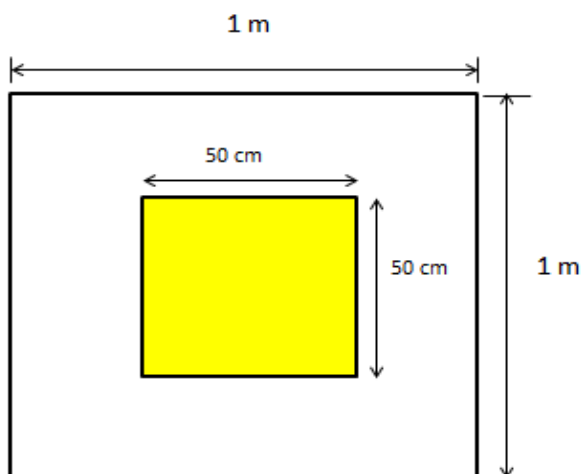
### **b- Biomasa herbácea**

Teniendo en cuenta el material vegetal arbustivo y herbáceo, como etapa inicial se procedió a limpiar toda la parcela de 50 m x 20 m en ambas plantaciones de edades diferentes, con la finalidad de uniformizar el crecimiento de herbáceas evaluando en periodo de 2 y 4 meses, donde se reconoció de hierbas/arbustos/gramíneas, inferiores a 2,5 cm de diámetro. Para lo cual se realizó un muestreo directo en cuadrantes de 1 m x 1 m, distribuidos dentro de cada sub parcela de 10 x 10 m, donde se procedió a recortar toda la vegetación al ras del suelo, donde se registró el peso total de la muestra para luego ser llevado en sobres a una estufa a 75 °C durante 24 horas para su respectivo secado.

### **c- Biomasa de hojarasca**

Consistió en cuantificar la capa de mantillo u hojarasca y otros materiales muertos (ramillas, ramas), a través de cuadrantes de 50 cm x 50 cm que fueron colocado en la parte interna de cuadrantes para herbácea de 1 m x 1 m (Figura 3). Posterior se procedió a colocar la hojarasca recolectada en sobres de papel para registrar el peso fresco total. Para posterior ser llevados la estufa a una temperatura de 75 ° C para registrar el peso seco





**Figura 3.** Trampas para herbácea y hojarasca

### 3.6.2. Cálculos de la biomasa vegetal

Arévalo *et al.* (2002) teniendo en cuenta por el ICRAF, la biomasa arbórea, herbácea y hojarasca serán mediante las siguientes formulas:

#### a. Biomasa arbórea viva ( $\text{kg árbol}^{-1}$ )

$$BA = 0.1184DAP^{2.53}$$

Dónde:

BA = Biomasa de árboles vivos en pie (kg)

0.1184 = Constante

DAP = Diámetro a la altura del pecho (1.30 cm)

2.53 = Constante

#### b. Biomasa arbórea viva ( $\text{t ha}^{-1}$ )

Se sumara la biomasa arbórea de todos los arboles evaluados por parcela establecida de 50 m x 20 m

$$BAVT (\text{kg.}) = BA_1 + BA_2 + \dots + BA_n$$

Dónde:

BAVT = Biomasa de árboles vivos en kg

BA = Biomasa de árboles

**Para la parcela de 50 m x 20 m**

$$\text{BAVT (t ha}^{-1}\text{)} = ((\text{BAVT (kg) / 1000 kg}) * 10000 \text{ m}^2) / 1000 \text{ m}^2$$

$$\text{BAVT (t ha}^{-1}\text{)} = \text{BTAV} * 0.01$$

Dónde:

BAVT = Biomasa de árboles vivos en t ha<sup>-1</sup>

BTVA = Biomasa total de la parcela

0.01 = Factor de conversión de la parcela 50 x 20 m

**c. Biomasa arbustiva / herbácea (t ha<sup>-1</sup>)**

$$\text{BAH (t ha}^{-1}\text{)} = [(\text{PSM} / \text{PFM}) * \text{PFT}] * 0.01$$

Dónde:

BAH = Biomasa arbustiva/ herbácea, materia seca (t ha<sup>-1</sup>)

PSM = Peso seco de la muestra colectada (g)

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (g)

PFT = Peso total por metro cuadrado (g)

0.01 = Factor de conversión cuando es de 1 m x 1m

**d. Biomasa de la hojarasca (t ha<sup>-1</sup>)**

$$\text{Bh (t ha}^{-1}\text{))} = [(\text{PSM} / \text{PFM}) * \text{PFT}] * 0.04$$

Dónde:

Bh = Biomasa de la hojarasca, materia seca (t ha<sup>-1</sup>)

PSM = Peso seco de la muestra colectada (g)

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (g)

PFT = Peso total por metro cuadrado (g)

0.04 = Factor de conversión cuando es de 0.5 m x 0.5 m

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Biomasa arbórea en plantaciones de *C. spruceanum*, de diferentes edades.

En la **Tabla 2**, se muestra estadísticos descriptivos de la biomasa arbórea en plantaciones de *C. spruceanum*, donde en la plantación de 8 años se registró una media de 147,62 kg promedio en 49 árboles, con un valor mínimo de 10,51 y un máximo de 352,93 kg, con un total de 7 233,60 kg de BAVT, y 72,34 t ha<sup>-1</sup> de BAVT. Por otra parte la plantación de 11 años presento una media de 267,46 kg de 55 individuos, con mínimo de 6,08 kg y máximo de 557,55 kg, con un total de 14 710,31 kg de BAVT, equivalente a 147,10 t ha<sup>-1</sup>. Estos valores teniendo en cuenta a la plantación de 8 años fue inferior a lo obtenido por Rodríguez (2014) donde al evaluar a la especie *C. spruceanum* encontró un promedio de biomasa arbórea de 178,92 kg/árbol, con respecto a lo reportado por Gorbitz (2011) donde la misma especie estudiada por estratos a una edad de 8 años, en unos de los estratos presentaron una biomasa de 77,67 t ha<sup>-1</sup>, valores inferiores obtuvo Quitoran (2009) en especies de 2 años de edad, siendo la *G. crinita* con 4,76 t ha<sup>-1</sup>, la *T. grandis* con 4,23 t ha<sup>-1</sup>, mientras *C. spruceanum* con 1,48 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos la biomasa arbórea en plantaciones *C. spruceanum*

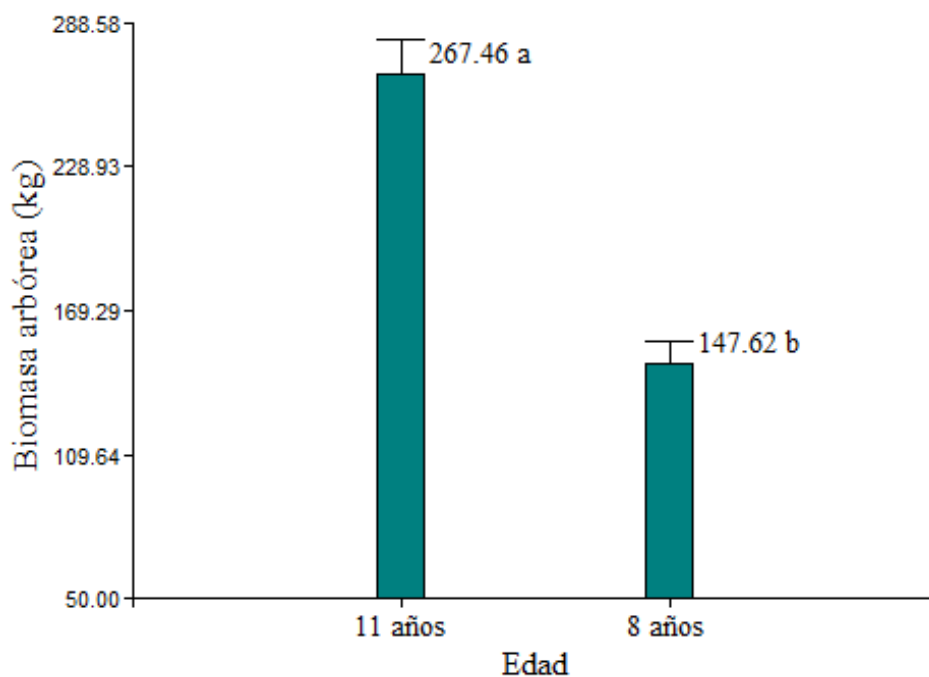
Edad	N	Media	E.E	C.V (%)	Mínimo	Máximo	BAVT (Kg.)	BAVT (t ha <sup>-1</sup> )
8 años	49	147,62	8,77	41,56	10,51	352,93	7 233,60	72,34
11 años	55	267,46	13,99	38,78	6,08	557,55	14 710,31	147,10

Teniendo en cuenta la biomasa arbórea individual (kg) en plantaciones de *C. spruceanum* en edades diferentes, al realizar el test de Student (**Tabla 3**) para dos muestras independientes. Donde existe evidencias altamente significativa (p valor=0.0001) entre las medias de las edades (8 y 11 años) de la biomasa arbórea. Donde se registró mayor biomasa arbórea en plantaciones de 11 años con una media de 267,46 kg (**Figura 4**). Esto difiere a lo alcanzado por Trinidad *et al.* (2021) Donde reportaron valores inferiores de 161 kg ha<sup>-1</sup>, 134 kg ha<sup>-1</sup> y 130 kg ha<sup>-1</sup> para *T. grandis*, *G. arborea* y *E. cyclocarpum* en plantaciones tropicales de 12 años, comparado a Revilla *et al.* (2021) donde reportan valores de 28,76 kg de biomasa en plantaciones de

*G crinita* de 31 meses de edad, mientras Vicente (2018) registro mayor biomasa aérea en plantaciones *T. grandis* con una edad 11 y 13 años con  $60,90 \text{ t ha}^{-1}$  y  $58,15 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente. Valores superiores, encontró Del Castillo (2018), en la especie *Eucalyptus Urograndis* con una acumulación de biomasa aérea de  $128,80 \text{ t ha}^{-1}$ , valores superiores obtuvo López *et al.* (2016) en *Hevea brasiliensis*, en edades de 32 y 25 años con una biomasa de  $527,96 \text{ t ha}^{-1}$  y  $310,71 \text{ t ha}^{-1}$  respetivamente. Estas diferencias de debe a que los ecosistemas forestales mientras aumente el tiempo, son más vigorosos, lo que conlleva que haya mayor producción de biomasa, donde los ecosistemas con mayor desarrollo presentan valores altos de incremento en su biomasa.

**Tabla 3.** Prueba T student para la biomasa arbórea en plantaciones de *C. spruceanum*

Edad	N	Media	D.E	pHomVar	T	Gl	Sig.(bilateral) p-valor
8	49	147.6247	61.35696	0.0003	-1.73	102	0.0001
11	55	267.4607	103.73113				



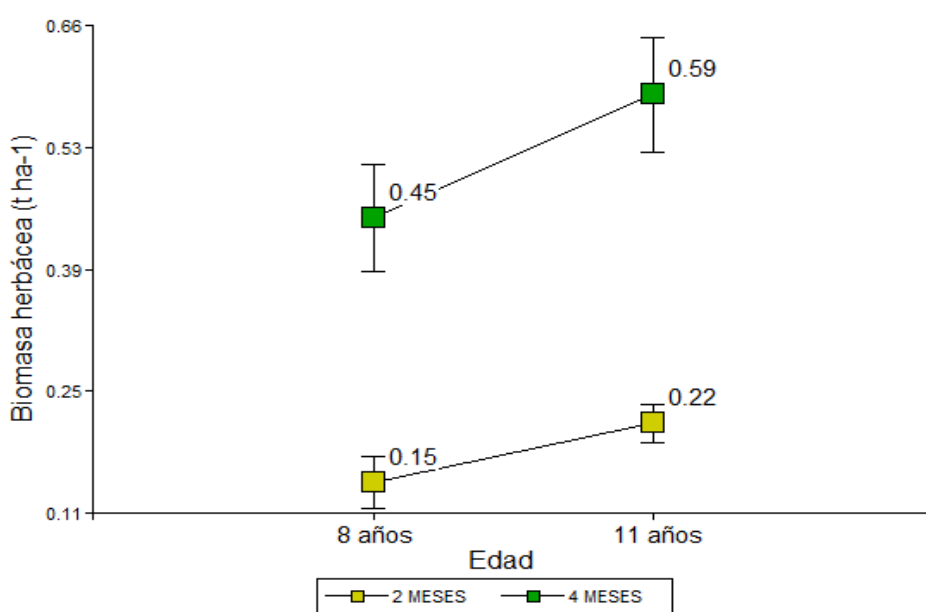
**Figura 4.** Comparación de medias de la biomasa arbórea (kg) en plantaciones de *C. spruceanum*

#### 4.2. Biomasa herbácea en plantaciones de *C. spruceanum* de diferentes edades.

Al evaluar la biomasa herbácea ( $t\ ha^{-1}$ ) registrada en ambas plantaciones de *C sprucenaun*, donde se registró en dos periodos de tiempo, donde la plantación de 8 años, presento un promedio de  $0,15\ t\ ha^{-1}$ , mínimo  $0,06\ tha^{-1}$  y máximo de  $0,36\ t\ ha^{-1}$  a los 2 meses, mientras a los 4 meses se registró una biomasa promedio de  $0,45\ t\ ha^{-1}$ , con un valor mínimo de  $0,17\ t\ ha^{-1}$  y máximo  $0,73\ tha^{-1}$ . Por otro parte la plantación de 11 años a los dos meses se evidencio un promedio de 0.21 con un mínimo de 0,11 y un valor máximo de 0,32, teniendo en cuenta después de 4 meses se registró una biomasa promedio de 0,59, con un valor mínimo de 0,30 y máximo de 0,96 (Tabla 4 y Figura 5).

**Tabla 4.** Estadísticos descriptivos de la biomasa herbácea ( $t\ ha^{-1}$ ) en plantaciones de *C. spruceanum*

Edad	Tiempo	N	Media	E.E	C.V (%)	Mínimo	Máximo
8 años	2 meses	10	0,15	0,09	62,76	0,06	0,36
	4 meses	10	0,45	0,19	42,94	0,17	0,73
11 años	2 meses	10	0,21	0,07	31,56	0,11	0,32
	4 meses	10	0,59	0,20	34,96	0,3	0,96



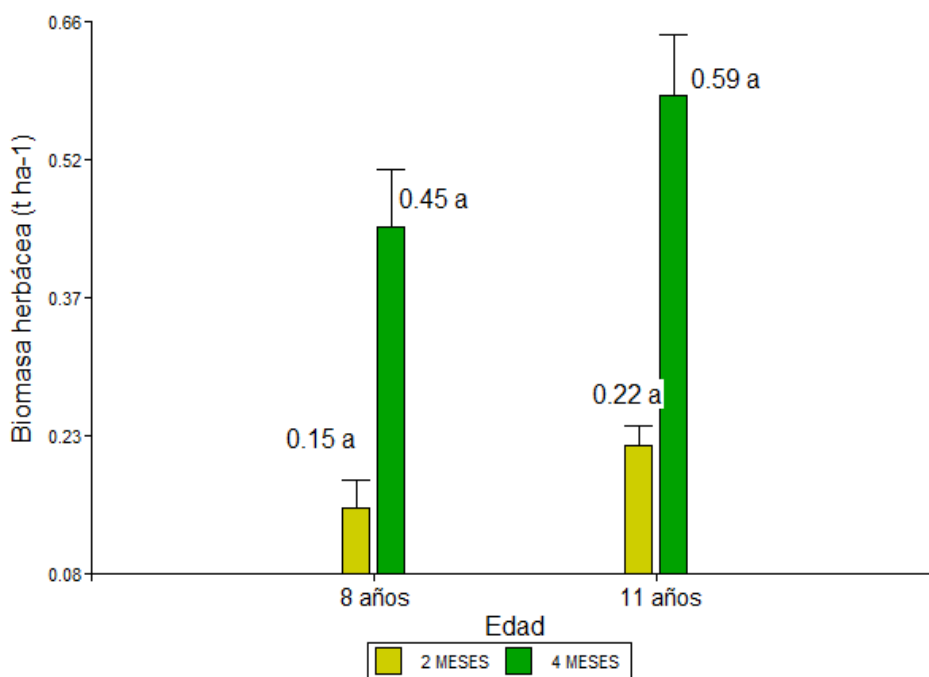
**Figura 5.** Biomasa herbácea ( $t\ ha^{-1}$ ) en plantaciones de *C. spruceanum*

En la **Tabla 5** y **Figura 6**, se muestra el test de Student, donde se registró que no existe evidencias significativas, sobre la biomasa de herbácea a los 2 meses (p valor= 0.09), de igual manera ocurre a los 4 meses no se registró diferencias estadísticas (p valor= 0.13). Valores semejantes obtuvo Acuña (2018) en *Acrocarpus fraxinifolius* de 6 y 2 años, con 0,08 t ha<sup>-1</sup> y 0,77 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Estos valores obtenidos en la investigación son inferiores a lo comparado por Retana *et al.* (2019) donde registro una biomasa herbácea de 1,17 materia seca por hectárea en bosque primario, sin embargo, Hurtado (2019) en un sistema agroforestal con *Coffea arabica* y *Eucalyptus saligna* de 4 años encontró un valor de 2,36 t ha<sup>-1</sup>, de igual manera con Rimarachin (2017) en *Eucalyptus torelliana*, la biomasa de herbácea (maleza) fue de 1,83 t ha<sup>-1</sup>

Estas diferencias pueden ser en que el microclima en ambos no son iguales, lo que esto beneficia al desarrollo y crecimiento de la biomasa, además las características climáticas como la luz, ph, humedad del aire, etc. contribuyen en la producción de biomas.

**Tabla 5.** Prueba T student para la biomasa de herbácea (t ha<sup>-1</sup>) en plantaciones de *C. spruceanum*

Tiempo	Edad	Media	D.E	pHomVar	T	gl	Sig. (bilateral) p-valor
2 meses	8	0.15	0.09	0.35	-1.73	18	0.090
	11	0.21	0.07				
4 meses	8	0.45	0.19	0.85	-3.59	18	0.130
	11	0.59	0.2				



**Figura 6.** Comparación de medias de la biomasa herbácea ( $t\ ha^{-1}$ ) en plantaciones de *C. spruceanum*

#### 4.3. Biomasa de hojarasca de plantaciones de *C. spruceanum*, de diferentes edades.

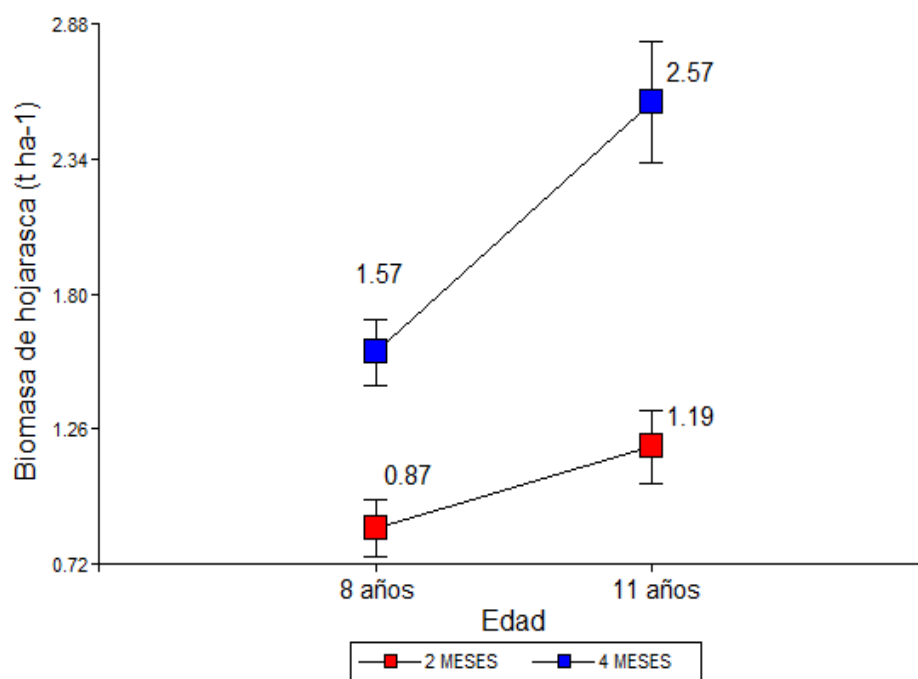
Con respecto del aporte de hojarasca, en la **Tabla 6** se muestra los estadísticos descriptivos, donde la plantación de 8 años presento una media de  $0,87\ t\ ha^{-1}$ , con un mínimo de  $0,48\ t\ ha^{-1}$  y un máximo de  $1,72\ t\ ha^{-1}$ , mientras que a los 4 meses de evaluación se registró un promedio de  $1,57$ , mínimo de  $0,76$  y máximo de  $2,20\ t\ ha^{-1}$ . Con respecto a la plantación de 11 años, al evaluar a los dos meses presento un promedio de  $1,19\ t\ ha^{-1}$ , con un mínimo de  $0,56$  y un valor máximo de  $2,20$ , sin embargo a los 4 meses se registró un promedio de  $2,57\ t\ ha^{-1}$ , con un mínimo de  $1,56\ t\ ha^{-1}$  y un valor máximo de  $4,00\ t\ ha^{-1}$ . Estos valores fueron superiores a lo encontrado por Acuña (2018) en *Acrocarpus fraxinofolius* de 6 y 2 años, donde la plantación de 6 años presento  $0,62\ t\ ha^{-1}$ , y la de 2 años fue de  $0,29\ t\ ha^{-1}$ , mientras valores superiores encontró Oliva *et al.* (2017) en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus* con una biomasa de la hojarasca de  $2,64\ t\ ha^{-1}$ , mientras Fluker y Sánchez registraron valores inferiores en un sistema silvopastoril con *Alnus acuminata* con una edad de 6 años, la hojarasca fue de  $0,006\ t\ ha^{-1}$ , por su parte Surco (2017) manifiesta que en sistemas



agroforestales a comparación de plantaciones, estas aumentan a través del tiempo hasta alcanzar una cierta edad, mientras Sarango y Tenempaguay (2020) manifiestan que conocer la cantidad de hojarasca tiene gran importancia ya que esta actúa como un sistema de almacenamiento de carbono y nutrientes.

**Tabla 6.** Estadísticos descriptivos de la biomasa de hojarasca ( $t\ ha^{-1}$ ) en plantaciones de *C. spruceanum*

Edad	Tiempo	N	Media	E.E	C.V (%)	Mínimo	Máximo
8 años	2 meses	10	0,87	0,12	41,90	0,48	1,72
	4 meses	10	1,57	0,13	27,05	0,76	2,20
11 años	2 meses	10	1,19	0,15	39,19	0,56	2,20
	4 meses	10	2,57	0,24	30,06	1,56	4,00

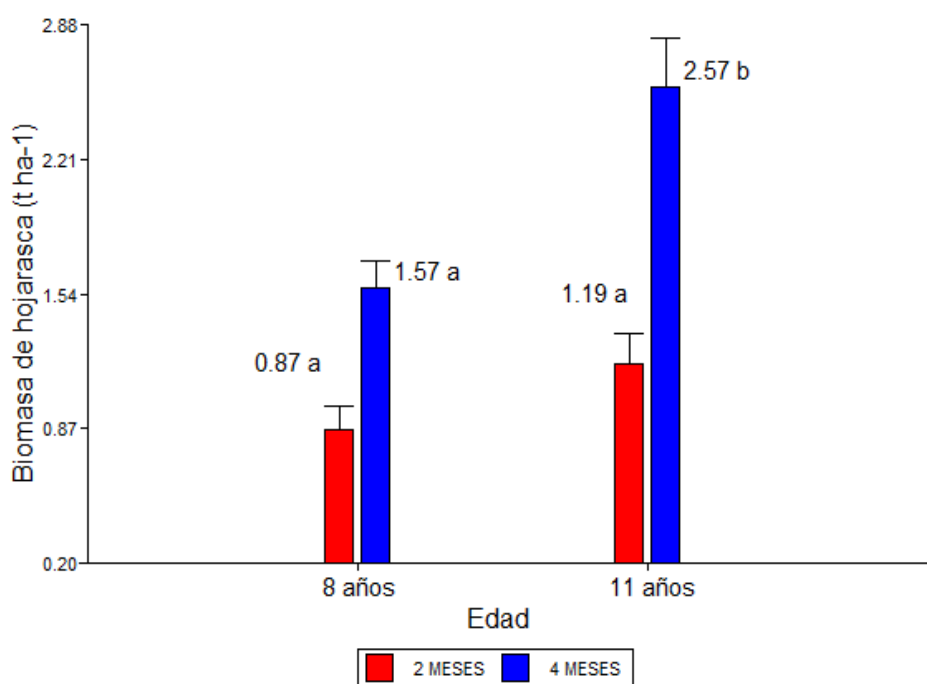


**Figura 7.** Biomasa de hojarasca ( $t\ ha^{-1}$ ) en plantaciones de *C. spruceanum*

Al realizar una comparación de medias en la biomasa de hojarasca en plantaciones de 8 y 11 años a través del test de Student para dos muestras dependientes. Donde a los dos meses no muestran una diferencia estadística, sin embargo a los 4 meses de evaluación se registró diferencia estadística con respecto a la plantación de 11 años siendo superior con  $0,77 \text{ t ha}^{-1}$  (**Tabla 7 y Figura 8**)

**Tabla 7.** Prueba T student para la biomasa de hojarasca ( $\text{tha}^{-1}$ ) en plantaciones de *C. spruceanum*

Tiempo	Edad	Media	D.E	pHomVar	T	gl	Sig. (bilatera l) p-valor
2 meses	8	0.87	0.36	0.47	-1.73	18	0.100
	11	1.19	0.47				
4 meses	8	1.57	0.42	0.09	-3.59	18	0.000
	11	2.57	0.77				



**Figura 8.** Comparación de medias de la biomasa de hojarasca ( $\text{tha}^{-1}$ ) en plantaciones de *C. spruceanum*

## V. CONCLUSIONES

1. La biomasa arbórea en la plantación de 8 años fue de 147,62 kg promedio en 49 árboles, con una BAVT de 7 233.60 kg, y 72,34 t ha<sup>-1</sup> de BAVT. Por otra parte la plantación de 11 años presento una media de 267,46 kg de 55 individuos, con una BAVT de 14 710.31 kg, equivalente a 147,10 t ha<sup>-1</sup>. Siendo estadísticamente superior en la plantación de 11 años.
2. En la plantación de 8 años presento una biomasa herbácea de 0,15 t ha<sup>-1</sup> y 0,45 t ha<sup>-1</sup> a los 2 y 4 meses, mientras en la de 11 años fue de 0,21 t ha<sup>-1</sup> y 0,59 t ha<sup>-1</sup> promedio, no registrando diferencias estadísticas en ambas plantaciones.
3. La biomasa de hojarasca en la plantación de 8 años fue de 0,87 t ha<sup>-1</sup> y 1,57 t ha<sup>-1</sup> promedio a los dos y 4 meses, en la de 11 años fue de 1,19 t ha<sup>-1</sup> y 2,57 t ha<sup>-1</sup>, registrándose diferencia estadística a los 4 meses siendo superior en la plantación de 11 años

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

- Realizar evaluaciones periódicas de la biomasa vegetal con la finalidad de ver la variación en plantaciones forestales de acuerdo al tiempo.
- Crear ecuaciones alométricas propias de cada especie con la finalidad estimar la biomasa y carbono almacenado en plantaciones futuras.
- Estudiar la biomasa del suelo para ver el aporte de nutrientes.
- Realizar estudios comparativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas en plantaciones forestales.
- Considerar los factores edafoclimáticos, calidad de sitio en las instalaciones de plantaciones forestales.
-

## VII. REFERENCIAS

- Acuña, N. (2018). *Biomasa y carbono en plantaciones de Acrocarpus fraxinifolius wight et arn, en edades diferentes en Satipo* [Tesis pre grado, Universidad Nacional del Centro del Perú] Repositorio UNCP.  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5304>
- Álvarez, E. (1993). Composición florística, diversidad, estructura y biomasa de un bosque inundable, en la Amazonia Colombiana. Trabajo de tesis para optar por el título de magister, Area Ecología. Universidad de Antioquia
- Anderson, J., Ingram, J. (1993). Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. CAB international, Uk.
- Arévalo, L., Alegre, J. y Palm, CH. (2002). Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Publicación de STC - CGIAR Ministerio de agricultura. Pucallpa, Perú.
- Arguedas, M. M. (2011). La huella de carbono del Instituto Tecnológico de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana*, 9 (22): 51-59.
- Aróstegui, A. (1987). Estudio de trabajabilidad de la madera de selva baja (Zona Pucallpa) IIAP-Pucallpa y CENFOR XII. Pucallpa.
- Balboa-Murias, M.A., Rojo, J.G., Álvarez-González, A.M. (2006). Carbon and nutrient stocks in mature *Quercus robur* L. stands in NW Spain. *Annals of Forest Science*. 63:557-565.

- Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación. Tercera edición.
- Brown, S.; Lugo, A. E. (1999). The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in de global carbon cycle. *Biotropica*.
- Cifuentes, J. M. (2010). ABC del cambio climático en Mesoamérica. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico / CATIE.
- Chapin, S., Manson, P. y Mooney, H. (2011). Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. New York: Springer Science & Business Media, New York, Inc.
- Cuenca, M. E., Jadán, O., Cueva, K. y Aguirre, C. (2014). Carbono y ecuaciones alométricas para grupos de especies y bosque de tierras bajas, Amazonía Ecuatoriana. *CEDAMAZ*, 4 (1): 21-31.
- Del castillo, S. (2018). Captura de carbono en plantas forestales de 10 años de edad en el I.E.S.T.P. Nor oriental de la selva, distrito de La Banda de Shilcayo – provincia y región San Martín, agosto – octubre 2018. [Tesis pre grado, Universidad de Huanuco] Repositorio UDH  
[repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1489;jsessionid=6CE51D5902CFC3183B42BD2979C053DF](https://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1489;jsessionid=6CE51D5902CFC3183B42BD2979C053DF)
- Del Valle-Arango, J.L. (2003). Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico Colombiano. *Interciencia*, 28 (3):148-153.
- Facelli, J.M y Pickett, S.T. (2008). Plant litter: its dynamics and effects on plant community. *Botanical Review*, 67(1):1-32.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. Situación de los bosques del mundo. (en línea). Consultado el 11 de octubre del 2010. Disponible en <http://www.fao.org/icatalog/inters.Htm>
- Figueroa, N. C. M., Ángeles, P. G., Velázquez, M. A., y De Los Santos, P., H. M. (2010). Estimación de la biomasa en un bosque bajo manejo de *Pinus patula* Schltdl. et Cham. en Zacualtipán, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(1): 147 -157.
- Fluker, R., Sánchez, V. (2016) Captura de carbono EN un sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata*), en el distrito de Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas 2016. [Tesis pre grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas] Repositorio UNTRM  
<http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1221>
- Fonseca, G. W., Alice, G. F. y Rey, B. J. M. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque*, 30 (1): 36-47.
- Gayoso, J. (2002). Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. *Revista Foresta Iberoamericana* Vol. 1 No 1. Chile.
- Gómez-García, E., Pérez-Rodríguez, F. (2015). Evolución de la biomasa y del carbono acumulado por *Quercus robur* en Galicia (España). *Bosque*. 36(1):255-264.
- Gorbitz, G. (2011). Determinación de las Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea en Plantaciones de 8 años de *Calycophyllum spruceanum* . en el Valle del Aguaytía.

[Tesis pre grado, Universidad Nacional Agraria de la Molina] Repositorio UNALM.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1670>

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2004). Metodología de la investigación.

Herrera, M. (2002). Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Porce II. [Tesis pre grado, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín] Repositorio UNAL

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2975>

Hurtado, P. (2019). Reserva de biomasa y captura del carbono de un sistema agroforestal de *Coffea arabica* L. y *Eucalyptus saligna*, Naranjillo, 2018. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de San Martín]. Tesis no publicada.

<https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3765>

Isaac, S.R y Nair, M.A. (2006). Litter dynamics of six multipurpose trees in a homegarden in Southern Kerala, India. *Journal of Agroforestry System*. 67, 203-213.

Jaramillo, V.J. (2004). El Ciclo Global del Carbono. Una Visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. 1ª Ed. México. p 76-85.

León-Rico, R. (2003). Efectos de la descomposición, la frugívora y la remoción de frutos y semillas de especies arbóreas sobre los patrones de descomposición in



- situ en el suelo de la selva humedad, en: *Ecología del Suelo en la Selva Tropical Humeda de México*, Álvarez - Sánchez, J y E. Naranjillo. García (eds). Instituto de Biología. Facultad de Ciencias. Instituto de Ecología, AC, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 89-107
- López, L., Domínguez, M., Martínez, P., Zavala, J., Gómez, A., & Posada, S. (2016). Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) De diferentes edades. *Madera y Bosques*, 22, 3, 49-60.
- Lugo, A. (1992). Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs*. 62(1): 1-41.
- Pardos, A. J. (1999). Ante un cambio climático: papel de los montes arbolados y los productos forestales en la retención del carbono. *Investigación Agraria Sistemas y Recursos Forestales*, 1: 93 - 99.
- Pérez, D.M.E., Ruiz, E.M., Pisco, G.P. (2015). Almacenamiento y fijación de carbono en una plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa*) y palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en campus de la universidad nacional de Ucayali. *Revista científica TZHOECOEN*. 6:153-164.
- Pineda, E., Alvarado, E., Canales, F. (1994). *Metodología de la investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud*. 2ª. Edición.
- Pons, J. (2005). La biomasa como fuente de energía renovable, en *Anales de la Real Academia Española para la Química*. 32-40

- Reynel, C; Pennington, T.D; Pennington, R.T; Flores, C; Daza, A. (2003). Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos. Darwin Initiative, ICRAF. Lima, Perú. 509p.
- Retama, L., Méndez, A., Sánchez, H., Montero, W., Barquero, A., Hernández, L. (2019). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un bosque primario intervenido de la zona protectora "El Rodeo", Costa Rica. Rev. CFORES. 7(3): 341-353
- Revilla, J., López, E., Guerra, W., García, D., Rojas, K., Domínguez, G., Abanto, C. (2021). Modelos alométricos de biomasa de árboles de *Guazuma crinita* Mart en plantaciones forestales de Ucayali, Perú. Rev. Scientia Agropecuaria. 12(4): 579-587.
- Rimarachín, M. (2017). Determinación de ecuaciones alométricas para estimar el contenido de biomasa total y la captura de dióxido de carbono en una plantación forestal de *Eucalyptus torelliana* en el sector Indoche, Distrito y Provincia de Moyobamba, Región San Martín [Tesis pre grado, Universidad Nacional de San Martín] Repositorio UNSM
- <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2857>
- Rodríguez, S. (2014). Estimación del potencial de captura de carbono de la especie capirona (*Calycophyllum spruceanum*) en el centro ecológico la Julianita 2012.[Tesis pre grado, Universidad Nacional de San Martín ] Repositorio UNSM.
- <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/146>

Rodríguez, O. G., De Los Santos, P. H. M., González, H. V. A., Gómez, G. A. A. y Fierros, G. A. M. (2012). Modelos de biomasa aérea y foliar en una plantación de pino de rápido crecimiento en Oaxaca. *Madera y Bosques*, 18 (1): 25 - 41.

Sarango, F., Tenempaguay, W. (2020). Estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea, necromasa (hojarasca) y en suelo en un bosque de pino en la comuna Paquizhapa (Provincia de Loja). [Tesis pre grado, Universidad Politécnica Salesiana] Repositorio UPS.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19153>

Segura, M. (1999). Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis*, en un bosque de altura en la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis. Lic. For. Heredia, CR, UNA. Pg .45

Trinidad, J., Rueda, A., Benavides, J., Muñoz, H., Castillo, D., & Sáenz, J. (2021). Ecuaciones alométricas, biomasa y carbono en plantaciones forestales tropicales en la costa de Jalisco. *Ciencias Forestales*, 12 (65), 26-44.

Surco, O. (2017) Determinación de reservas de carbono en la necromasa y biomasa aérea de cuatro sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L., en cuatro distritos del departamento de Madre de Dios. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Amazónica Madre de Dios]. Repositorio UNAMD.

<http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/239>

Quitorán, G. (2009). Determinación del Potencial de Captura de Carbono en Cinco especies Forestales de dos Años de Edad, Cedro Nativo, (*Cederla odorata*) Caoba, (*Swietenia macrophylla*) Bolaina, (*Guazuma crinita*) Teca, (*Tectona grandis*) y

Capirona, (*Calycophyllum spruceanum*) en la Localidad de Alianza San Martín 2009.[Tesis pre grado, Universidad Nacional de San Martín] Repositorio UNSM.

<https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/1085>

Olson, J.S.(1963). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44(2): 322-331.

Oliva, M., Culqui, L., Leiva, S., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H., Maicelo, J. (2017). Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patula* y herbáceas nativas. *Rev. Scientia Agropecuaria*. 8 (2): 149-157.

Vicente, V. (2018). Estimación de biomasa y carbono en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L. f.) por método indirecto y mapeo mediante sistemas de información geográfica.[Tesis de maestría, Universidad de Guadalajara/] Repositorio

<https://www.riudg.udg.mx/handle/20.500.12104/90604>

Zavala, J., Zavala, S., & Mansilla, L. (2018). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un sistema agroforestal del cafetal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. *Investigación y Amazonía*, 8(5): 1-8.

## **ANEXOS**

**Tabla 8.** Evaluación de la biomasa arbórea de la especie *C spruceanum* de 8 años.

<b>DATOS PARA DETERMINAR LA BIOMASA AEREA</b>			
<b>LINEA</b>	<b>CAP</b>	<b>DAP</b>	<b>BA (kg)</b>
F1P1	56,9	18,11	180,30
F1P2	28,1	8,94	30,25
F1P3	18,5	5,89	10,51
F1P4	56,5	17,98	177,11
F1P5	55,8	17,76	171,61
F1P6	55,9	17,79	172,39
F1P7	54,9	17,48	164,70
F1P8	56,2	17,89	174,74
F1P9	47,5	15,12	114,18
F1P10	54,5	17,35	161,68
F1P11	49,8	15,85	128,69
F2P1	48,9	15,57	122,89
F2P2	54	17,19	157,95
F2P3	54	17,19	157,95
F2P4	41	13,05	78,69
F2P5	51	16,23	136,68
F2P6	55,9	17,79	172,39
F2P7	37,1	11,81	61,11
F2P8	49	15,60	123,53
F2P9	56,5	17,98	177,11
F2P10	Muerto	Muerto	Muerto
F2P11	Muerto	Muerto	Muerto
F3P1	41,8	13,31	82,63
F3P2	49,2	15,66	124,81
F3P3	62	19,74	224,03
F3P4	53,5	17,03	154,28
F3P5	55,2	17,57	166,98
F3P6	42	13,37	83,63

F3P7	56,2	17,89	174,74
F3P8	54,9	17,48	164,70
F3P9	52	16,55	143,57
F3P10	Muerto	Muerto	Muerto
F3P11	Muerto	Muerto	Muerto
F4P1	44,4	14,13	96,26
F4P2	59,8	19,03	204,46
F4P3	38	12,10	64,93
F4P4	52,2	16,62	144,97
F4P5	53,7	17,09	155,74
F4P6	37,8	12,03	64,06
F4P7	48	15,28	117,25
F4P8	42	13,37	83,63
F4P9	Muerto	Muerto	Muerto
F4P10	Muerto	Muerto	Muerto
F4P11	Muerto	Muerto	Muerto
F5P1	67,9	21,61	281,96
F5P2	62,3	19,83	226,79
F5P3	46,2	14,71	106,44
F5P4	53	16,87	150,65
F5P5	56	17,83	173,17
F5P6	57	18,14	181,10
F5P7	54,4	17,32	160,93
F5P8	42,2	13,43	84,65
F5P9	60,4	19,23	209,69
F5P10	74,2	23,62	352,93
F5P11	63,5	20,21	238,00
F5P12	51,8	16,49	142,17
	Media		147,62
	Mínimo		10,51
	Máximo		352,93

**Tabla 9.** Evaluación de hojarasca en la plantación de 8 años de *C. spruceanum*

Nº	Trampa	Hojarasca		Bh (t ha <sup>-1</sup> )
		Peso húmedo	Peso seco	
<b>1<sup>er</sup> evaluación</b>	<b>1</b>	14	12	0,48
	<b>2</b>	15	12	0,48
	<b>3</b>	23	21	0,84
	<b>4</b>	28	23	0,92
	<b>5</b>	25	16	0,64
	<b>6</b>	47	43	1,72
	<b>7</b>	24	21	0,84
	<b>8</b>	18	17	0,68
	<b>9</b>	28	24	0,96
	<b>10</b>	34	28	1,12
<b>2<sup>da</sup> evaluación</b>	<b>1</b>	34	29	1,16
	<b>2</b>	45	43	1,72
	<b>3</b>	38	36	1,44
	<b>4</b>	49	42	1,68
	<b>5</b>	52	46	1,84
	<b>6</b>	58	55	2,2
	<b>7</b>	35	31	1,24
	<b>8</b>	24	19	0,76
	<b>9</b>	44	42	1,68
	<b>10</b>	54	49	1,96



**Tabla 10.** Evaluación de herbácea en la plantación de 8 años de *C. spruceanum*.

Nº	Trampa	Herbácea		BAH (t ha <sup>-1</sup> )
		Peso húmedo	Peso seco	
<b>1<sup>er</sup> evaluación</b>	<b>1</b>	106	23	0,23
	<b>2</b>	21	6	0,06
	<b>3</b>	63	22	0,22
	<b>4</b>	44	13	0,13
	<b>5</b>	35	12	0,12
	<b>6</b>	23	8	0,08
	<b>7</b>	26	8	0,08
	<b>8</b>	37	11	0,11
	<b>9</b>	40	10	0,1
	<b>10</b>	123	36	0,36
<b>2<sup>da</sup> evaluación</b>	<b>1</b>	249	63	0,63
	<b>2</b>	58	17	0,17
	<b>3</b>	79	22	0,22
	<b>4</b>	189	50	0,50
	<b>5</b>	215	55	0,55
	<b>6</b>	297	73	0,73
	<b>7</b>	185	32	0,32
	<b>8</b>	217	60	0,60
	<b>9</b>	74	26	0,26
	<b>10</b>	247	49	0,49

**Tabla 11.** Evaluación de la biomasa arbórea de la especie *C spruceanum* de 11 años.

<b>DATOS PARA DETERMINAR LA BIOMASA AEREA</b>			
<b>LINEA</b>	<b>CAP</b>	<b>DAP</b>	<b>BA</b>
F1P1	61	19,42	215,00
F1P2	68,1	21,68	284,07
F1P3	80,5	25,62	433,74
F1P4	77	24,51	387,60
F1P5	40,1	12,76	74,39
F1P6	60,1	19,13	207,07
F1P7	74,9	23,84	361,41
F1P8	60,1	19,13	207,07
F1P9	75,7	24,10	371,26
F1P10	71,2	22,66	317,93
F1P11	65,1	20,72	253,47
F2P1	61	19,42	215,00
F2P2	76,5	24,35	381,26
F2P3	53,7	17,09	155,74
F2P4	74,5	23,71	356,55
F2P5	71,7	22,82	323,61
F2P6	54,5	17,35	161,68
F2P7	55	17,51	165,46
F2P8	64,9	20,66	251,50
F2P9	65,8	20,94	260,42
F2P10	73,1	23,27	339,84
F2P11	73,9	23,52	349,33
F3P1	68,9	21,93	292,59
F3P2	56,8	18,08	179,50
F3P3	58,5	18,62	193,40
F3P4	88,9	28,30	557,55
F3P5	57	18,14	181,10
F3P6	55	17,51	165,46

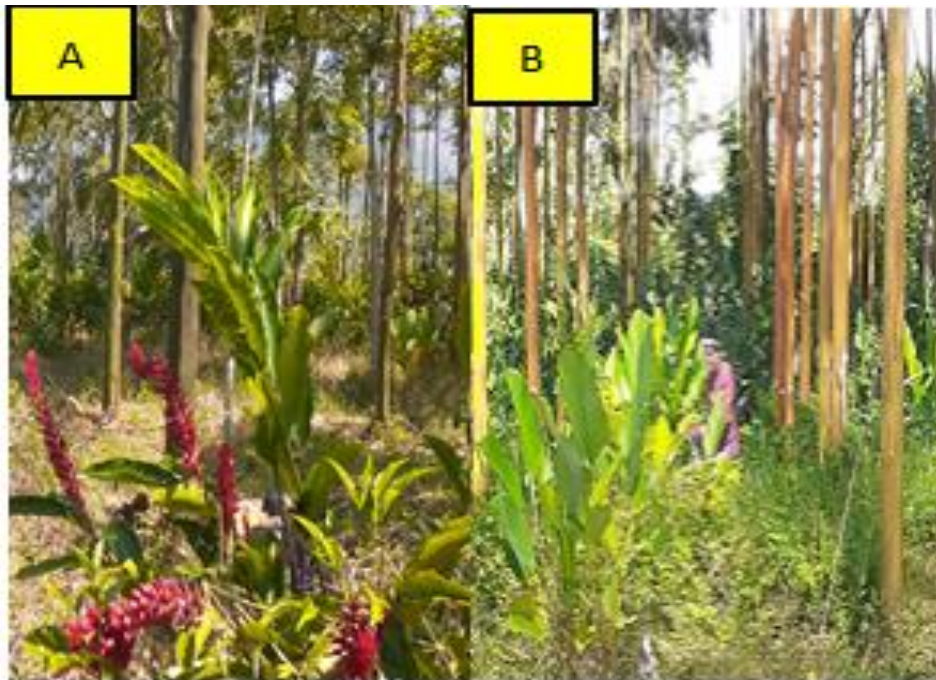
F3P7	56,5	17,98	177,11
F3P8	60	19,10	206,20
F3P9	60,9	19,39	214,11
F3P10	60,7	19,32	212,34
F3P11	65,5	20,85	257,43
F4P1	70	22,28	304,55
F4P2	74	23,55	350,52
F4P3	63,2	20,12	235,17
F4P4	63,5	20,21	238,00
F4P5	63	20,05	233,29
F4P6	14,9	4,74	6,08
F4P7	44,5	14,16	96,81
F4P8	64,5	20,53	247,60
F4P9	67,7	21,55	279,87
F4P10	77,5	24,67	394,00
F4P11	82	26,10	454,48
F5P1	48,9	15,57	122,89
F5P2	63,3	20,15	236,11
F5P3	77,1	24,54	388,88
F5P4	58,1	18,49	190,08
F5P5	83,1	26,45	470,06
F5P6	69,5	22,12	299,08
F5P7	70,7	22,50	312,32
F5P8	64,7	20,59	249,55
F5P9	67,2	21,39	274,67
F5P10	76,7	24,41	383,79
F5P11	62,9	20,02	232,35
Promedio			267,46
Mínimo			6,08
Máximo			557,55

**Tabla 12.** Evaluación de hojarasca en la plantación de 11 años de *C. spruceanum*

Nº	Trampa	Hojarasca		Bh (t ha <sup>-1</sup> )
		Peso húmedo	Peso seco	
<b>1<sup>er</sup> evaluación</b>	<b>1</b>	37	28	1,12
	<b>2</b>	58	44	1,76
	<b>3</b>	38	29	1,16
	<b>4</b>	20	14	0,56
	<b>5</b>	40	29	1,16
	<b>6</b>	69	55	2,20
	<b>7</b>	39	29	1,16
	<b>8</b>	28	22	0,88
	<b>9</b>	36	22	0,88
	<b>10</b>	33	26	1,04
<b>2<sup>da</sup> evaluación</b>	<b>1</b>	58	45	1,8
	<b>2</b>	93	75	3
	<b>3</b>	65	57	2,28
	<b>4</b>	56	51	2,04
	<b>5</b>	107	73	2,92
	<b>6</b>	66	39	1,56
	<b>7</b>	109	84	3,36
	<b>8</b>	57	49	1,96
	<b>9</b>	110	100	4
	<b>10</b>	82	69	2,76

**Tabla 13.** Evaluación de herbácea en la plantación de 11 años de *C. spruceanum*.

N <sup>o</sup>	Trampa	Herbácea		BAH (t ha <sup>-1</sup> )
		Peso húmedo	Peso seco	
<b>1<sup>er</sup> evaluación</b>	<b>1</b>	36	12	0,12
	<b>2</b>	141	29	0,29
	<b>3</b>	70	17	0,17
	<b>4</b>	123	24	0,24
	<b>5</b>	98	24	0,24
	<b>6</b>	115	24	0,24
	<b>7</b>	79	19	0,19
	<b>8</b>	46	11	0,11
	<b>9</b>	171	32	0,32
	<b>10</b>	107	23	0,23
<b>2<sup>da</sup> evaluación</b>	<b>1</b>	289	73	0,73
	<b>2</b>	164	42	0,42
	<b>3</b>	157	41	0,41
	<b>4</b>	278	74	0,74
	<b>5</b>	235	70	0,70
	<b>6</b>	297	65	0,65
	<b>7</b>	236	55	0,55
	<b>8</b>	437	96	0,96
	<b>9</b>	121	30	0,30
	<b>10</b>	150	40	0,40



**Figura 9.** Plantaciones de *C. spruceanum*: A) 8 años; B) 11 años



**Figura 10.** Reconocimiento de las plantaciones de *C. spruceanu*



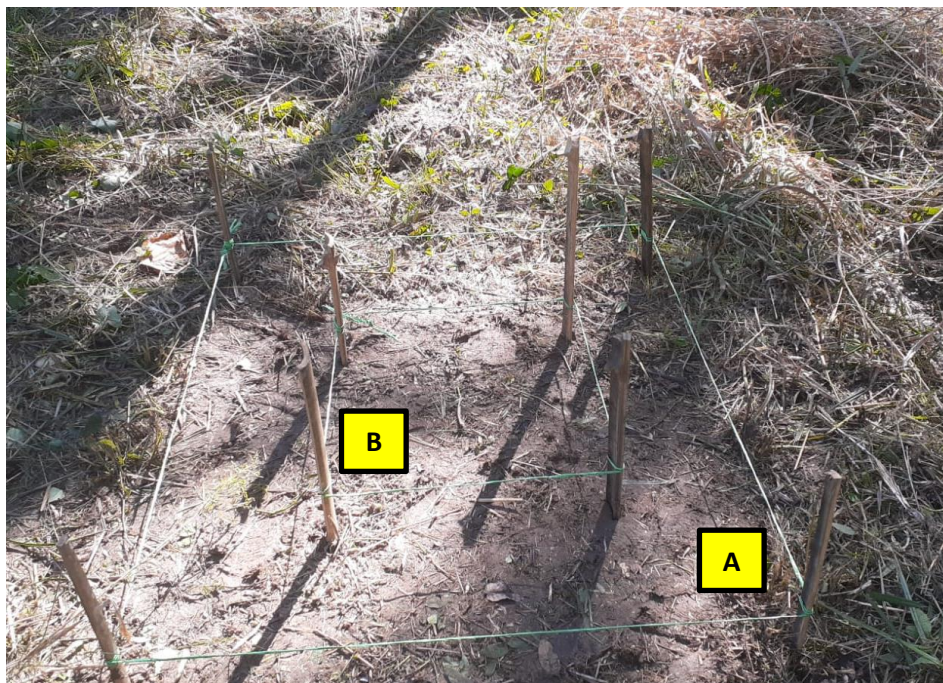
**Figura 11.** Limpieza de ambas plantaciones para la evaluación uniforme de biomasa



**Figura 12.** Instalación de las parcela de 50 m x 20 m



**Figura 13.** Instalación de las sub parcelas



**Figura 14.** Sub parcela de 1 m x 1 m para la herbácea (A), y de 0.50 m x 0.50 m para la hojarasca (B)





**Figura 15.** Colecta de hojarasca



**Figura 16.** Colecta de las herbáceas



**Figura 17.** Pesaje de las muestras en estado húmedo



**Figura 18.** Secado de las muestras para obtener el peso seco



**Figura 19.** Medición de la circunferencia a la altura del pecho de *C. sprucenaun*