UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ESCUELA DE POSGRADO

EFECTO DE LA PROFUNDIDAD Y DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA EN EL CRECIMIENTO INICIAL Y CAPTURA DE CARBONO DE UNA PLANTACIÓN DE *CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM* (CAPIRONA)

Tesis para optar el grado académico de

MAESTRO EN CIENCIAS EN MEDIO AMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

LUISA, RIVEROS TORRES

Pucallpa – Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ANEXO Nº 4

ACTA DE DEFENSA DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACION PARA OBTENCION DEL GRADO DE MAESTRO O MAESTRO EN CIENCIAS

En la Sala de grados de la Universidad Nacional de Ucayali siendo las ...8.....horas, del día..14....de ...DICIEMBRE..., ante el **Jurado** de Tesis o trabajo de investigación constituido por :

Dr. JORGE A. MORI VASQUEZ ..... Presidente

Dr. CÉSAR MORI MONTERO ..... Secretario

Mg. GUILLERMO AUGUSTO PASTOR PICON ..... Vocal

El aspirante al **GRADO DE MAESTRO O MAESTRO EN CIENCIAS** en: MEDIO AMBIENTE, GESTION SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

Mención:.....

Don(ña)...LUISA RIVEROS TORRES...,

Procedió al acto de Defensa:

a. Con la exposición de la tesis o trabajo de investigación, titulada:
"EFECTO DE LA PROFUNDIDAD Y DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA EN EL CRECIMIENTO INICIAL Y CAPTURA DE CARBONO DE UNA PLANTACIÓN DE CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM (CAPIRONA)"

b. Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Maestro, teniendo presente los criterios siguientes:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

a) Presentación personal
b) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones
c) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente
d) Dicción y dominio de escenario

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis o trabajo de investigación **las observaciones** siguientes:

NINGUNO

Obteniendo en consecuencia el Maestrista la **Nota** de DIECISIETE (17)

Equivalente a MUY BUENO, por lo que se recomienda SU PUBLICACIÓN

(aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado, firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Pucallpa, siendo las 9 horas del 14 de DICIEMBRE del 2023.

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0594-2023**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EFECTO DE LA PROFUNDIDAD Y DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA EN EL CRECIMIENTO INICIAL Y CAPTURA DE CARBONO DE UNA PLANTACIÓN DE CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM (CAPIRONA)**"

Autor(es)	:	**RIVEROS TORRES, LUISA**
Facultad	:	**ESCUELA DE POSGRADO**
Escuela	:	**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MEDIO AMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL**
Asesor(a)	:	**Dr. BALDOCEDA ASTETE, ROLY**

Presenta un **porcentaje de similitud de 2%,** verificado en el Sistema Antiplagio URKUND/OURIGINAL,
De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 06/10/2023

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

V

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Luisa Riveros Torres

Autor de la tesis titulada: Efecto de la profundidad y distanciamiento de siembra en el crecimiento inicial y captura de carbono de una plantación de Calycophyllum spruceanum (capirona).

Sustentada el 14 de diciembre del 2023

Asesor(a): Dr. Roly Baldoceda Astete

Escuela de Posgrado

Maestría: Medio ambiente, gestión sostenible y Responsabilidad Social.

Mención:

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto, me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 21 / 12 / 2023

Email: riverosluisat@gmail.com Firma:

Teléfono: 961-634320 DNI: 07306691

DEDICATORIA

A Dios por permitirme lograr la meta anhelada

A mis padres Eliseo (Q.E.P.D.), Elodia y hermanos por su amor, paciencia y apoyo

Luisa

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Roly Baldoceda Astete, patrocinador de la presente tesis por su orientación.

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, por las facilidades brindadas en la ejecución de la fase experimental de la investigación.

A la Mg. Karen Stephanny Córdova Flores, Co-asesora de la tesis, por su colaboración y asesoramiento continuo durante toda la investigación.

Al ing. Andres Castillo Quiliano, por sus sugerencias en la elaboración de la tesis.

A los miembros del jurado, Dr. Jorge Mori Vásquez, Mg. Cesar Mori Montero y Guillermo Augusto Pastor Picon, por sus sugerencias durante la elaboración de Proyecto de tesis e Informe final de tesis.

Finalmente, a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en la investigación.

RESUMEN

La investigación se realizó en el Campus Universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, ubicado en el Distrito de Yarinacocha, Perú. El objetivo fue determinar el efecto de la profundidad y distanciamiento de siembra en el crecimiento inicial del diámetro del tallo, altura y área de copa y conocer la cantidad de carbono capturado por la plantacion de *Calycophyllum spruceanum* establecida en la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía - UNIA. La plantación fue instalada, a una distancia de 3 m x 2 m y 3 m x 4 m entre plantas y a una profundidad de hoyo de 30 cm y 90 cm. El experimento tuvo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos T1, T2, T3, T4 y tres bloques B1, B2, B3. Los resultados indican que los tratamientos no presentaron diferencias significativas, pero numéricamente se diferenció el distanciamiento de 3m x 4 m y 90 cm de profundidad (T3), teniendo una altura total de 4.54 m, diámetro de tallo de 71.45 mm y diámetro de copa de 169.97 cm^2. Con respecto al almacenamiento de carbono a los 23 meses de instalada la plantación, el tratamiento con mayor acumulación de carbono fue el T1 con un total de 3.28 tC ha-1, del mismo modo, el T2 muestra una acumulación de carbono similar con 3.24 tC ha-1, con una tendencia creciente.

Palabras clave: Crecimiento, carbono almacenado, *Calycophyllum spruceanum*

ABSTRACT

The research was conducted at the University Campus of the Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, located in the District of Yarinacocha, Peru. The objective was to determine the effect of planting depth and spacing on the initial growth of stem diameter, height and crown area and to know the amount of carbon captured by the Calycophyllum spruceanum plantation established at the National Intercultural University of the Amazon - UNIA. The plantation was installed at a distance of 3 m x 2 m and 3 m x 4 m between plants and at a hole depth of 30 cm and 90 cm. The experiment had a completely randomized block design (DBCA), with four treatments T1, T2, T3, T4 and three blocks B1, B2, B3. The results indicate that the treatments did not show significant differences, but numerically the spacing of 3 m x 4 m and 90 cm depth (T3) was different, with a total height of 4.54 m, stem diameter of 71.45 mm and crown diameter of 169.97 cm2. With respect to carbon storage 23 months after planting, the treatment with the highest carbon accumulation was T1 with a total of 3.28 tC ha-1, while T2 showed a similar carbon accumulation of 3.24 tC ha-1, with an increasing trend.

Key words: Growth, stored carbón, *Calycophyllum spruceanum*

INTRODUCCIÓN

Fisher y Binkley citado por Fetzer 2014, menciona que “el recurso forestal siempre ha sido importante, por que genera un sinfín de bienes y servicios como la producción de oxígeno, secuestro de carbono, belleza escénica, alimento, entre otros. Sin embargo, el uso inadecuado de este recurso se ha convertido en un problema a medida que se ha incrementado la población humana” (p. 1).

> Flores 2010, agrega que los “bosques húmedos tropicales de la Amazonia peruana, a pesar de su gran extensión y diversidad, estan en creciente proceso de deterioro, con la consecuente disminución de la productividad. La legislación forestal peruana, plantea la necesidad de un manejo forestal sostenible con actividades tales como regeneración, reposición, evaluación, aprovechamiento, entre otros. Y una opción es establecer plantaciones con especies forestales nativas o exóticas de rápido crecimiento, sin embargo la mayor parte de plantaciones esta en la Región Andina con especies exóticas (*Eucayptus y Pinus)*, y en menor cantidad con especies nativas. Y en la Región Amazónica, que es más extensa, esta continuamente sometida a procesos de extracción forestal y escasa reforestación, por falta de tradición silvicultural, insuficiencia de implementos técnicos y costos” (p. 8).

> Guariguata *et al* 2017, agrega que actualmente “es difícil establecer con certeza cuánta área del territorio nacional cuenta con cobertura de plantaciones forestales, ya que los reportes utilizan datos parciales y se basan en cuantía de plántulas sembradas o datos de viveros; mas aun no se conoce si son plantaciones en tierras privadas, comunales, concesiones, plantaciones puras o sistemas agroforestales” (p. 4).

En el Perú hay pocos estudios en cultivos forestales con respecto a su espaciamiento, silvicultura y como sumideros de carbono y la escasa cantidad de estudios en capirona, hace necesaria la búsqueda de alternativas. Y la plantación de *Calycophyllum spruceanum* establecida en la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA), ofrece la oportunidad de llevar a

cabo diversos estudios como crecimiento, densidad de siembra, cantidad de biomasa, calidad, competencia, productividad, etc., que generara informacion científica y tecnica de esta especie en su etapa inicial; por tanto el propósito de la presente investigación, fue indagar si existe diferencias en el crecimiento inicial, a diferentes profundidades y espaciamiento de siembra asi, como cuantificar el carbono almacenado.

INDICE DE CONTENIDO

Pg.
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
RESUMEN viii
ABSTRACT ix
INTRODUCCIÓN x
INDICE DE CONTENIDO xii
INDICE DE TABLAS xiv
INDICE DE FIGURAS xv
INDICE DE ANEXOS xvi
CAPÍTULO I 1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION 1
1.1. Descripción del problema 1
1.2. Formulación del problema 3
1.2.1. Problema general 3
1.2.2. Problemas específicos 3
1.3. Objetivo General y Específicos 3
1.3.1. Objetivo General 3
1.3.2. Objetivos Específicos 4
1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis 4
1.5. Variables 4
1.5.1. Variable independiente 4
1.5.2. Variable *dependiente* 4
1.6. Justificación e importancia 4
1.7. Viabilidad 7
1.8. Limitaciones 7
CAPÍTULO II 8
MARCO TEORICO 8
2.1. Antecedentes 8
2.1.1. A nivel Internacional 8
2.1.2. A nivel Nacional 9
2.1.3. A Nivel Regional 10
2.2. Bases Teóricas 11
2.3. Definiciones conceptuales 16

2.4. Bases filosóficas y epistemológicas 18
2.5. Bases epistemológicas de la silvicultura 19
CAPÍTULO III 20
MARCO METODOLOGICO 20
3.1. Tipo de investigación 20
3.2. Diseño y esquema de la investigación 20
3.2.1. Diseño de la investigación 20
3.2.2. Procedimiento 21
3.3. Población y muestra 28
3.4. Instrumento de recolección de datos 28
3.5. Técnicas de procesamiento y presentación de datos 29
CAPÍTULO IV 30
RESULTADOS 30
4.1. Resultados del crecimiento inicial en términos de altura, diámetro y área de copa de la plantación de *Calycophyllum spruceanum* 30
4.2. Cantidad de carbono almacenado en la plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) 38
CAPÍTULO V 41
DISCUSION DE RESULTADOS 41
5.1. Del crecimiento inicial en términos de altura, diámetro de fuste y diámetro de copa de la plantación de *C. spruceanum* 41
5.2. De la cantidad de carbono almacenado en la plantación de *Calycophyllum spruceanum* 46
CONCLUSIONES 49
SUGERENCIAS 50
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 51
ANEXOS 60

INDICE DE TABLAS

Pg.

Tabla 1. Diseño del experimento 21
Tabla 2. Resultado del análisis de suelo de la plantación 25
Tabla 3. Datos para el cálculo del carbono almacenado 27
Tabla 4. Ecuaciones alométricas para calcular la biomasa y el carbono 28
Tabla 5. Comparación de medias del crecimiento en altura (m) de *C. spruceanum* 30
Tabla 6. Comparación de medias del crecimiento del diámetro de fuste (mm) 32
Tabla 7. Comparación de medias del diámetro de copa (cm) 34
Tabla 8. Incremento medio anual del diámetro 35
Tabla 9. Incremento corriente anual del diámetro 36
Tabla 10. Incremento medio anual de la altura 37
Tabla 11. Incremento corriente anual de la altura 37
Tabla 12. Acumulación de carbono por tratamiento 39
Tabla 13. IMA del carbono por tratamiento 39
Tabla 14. ICA del carbono por tratamientos 40

INDICE DE FIGURAS

		Pg.
Figura 1.	*Calycophyllum spruceanum en floración* ……..	14
Figura 2.	Area reforestada con *Calycophyllum spruceanum* ……...	22
Figura 3.	Codificación de los plantones de capirona …….	23
Figura 4.	Limpieza de la plantación ……	24
Figura 5.	Poda de formación de la plantación …….	24
Figura 6.	Medición de la altura y diámetro de capirona …….	26
Figura 7.	Medición del diámetro de copa …….	26
Figura 8.	Altura total de *C. spruceanum* ……	31
Figura 9.	Crecimiento de la altura con respecto al distanciamiento .	31
Figura 10.	Crecimiento de la altura con respecto a la profundidad ….	32
Figura 11.	Crecimiento del diámetro de fuste de *C. spruceanum* ….	33
Figura 12.	Crecimiento del diámetro de fuste, según distanciamiento	33
Figura 13.	Crecimiento del diámetro de fuste, según profundidad ….	33
Figura 14.	Crecimiento del diámetro de copa ……	34
Figura 15.	Crecimiento del diámetro de copa, según distanciamiento	35
Figura 16.	Crecimiento del diámetro de copa, según profundidad ….	35
Figura 17.	Incremento medio anual del diámetro de *C. spruceanum .*	36
Figura 18.	Incremento corriente anual del diámetro *C. spruceanum .*	36
Figura 19.	Incremento medio anual de la altura …….	37
Figura 20.	Incremento corriente anual de la altura ……	38
Figura 21.	Incremento del carbono segun tratamiento …….	39
Figura 22.	Incremento medio anual del carbono de los tratamientos	40
Figura 23.	Incremento corriente del carbono por tratamientos ……	40

INDICE DE ANEXOS

		Pg.
Anexo 1.	Formato de evaluación de las variables biométricas ……	61
Anexo 2.	Plantación de *C. spruceanum en el 2018 …….*	62
Anexo 3.	Árbol de capirona dañado …….	62
Anexo 4.	Plantación de *C. spruceanum en el 2019* ……	63
Anexo 5.	Suelo donde se encuentra instalado *C. spruceanum …*	63
Anexo 6.	Cuadro del análisis descriptivo del suelo en los tres bloques ……	64
Anexo 7.	Matriz de consistencia ……..……	65
Anexo 8.	Matriz de operacionalizacion de variables ……..	67

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Descripción del problema

"La deforestación es un problema creciente en el mundo, especialmente en la floresta amazónica, en Perú entre el 2000 y 2013 se deforestó 113,000 ha/año. A nivel de pérdida los departamentos amazónicos con mayor superficie deforestada entre el 2010-2014, son San Martín, Loreto, Ucayali, Huánuco y Madre de Dios, juntos representan el 86% del total de deforestación acumulada en los últimos 5 años. A esto se une que Perú emite 380 mil tn de CO_2/día siendo, más del 60% por tala y quema, malas prácticas en agricultura y ganadería; mientras que el 30% es por industrias, transporte y basura. Y Ucayali aporta con 0,4 % de las emisiones de CO_2" (MINAM 2015, p. 19).

"Sin embargo, en la actualidad, la deforestación y degradación de los bosques crecen a ritmos alarmantes. Así, durante el periodo 2001 al 2019 se registró 2.433.314 hectáreas de bosques húmedos amazónicos perdidos según datos del Ministerio de Ambiente peruano" (Geobosques mencionado por La Barreda 2021 (p. 21), "siendo en este periodo 128.069 ha, el promedio de pérdida anual".

"La gran mayoría de los reportes sobre áreas plantadas, se basan en cantidad de plántulas sembradas o que salieron de los viveros; lo que expresa la poca información que existe acerca de plantaciones. Más aún, no permite discriminar entre plantaciones forestales en tierras privadas, comunales o bajo concesiones, ni que tipo son, puras o en sistemas agroforestales. En la actualidad, el área de las plantaciones forestales es bastante baja en comparación con los países vecinos Chile o Brasil; ambos con millones de has de plantaciones forestales productivas a escala industrial" (Guariguata *et al* 2017, p. 4)

Sibille 2006 (p. 5) menciona que "capirona existe en la Amazonía del Perú en regulares cantidades, según los inventarios forestales disponibles por zonas". Saldaña 2013 (p. 5) dice que la "Amazonía Peruana, tiene la mayor cobertura

arbórea y esto lleva a un problema de alto nivel de deforestación, faltando acciones de reposición, instalación de plantaciones y estudios de muchas especies nativas forestales, especialmente de *Calycophyllum spruceanum* (capirona), especie de rápido crecimiento, con gran demanda, local, regional y nacional por su madera para estructuras pesadas, herramientas en general, etc".

De Camino 2013 comenta que "en tierras degradadas las plantaciones forestales tienen baja calidad e IMA por la poca fertilidad, alta compactación y mal drenaje de los suelos, esto debido a factores ambientales como el suelo, pendiente, clima, relieve y elevación, que determinan si puede crecer o no una especie" (p. 4).

López y Staffieri mencionado por Gutiérrez 2007 (p. 2), agrega que "el comportamiento en el crecimiento de las plantas y de cualquier ser vivo, está definido por su constitución genética y condiciones ambientales donde se desenvuelven. En el caso de plantaciones forestales, esto es importante, por cuanto indica que no basta usar material selecto o genéticamente mejorado, sino que además hay que saber dónde conviene instalarlo".

Fetzer 2014 (p. i), evaluó en Guatemala la "Respuesta del crecimiento inicial de 3 densidades de 4 x 3 m, 3 x 3 m y 4 x 2 m en plantaciones de *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*, para conocer el mejor crecimiento, concluyendo que en el primer año, lo consiguio *Pinus maximinoi* sin importar la densidad establecida".

Martínez y Navia 2011 (p. 129), en la investigación "Establecimiento y evaluación inicial de cercos vivos en Colombia, realizaron mediciones de sobrevivencia, crecimiento, diámetro y número de rebrotes en *Tecoma stans, Ulex europaeus, Acacia decurrens, Bacharis latifolia* y *Alnus jorullensis*, a 0.5 y 1 m de siembra, reportando que fue mayor en *Acacia decurrens* con 110,2 cm a 1 m y 101.1 cm a 0.5 m de distancia y, *Ulex europaeus* con 40 a 45 cm para las dos distancias de siembra, mientras que *Tecoma stans, Bacharis latifolia* y *Alnus jorullensis* obtuvieron el menor incremento en altura con 30 a 40 cm. Lo que significa que no presentan diferencias entre 0.5 m y 1m de distancia de siembra".

En el Perú, es escasa la información sobre plantaciones forestales especialmente de especies nativas como *Calycophyllum spruceanum,* y actualmente se hace necesaria la búsqueda de alternativas de plantación, como distanciamientos y profundidades de siembra, con el fin de obtener un buen desarrollo, crecimiento y retorno de inversión. Así mismo es necesario estimar la dinámica del flujo neto de carbono entre el bosque y la atmosfera, para mitigar los problemas de contaminación, actual tema en discusión que tiene que ver con el cambio climático. “Esta problemática es particularmente crítica para los bosques tropicales, en donde no se tiene información del contenido de carbono en la vegetación y suelo, ni menos se ha podido parametrizar los modelos predictivos existentes” (IPCC, Lashof y Ahuja, Mintzer, Dixon *et al* , mencionado por Gamarra 2001, p. 2).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál será el efecto de diferentes profundidades y distanciamiento de siembra en el crecimiento inicial y captura de carbono, en una plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona)?

1.2.2. Problemas específicos

- Los niveles de profundidad de siembra y distanciamiento de siembra, tendrán efecto en la altura y diámetro del crecimiento inicial de *Calycophyllum spruceanum* (capirona)?

- Cuál será la capacidad de captura de carbono, por efecto de la profundidad y distanciamiento de siembra de *Calycophyllum spruceanum* (capirona)?

1.3. Objetivo General y Específicos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de profundidades y distanciamientos de siembra en el crecimiento inicial y captura de carbono de *Calycophyllum spruceanum* (capirona), en una plantación.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el crecimiento inicial en términos de diámetro, altura y área de copa a diferentes niveles de profundidad y distanciamiento de siembra en una plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona).

- Determinar la cantidad de carbono almacenado, por efecto de las profundidades y distanciamiento de siembra, en una plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona).

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

Hi: Existe efecto de una mayor profundidad y distanciamiento de siembra en el crecimiento inicial y captura de carbono, de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en una plantación.

H0: No existe efecto de una mayor profundidad y distanciamiento de siembra en el crecimiento inicial y captura de carbono, de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en una plantación.

1.5. Variables

1.5.1. Variable independiente

X_1 = Profundidad de siembra de capirona

X_2 = Distanciamiento de siembra de capirona

1.5.2. Variable *dependiente*

Y_1 = Crecimiento de capirona (diámetro, altura y área de copa)

Y_2 = Capacidad de captura de carbono

1.6. Justificación e importancia

"Calycophyllum spruceanum, es una especie arbórea de la família Rubiaceae, y de 20 a 30 m de altura, fuste recto, hojas simples, oblongas y glabras", Almeida; Lorenzi; Santos *et al*., nombrado por Abanto *et al* 2016 (p.

341), “se encuentra en bosques primarios y secundarios de la Amazonía de Perú y Brasil, en formaciones ecológicas de bosque seco tropical (bs-T), bosque húmedo tropical (bh-T) y muy húmedo tropical (bhm-T), debajo de los 1200 msnm” (Chavesta; Ugarte-Guerra y Domínguez-Torrejón en Abanto *et al* 2016. p. 342). “Crece en manchales denominadas "capironales", mayormente en terrenos inundados y suelos limosos o arenosos y fértiles, es muy utilizada para puertas, parquet, machihembrados, muebles, mangos de herramientas, etc” (Ugarte y Domínguez, 2010 en Abanto *et al* 2016 p. 342).

“Es considerada para recuperar áreas degradadas (Maranho *et al,* en Abanto *et al* 2016 p. 341), por lo que es una buena alternativa establecer plantaciones con esta especie nativa”. “Una plantación de calidad depende de varios factores como la calidad de semilla, sustrato, riego, abonamiento y manejo en general” (Santos *et al*.; Gonçalves *et al*.; mencionado por Abanto *et al* 2016, p. 342). “En el 2021 SERFOR, identificó en la costa, sierra y Amazonía, más de siete millones de ha de tierras potenciales para promover plantaciones forestales comerciales (PFFC), esto podría generar un mercado de recursos forestales conducente a satisfacer la demanda nacional e internacional” (SERFOR s.f. p. 1) y, ademas ofrecer diversos bienes y servicios ecosistémicos, dado que ayuda a la captura de carbono, fija los suelos y retiene nutrientes; capta agua de lluvias, regula el clima y ofrece refugio a especies de fauna, además contribuye a la belleza paisajística. Y la Red Española de Ciudades por el Clima s.f. (p. 1) , “a través del Plan Forestal Español 2002-2032 cuenta con objetivos ambiciosos de reforestar 3,8 millones de ha y establecer un sistema de incentivos a los sumideros de carbono y de compensación de emisiones mediante dichos sumideros”.

Gutierrez (2000; p. 1), determino que “a un espaciamiento de siembra de 2.5 x 2.5m, el crecimiento en altura de *Dalbergia retusa* (cocobolo), fue superior a los otros distanciamientos de 2x2, 3x3 y 4x4 m, esto porque el sitio tuvo mejores condiciones de suelo y menor inundación, que en los otros bloques”. Flores mencionado por Centeno 2012 (p. 9), evaluó “el incremento en altura de una plantación de capirona, hallando un incremento promedio de 0.10 m en dos meses, considerándo rápido comparado con el tornillo y la caoba, estimando que al año tendrá 0.60 m y en 5 años, 3 m de altura”. Mientras que Couturier y

Gonzales mencionado por Centeno 2012 (p. 9), dice que “a los 12 meses de plantada presento una altura total de 4.50 m y 7 m a los 24 meses, con un Dap de 4.20 cm y 7.70 cm respectivamente”.

También “es frecuente que plantas que crecen en un lugar adecuado, al sembrarlas en otros terrenos no se diferencian o pueden dar resultados diferentes, por tanto, esta interacción con el medio ambiente, debe ser identificado para poder hacer una acertada selección del material y establecer plantaciones” (López y Staffieri mencionado por Gutiérrez 2007, p. 3).

Es así que la presente investigación, busca analizar las variables del crecimiento inicial de capirona en una plantación, así como su capacidad de secuestrar carbono, mediante la aplicación de dos distanciamientos y dos profundidades de siembra. La evaluación considerara el desempeño de los plantones, después de su instalación y proporcionara antecedentes respecto a su crecimiento, supervivencia, e información preliminar de la cantidad de carbono secuestrado en su etapa inicial de crecimiento. Y contribuirá a fortalecer los proyectos de instalación de plantaciones, reforestación con esta especie a través de organismos privados y estatales, reforestadores, ONGs, Municipalidades y público en general. Por tanto, este proyecto se justifica porque:

a. El proyecto de investigación pretende brindar información sobre la relación entre la profundidad de siembra y distanciamiento en el crecimiento inicial, de una plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona).
b. Con la investigación también se contribuirá a conocer la influencia del nivel de siembra sobre la sobrevivencia y formación de copa, de la plantación de capirona.
c. El proyecto de investigación, busca brindar información preliminar sobre la cantidad almacenada de carbono de una plantación joven de capirona, con la finalidad de que se siga evaluando esta especie en el tiempo.
d. El proyecto de investigación, pretende brindar información preliminar sobre una plantación de capirona, con fines de que se continúe haciendo el estudio de esta especie en el tiempo.

e. Al transmitir esta información la universidad, estaría promoviendo a futuro actividades de reforestación, forestación y conservación del medio ambiente con esta especie.

1.7. Viabilidad

El presente trabajo de investigación es viable debido, a que cuenta con la especie de estudio en la zona, además no demanda mucha inversión para la ejecución inicial del ensayo, ni equipos sofisticados; así mismo existe el método de determinación del crecimiento y evaluación de carbono almacenado.

1.8. Limitaciones

- Este trabajo queda limitado a solo un área de plantación, donde se encuentra *Calycophyllum sprucenum* (capirona).

- Se tendrá limitaciones en respuesta a las interrogantes que se plantearan, por cuanto no se tiene muchas plantaciones con esta especie en Pucallpa.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel Internacional

"Una primordial ventaja de los monocultivos forestales es concentrar todos los recursos del sitio en el crecimiento de una especie con características deseables, en relación al crecimiento, calidad de madera, mayores rendimientos y beneficios a nivel de gestión" (Matthew 2006 citado por Brenes 2012, p. 4).

Gutiérrez 2000 (p. 5), a "diferentes espaciamientos de siembra de *Dalbergia retusa* (cocobolo), hallo que el T2 tuvo superioridad inicial, sin embargo a partir del 2 año el T3 (3 x 3 m), mostro un crecimiento cada vez mayor al pasar los años, seguido por el T2 de 2,5 x 2,5 m y el menor crecimiento en altura fue del T1 de 2 x 2 m. El resto de los tratamientos de densidad inicial de siembra, están por debajo del promedio de crecimiento para plantaciones".

Vaides (2004) citado por INAB (2015; p. 12), dice que "el crecimiento de los árboles está determinado por factores internos (genéticos), externos (sitio) y por el tiempo. Y crecimiento sigue una curva sigmoidal (inicialmente lento, después rápido y luego se reduce la velocidad nuevamente), sin embargo el crecimiento del arbol y del bosque, no son iguales porque en la población interviene la mortalidad por efecto de la competencia, que se puede controlar a través del manejo silvicultural".

Michela *et al* (2015; p. 9), investigaron "distancias de siembra en plantaciones jóvenes de 4, 5 y 7 años de algarrobo en el Chaco-Argentina. Obteniendo en plantaciones de 7 años un IMA inferior en diámetro y altura de 0,158 y 0,80 m; mientras que los superiores fueron de 0,187 y 0,93 m. Las plantaciones de 4 y 5 años edad, presentaron IMA en diámetro superior a la de 7 años. La media de los crecimientos en diámetro y altura fue de 0,172 y 0,87 m respectivamente".

Pérez 2012 (p. x), indica que "en una plantación a campo abierto y en fajas de shihuahuaco (*Dypterix odorata*); obtuvo a los 3 años un crecimiento diametral promedio de 3.14 cm, IMA de 1.05 y un ICA de 0.74 cm; y en fajas un crecimiento

promedio de 0.903 cm, IMA de 0.30 cm e ICA de 0.16 cm. Mientras que la altura promedio en campo abierto fue de 3.31 m, IMA de 1.10 m e ICA de 0.95 m y; para el sistema en fajas fue de 1.16 m, IMA de 0.39 m e ICA de 0.20 m".

"Las plantaciones forestales comerciales a nivel mundial han aumentado en promedio 3,6 millones ha/año desde 1990 y representa el 10 % de la superficie forestal mundial (estimada en 4 mil millones de ha). Tambien se estima, que proveen un poco más de un tercio de la madera rolliza para el uso industrial y, América Latina, Brasil y Chile, son los países que más han contribuido a esta expansión" (Guariguata *et al* 2017, p. 1).

(FAO 2006 mencionado por Ugarte 2007, p. 8), dice que se calcula que los bosques del mundo almacenan 283 gigatones (Gt) de C solo en su biomasa, y que el C retenido en la biomasa forestal, árboles muertos, hojarasca y suelo supera alrededor del 50 % del C en la atmósfera". Kanninen s.f. (p. 2), dice que "los sumideros de C están localizados en bosques tropicales de baja latitud y en bosques boreales de alta latitud. En los trópicos, el sumidero de C varía entre 60 y 230 tnC/ha en bosques primarios y entre 25 y 190 tnC/ha en bosques secundarios"

2.1.2. A nivel Nacional

Díaz *et al* 2021 (p. 113), "evaluaron el crecimiento inicial de *C. spruceanum*, a partir de siembra de semillas al voleo en 40 m^2. Después de la germinación, realizaron mediciones biométricas cada tres meses, obteniendo a los 18 meses un promedio en altura de 3,75 m (±0,65) y diámetro de fuste de 3,44 cm (±1,46)". Por otro lado (Couturier y Gonzales 1994, p. 97) en un "sistema agroforestal con *Calycophyllum spruceanum* y *Myrciaria dubia* (camu camu), *Oryza sativa* (arroz), *Vigna unguiculata* (frijol caupi), *Zea mays* (maíz), entre otros, en la comunidad San Miguel (río Amazonas), encontró que capirona mostró un crecimiento de 4,50 m en altura y un Dap de 4,20 cm a los 12 meses de establecido, quizá porque se generó competencia por los nutrientes y energía solar".

Ugarte y Román (2020, p. 44) describió "la influencia de las condiciones ambientales en el crecimiento de *Guazuma crinita, Calycophyllum spruceanum, Simarouba amara* y *Cedrelinga cateniformis* en cuatro regiones de la Amazonía

peruana, establecidas en 400 m^2 en plantaciones de diversas edades. Se calculó el IMA en diámetro y altura, en altura total y comercial de 5974 individuos. Las plantaciones de *G. crinita* y *C. spruceanum* tuvieron la mayor variación en su crecimiento, mientras que *S. amara* y *C. cateniformis* fueron menores. Las plantaciones evaluadas en Ucayali, mostraron menor crecimiento promedio".

> "Muchos son los beneficios de las plantaciones forestales, porque se puede escoger la especie de acuerdo a las condiciones ambientales, el mercado, su alta productividad, por su germoplasma mejorado, etc. aportando beneficios ambientales, sociales y económicos, siendo sustituto del uso de materia prima proveniente de bosques naturales. Y un manejo adecuado según un objetivo bien definido, se puede mantener y/o mejorar la productividad, ademas de un creciente potencial de inversión en siembra, para contrarrestar las emisiones de carbono" (FAO, mencionado por Ugarte 2007, p. 3).

"El desarrollo de plantaciones forestales en Perú, tiene retos a futuro, siendo necesario partir de los principales aprendizajes e informaciones que se genere, para convertir el sector de plantaciones forestales en el motor de desarrollo a mediano y largo plazo" (Guariguata *et al* 2017, p. 4). Es asi que "El volumen de madera aserrada de capirona a nivel nacional del 2000 al 2013 fue de 403,973m^3; y el movimiento comercial anual fue fluctuante, siendo alto del 2000 al 2007, luego descendió del 2008 al 2010, ascendio en el 2011, y por último entre el 2012 y 2013 tiende a descender nuevamente" (Cuellar y Reyes 2018, p. 3).

2.1.3. A Nivel Regional

El (Consorcio Agroforestal Plantar s/f, p.1) según "su experiencia en campo y la literatura dice que sus plantaciones de capirona alcanzaran un diámetro comercial entre los 12 y 14 años y que los árboles raleados a los 4 y 8 años de edad, ya se pueden usar en productos finales debido a que su calidad y densidad (en base a 1,111 arb/ha, con espaciamiento de 3 x 3 m), se mantiene invariable a lo largo de su crecimiento y, ademas en Perú no han sido afectadas por plagas o enfermedades".

Sin embargo, “el Gobierno peruano reconoce que las plantaciones forestales, son una excelente oportunidad de negocio, porque generan empleo y recuperan áreas degradadas, pero según el anuario estadístico forestal en el 2015, se produjo 8 millones de m^3 de madera, del cual 1.69 millones de m^3 de madera rolliza procedió un 80 % de bosques naturales y 20 % de plantaciones” (SERFOR mencionado por Guariguata *et al* 2017, p. 2).

> “Felipe Koechlin de la empresa Reforestadora Amazónica, menciona que Perú tiene ventajas en plantaciones en la Amazonía, porque tiene condiciones climáticas adecuadas todo el tiempo y, crecen más rápido que en otras zonas. La demanda de madera en el mundo es creciente, sin embargo, el problema de la oferta es que no hay suficiente fuentes de madera confiables, legales y certificadas. La empresa administra 14 mil ha. sosteniblemente, y tienen 4 mil ha con plantaciones de bolaina y capirona y, por primera vez, han enviado a Estados Unidos productos de madera procedente de plantaciones propias y, a futuro se proyecta llegar a Europa y Asia” (Agraria 2013, p. 1).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. De las plantaciones *forestales*

Sedjo citado por Mollinedo (2002), dice que “las plantaciones forestales pueden contribuir con la biodiversidad al producir un alto rendimiento, reduciendo la presión en bosques naturales” (p. 1). De otro lado, Parrota citado por Mollinedo (2002), argumenta “que las plantaciones establecidas en tierras tropicales degradadas pueden producir madera; mejorar el suelo y acelerar la sucesión en bosques secundarios. Estos estarán influenciados por factores como la selección de especies, el diseño de la plantación y el manejo” (p. 2).

> “Existen ejemplos exitosos en Chile, Uruguay y Ecuador, y por qué Perú, que tiene disponibilidad 2 millones de ha de terrenos, no ha logrado los mismos indicadores, a pesar de tener un escenario adecuado. En la sierra, existen de 4 a 5 millones de ha para reforestar, y las comunidades pobres podrían incrementar el valor de sus territorios, desarrollando reforestación y plantaciones forestales. En la costa, hay 1 a 2 millones de ha para ser reforestadas y, Lima cuenta con un desierto, donde los árboles pueden ser

redes de sujeción de arena, captar lluvias, mejor la capa freática y acuíferos naturales. Entonces, se requiere una política forestal en temas de plantaciones y manejo forestal de bosques primarios" (Gestión 2017, p. 1). "La importancia de las plantaciones forestales en el país y regiones, es que son fuentes de trabajo y benefician la coexistencia de los seres humanos con un ambiente ecológicamente agradable para él" (Perfil Ambiental de Guatemala 2012 mencionado por Fetser 2014, p. 1).

2.2.2. Del crecimiento inicial, distanciamiento y profundidad de siembra

En base a los antecedentes se puede aludir que actualmente no se cuenta con información referente al tema de distanciamiento en una plantación inicial de *C. spruceanum*, sino solo estudios relacionados a la respuesta del crecimiento en plantaciones con edades mayores, igualmente para la profundidad de siembra, por lo que se pretende con este trabajo brindar información preliminar al respecto. Sin embargo, autores como Sevilla 2001 (p. 5), menciona "que dentro de una repoblación se establecen superficies diferenciadas en función de la preparación del terreno, densidad, especie, forma de distribuirse, labores culturales, presupuesto (en función de la pendiente, acceso, tipo y tamaño de la planta, profundidad, pedregosidad, etc.)".

Gutiérrez (2007), dice que "no existe seguridad del comportamiento inicial de las plantas, si heredarán las características de los padres, si tendrán la misma efectividad en distintos ambientes; es decir cuál será el efecto genotipo-ambiente en su crecimiento, supervivencia e interacción con el sitio de instalación" (p. 6). Y también Pezo 2007, agrega "que un conocimiento inicial para preparar una plantación, es el comportamiento de las especies forestales que se sembraran, en relacion a su crecimiento, para decidir sobre los tratamientos silvícolas a aplicar y escoger especies que se adaptan mejor a la zona" (p. 2).

2.2.3. De la captura de carbono

"El bosque siempre ha sido un recurso importante, por sus significativos aportes para los seres vivos, que va desde la producción de O_2, fijación de CO_2,

belleza escénica, protección de suelos etc., sin embargo, su uso incorrecto se ha convertido en un problema a medida que se ha incrementado la población, la frontera agrícola, la deforestación y, la falta de manejo adecuado de los bosques naturales" (Fisher y Binkley 2000, mencionado por Fetzer 2014, p. 1). Montagnini *et al.* 2002, menciona que "en lugares tropicales las plantaciones forestales proporcionan madera, protegen el suelo y son sumideros de carbono" (p. 44), y Brenes 2012 encontro que "*Terminalia amazonia* almacenó más CO_2/año con 47.57 t a una edad de 7.5 años que *Carapa guianensis* con 29.47 t, a los 11.75 años" (p. I).

Schimel *et al* (1996), mencionado por FAO s.f, dice que "entre los servicios ecosistemicos y sociales que proporciona los bosques y árboles esta la conservación de suelos y agua, conservación de la biodiversidad, captación y almacenamiento del carbono para atenuar el cambio climático mundial, las oportunidades de empleo, actividades recreativas, mejora de los sistemas de producción agrícola, de las condiciones de vida en las zonas urbanas, peri-urbanas y la protección del patrimonio natural y cultural" (p. 1).

De Celis *et al* 2007, dice que "la contaminación ambiental afecta directa e indirectamente la salud de las personas, el equilibrio de los ecosistemas y animales silvestre expuestos a sustancias tóxicas, durante los procesos de producción, distribución o utilización de productos como medicamentos, alimentos, insecticidas, pesticidas, productos de limpieza, formulaciones industriales o productos desechados al ambiente" (p. 15).

2.2.4. De la reforestación y sus ventajas

> "Las actividades de reforestación reducen gradualmente la contaminacion del CO_2 a través de la absorción durante la fotosíntesis, reduciendo su concentración en la atmósfera. El proceso de fotosíntesis libera O_2 y, ayuda a mantener el equilibrio CO_2/O_2, entonces menos CO_2 significa menos contaminación y calentamiento global. Otro riesgo ambiental por deforestación es la erosión y, las raíces de los árboles sirven como redes naturales manteniendo el suelo en su lugar, evitando la escorrentía del suelo,

reteniendo los nutrientes y manteniéndolo fértil; además las hojas y ramas secas adicionan abono al suelo. Al liberar agua por transpiración, ayudan a restaurar la humedad de la atmósfera y a mantener la temperatura en el entorno. Tambien si se plantan árboles jóvenes y se maneja adecuadamente un bosque, sera una fuente sostenible de madera" (Visual Avi s.f., p. 1).

2.2.5. De la especie (*Calycopyllum spruceanum*)

FAMILIA: Rubiaceae

ESPECIE: *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f. ex Schumann

SINONIMIA: *Eukylista spruceana* Benth

NOMBRES COMUNES:

Perú: capirona, palo mulato

Bolivia: guayabochi, palo blanco

Colombia: capirona de altura, guayabete

Ecuador: capirona

NOMBRE COMERCIAL INTERNACIONAL: pau mulato



Figura 1. Calycophyllum spruceanum en floración

- **Características de la especie**

"Se le halla en los departamentos de Amazonas, Huánuco, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali, entre 0 y 1000 msnm, crece en comunidades llamados "capironales". El árbol adquiere 35 m de altura total y 0.70 a 1.80 m de Dap. Fuste cilíndrico y recto, corteza externa marrón verdoso, con placas coriáceas desprendibles, que al caer se observa el tronco blanco grisáceo por eso se le conoce como "palo mulato", con flores blancas y pequeñas (Figura 1). El tronco recién cortado presenta albura blanco cremoso y duramen blanco pardo con vetas marrón claro, observándose entre ambas muy poca diferencia de color. Al secar la madera de la albura se vuelve blanco y el duramen amarillo. No presenta olor característico, su lustre o brillo es medio, grano recto ligeramente entrecruzado. Textura fina y el veteado es jaspeado tenue con bandas paralelas" (INIA 2018, p. 1-2).

DePerú (s.f.; p. 1), menciona que "se encuentra en zonas de altura e inundables, cerca y lejos de cuerpos de agua, chacras, purmas cerradas y jóvenes, áreas de pastoreo, pradera degradada con alta intensidad de luz y bajo sombra, es resistente a la inundación. Comparte hábitat con cetico, capinurí, ubos, guayaba, cedro, huamansamana, poma rosa, pandisho, etc.". Mientras que Cuellar y Reyes 2016 (p. 3), indican que "en Perú se le encuentra en bosques primarios y secundarios en terrenos periódicamente inundables y en formaciones ecológicas de bosque húmedo tropical (bh-T), bosque seco tropical (bs-T) y bosque muy húmedo tropical (bmh-T), por debajo de 1,200 msnm".

Y Reynel *et al* 2003, mencionado por Cuellar y Reyes 2016 (p. 3), acota "que es heliofita y está asociada *con Guarea trichilioides, Manilkara bidentata, Pourouma cecropiaefolia, Genipa americana* y otras". Sears *et al* 2002, mencionado por Cuellar y Reyes 2016 (p. 3), agrega que "es una especie de bosque ribereño temporalmente inundables por aguas claras".

- **Características tecnológicas**

Capirona, tiene madera pesada, presenta contracciones lineales bajas y una contracción volumétrica moderadamente estable. La resistencia mecánica se sitúa entre media a alta.

❖ **Propiedades Físicas**

Densidad básica 0.76 g/cm3.
Contracción radial 5.00 %
Contracción tangencial 9.00 %
Contracción volumétrica 15.00 %
Relación T/R 2.30

❖ **Propiedades Mecánicas**

Compresión paralela (RM) 283.00 kg/cm2
Compresión perpendicular (ELP) 67.00 kg/cm2
Módulo de elasticidad en flexión 100,000 kg/cm2
Módulo de rotura en flexión 723.00 kg/cm2
Corte paralelo a las fibras 87.00 kg/cm2
Dureza en los lados 425.00 kg/cm2
Tenacidad (resistencia al choque) 2.00 kg-m

❖ **Recomendaciones técnicas**

INIA 2018, (p. 1-2) “madera moderadamente fácil de aserrar y trabajar, comportamiento regular al secado artificial, con programa suave para evitar el agrietamiento. Buena resistencia al ataque biológico, no requiere preservación, madera durable, especialmente fuera del contacto con el suelo”.

❖ **Usos**

“En construcción de muebles, vigas, postes, artesanías, arcos, etc., tambien como leña por tener buena combustión. La infusion de la corteza se usa para diabetes, males ováricos, infecciones oculares, cicatrizante y antimicótico como emplasto. La savia tiene propiedades cosméticas, previene arrugas, borra cicatrices y manchas de la piel” (Martin *et al* 2022., p. 301).

2.3. Definiciones conceptuales

- **Área de copa.-** Es el área estimada de una circunferencia determinado por el promedio del diámetro de copa.

- **Altura Total (HT).-** Es la altura estimada del árbol desde la base hasta el ápice de la planta.

- **Captura de carbono.-** Es la acción de almacenaje de C por las plantas, árboles u otro tipo de flora, que absorbe el CO_2 de la atmósfera y, que a medida que crecen liberan O_2 y almacenan C.

- **Crecimiento.-** Es el incremento de la masa forestal en el tiempo, ya sea individualmente o en grupo de árboles, o también es el aumento de la altura, Dap (Diámetro a la altura de pecho), copa, raíces, ramas.

- **Contaminación del aire.-** Es la adición a la atmósfera de gases tóxicos, CO, u otros contaminantes que afectan el normal desarrollo de plantas, animales y que afectan negativamente la salud de los humanos.

- **DAC (diámetro a la altura del cuello).-** Es la medida del diámetro a 10 cm de altura, desde el suelo.

- **Forestación.-** Es la repoblación a través de la siembra o plantación, de un terreno que era agrícola o estaba dedicado a otros usos no forestales.

- **Plantación.-** Son cultivos realizados por el ser humano y que generan ecosistemas forestales, mediante la instalación de una o más especies forestales nativas o introducidas, con fines de producción de madera o productos forestales diferentes a la madera, protección, restauración, provisión de servicios ambientales.

- **Plántula.-** Son individuos jóvenes de árboles producidas en viveros o cosechadas en el bosque natural, para establecer plantaciones.

- **Reforestación.-** Es la reintroducción de especies forestales, mediante siembra o plantación, en terrenos que estuvieron poblados forestalmente, pero que se perdió a causa de las talas, incendios, vendavales, plagas, enfermedades u otros motivos.

- **Sobrevivencia.-** Es la capacidad de sobrevivir que puede poseer cualquier ser vivo, después de un determinado evento.

2.4. Bases filosóficas y epistemológicas

La investigación filosóficamente se enmarca dentro de la corriente del positivismo, movimiento muy predominante en las ciencias físicas y naturales. Es calificado como cuantitativo, empírico-analítico, científico y tecnológico (Ramos 2015, p. 9). Se caracteriza por ser real, racional, objetivo y busca la verdad a través de la experimentación y la observación. Sus aportes en el conocimiento están respaldados por el método científico. La postura del positivismo, en el aspecto metodológico se basa en los métodos experimentales, con la finalidad de manipular en forma intencionada los diferentes factores independientes y medir objetivamente los efectos o cambios cuantitativos que se producen en el objeto o fenómeno. Por lo tanto para que exista conocimiento autentico, solo se puede conseguir cuando se pruebe y verifique los supuestos, que son denominadas hipótesis, a través de los métodos estadísticos (p. 10).

Por otro lado, por los objetivos que se plantea en la investigación, se encuentra enmarcada dentro de la “teoría de la innovación” (Martínez 1987, p. 8), que plantea dentro del enfoque estrictamente económico, que los nuevos conocimientos científicos en el campo forestal, deben ser aporte al desarrollo tecnológico forestal y tener una aplicación práctica en el campo económico. Por lo tanto es importante entender el papel del avance tecnológico permanente para un sector forestal más competitivo.

El presente estudio, también se encuentra enmarcada dentro de la ciencia de la silvicultura, como parte del nuevo concepto de la gestión forestal sostenible, definida como la ejecución de prácticas y técnicas que se aplican a las masas boscosas con el fin de cumplir objetivos económicos, sociales y ambientales. En ese contexto, desde el punto de vista económico, la generación de conocimientos para mejorar los rendimientos y producción de madera y disminuir los costos, se encuentra inmerso dentro de la “teoría de la producción”.

La teoría de la producción según (Infante 2016, p. 394), “se basa en dos principios fundamentales; a) la ley de los “rendimientos decrecientes” o también

llamada de “proporciones variables” y b) el principio de la “eficacia económica”. Con la primera ley, se pretende responder de qué manera inciden en la producción forestal, el aumento de algunos factores variables, como los insumos, fertilizantes, pesticidas, distancias, profundidades, etc. y estas en que momento generan rendimientos decrecientes en la producción. Con el segundo principio, de la “eficacia económica”, el silvicultor busca la mejor combinación de los diferentes factores productivos para conseguir la mayor eficacia económica, es decir maximizar la producción forestal, minimizar los costos de producción y maximizar la rentabilidad de la actividad”.

Esta teoría, permite estudiar y analizar los diferentes factores que afectan la producción, entre las que se encuentran el trabajo, el capital, dentro de ella el capital natural, que comprende los recursos naturales y sus diferentes componentes abióticos y bióticos. En la producción forestal los principales factores de producción se encuentran la capacidad de crecimiento de las especies forestales, el material genético, calidad de sitio, etc. Mediante la manipulación de algunos factores afectan la producción, se propone conseguir la mayor eficacia económica de la actividad forestal.

2.5. Bases epistemológicas de la silvicultura

Las plantaciones forestales enfrentan problemas tecnológicos. Desde el punto de vista epistemológico se plantea un enfoque basado en la disciplinaridad por ser propuesto la solución de los problemas desde una sola disciplina, a pesar que en el mundo actual el enfoque es interdisciplinario o sistémico, porque el ambiente donde se centra es la confluencia del muchos factores; para el presente estudio se ha dejado de estudiar los otros factores y nos centraremos en dos factores como la profundidad de siembra y el distanciamiento de la plantación.

Con este enfoque se propone construir el conocimiento en la ciencia de la silvicultura, desglosando los problemas en temas más específicos o disciplinarios y en un momento después, se podrá estudiar los efectos en conjunto o desde el punto de vista transdisciplinario o sistémico.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

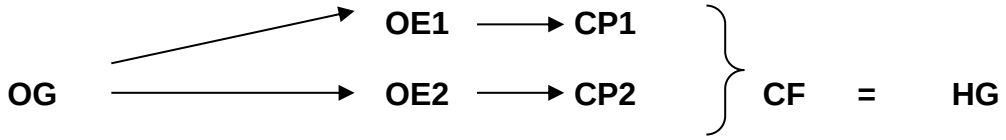
3.1. Tipo de investigación

Experimental. - Porque hubo manipulación de las variables en estudio, con el fin de describir de qué modo o por qué causa, se produjo la situación observada.

Observacional. - Porque se observo y registro las mediciones, es decir el comportamiento de las variables en estudio.

3.2. Diseño y esquema de la investigación

La investigación por su diseño fue por “Objetivos”, conforme a los resultados que se obtuvieron de acuerdo al esquema que se presenta:



Donde:

OG = *Objetivo General*
OE = *Objetivo Específico*
CP = *Conclusión Parcial*
CF = *Conclusión Final*
HG = *Hipótesis General*

3.2.1. Diseño de la investigación

La plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona), fue instalada en diciembre del 2017 (Anexo 2), en el campus de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, en un área cercano al hangar, El Diseño fue de bloques completamente al azar (DBCA), con tres repeticiones, cuatro tratamientos, con arreglo factorial de 2 x 2 (Tabla 1), con dos distanciamientos (3 m x 2 m, 3m x 4m) y dos profundidades de siembra (90 cm, 30 cm). Se bloqueó debido a heterogeneidad del contenido de humedad del suelo, ya que se encuentra a orillas de la laguna de Yarinacocha, siendo un suelo aluvial.

Tabla 1. Diseño del experimento

BLOQUE 1				BLOQUE 2				BLOQUE 3			
3mx2m 90cm (T1)	3mx4m 30cm (T4)	3mx2m 30cm (T2)	3mx4m 90cm (T3)	3mx4m 90cm (T3)	3mx4m 30cm (T4)	3mx2m 30cm (T2)	3mx2m 90cm (T1)	3mx2m 30cm (T2)	3mx2m 90cm (T1)	3mx4m 90cm (T3)	3mx4m 30cm (T4)

3.2.2. Procedimiento

La plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona), fue instalada en diciembre del 2017 a una altitud de 154 msnm, en terrenos degradados del hangar de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA), ubicada en la carretera a San José Km 0.63, en el Distrito Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali (Figura 2), con coordenadas UTM 544887 E / 9077263 S, corresponde a la zona de vida Bosque Húmedo Tropical, el clima es cálido húmedo, con una humedad relativa promedio de 82%, precipitación anual de 2,000 a 3,000 mm, con meses lluviosos de octubre a marzo. Según SENAMHI (2020), las temperaturas máximas y mínimas promedios anuales alcanzan 33ºC y 23ºC respectivamente. El lugar donde está instalada la plantación es un suelo aluvial temporalmente inundable, que fue subsolado y arado.

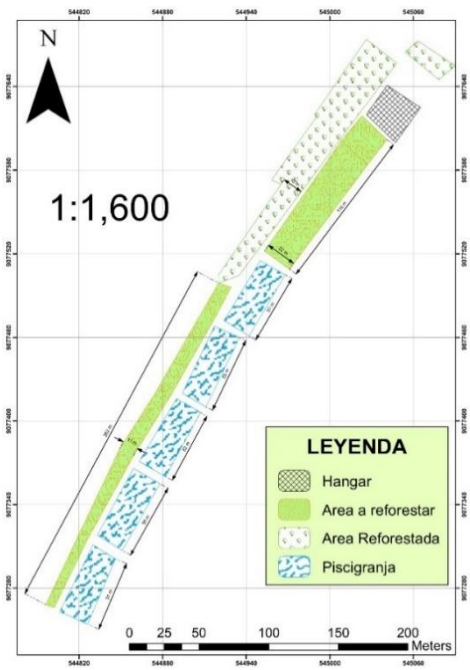
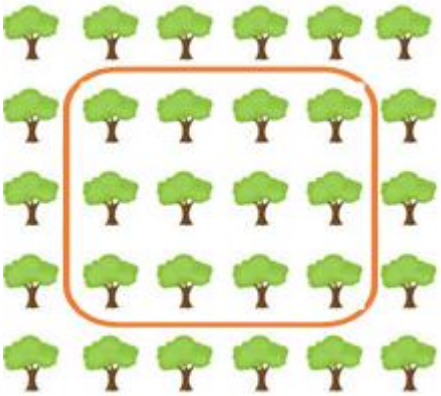


Figura 2. Area reforestada con Calycophyllum spruceanum

En diciembre del 2017, para la ejecución del trabajo de investigación en los terrenos del hangar, inicialmente se realizo el arado con un tractor e inmediatamente con un subsolador, se procedio a realizar las filas de siembra, agregandole cascarilla de arroz carbonizado para darle aireación al suelo, se midio con wincha los distanciamientos de 3 x 2 m y 3 x 4 m, asi mismo con un cavador se aperturo los hoyos a una profundidad de 30 y 90 cm, en cada bloque. Luego se procedio a realizar la siembra de los plantones de capirona que tenían aproximadamente 30 cm de altura.

Un tratamiento estaba representado por una parcela, constituida por 30 árboles (6 filas y 5 columnas), donde los 12 árboles centrales eran las unidades de medición, además se contaba con un borde interno y uno externo simple.



Codificación de árboles

Para llevar a cabo la evaluación, se codifico colocando a 10 cm de distancia de cada árbol una estaca pintada de diferente color según los tratamientos para diferenciarlos. Una vez instalada la estaca pintada, se colocó una placa de aluminio en la parte superior, con la información del número de bloque, número de tratamiento, número de fila y número de árbol, de la siguiente manera: B1T1FA3, donde B = bloque, T = tratamiento, F = Fila, A3 = árbol 3. Posteriormente se pintó alrededor del fuste de color rojo a una altura de 10 cm del suelo, con el objetivo de evaluar el diámetro del fuste en el mismo lugar (Figura 3).



Figura 3. Codificación de los plantones de capirona

Labores culturales

Durante la investigación, se desarrollo las siguientes labores culturales:

a. *Limpieza de la plantacion,* que consistió en limpiar la maleza de la plantación con ayuda de la motoguadaña, cada 3 meses (Figura 4).



Figura 4. Limpieza de la plantacion

b. *Poda de formación,* se desarrolló realizando el corte a 1/3 del tamaño de copa, utilizando una tijera de mano (Figura 5).



Figura 5. Poda de formación de la plantación

c. *Fertilización*, previo a la fertilización, se neutralizo el suelo espolvoreando con cal alrededor de la cada planta y después de 4 dias se procedio a realizar un hoyo a 10 cm de cada lado del arbol, donde se coloco 100 g de NPK para fertilizar cada una de las plantas. Se realizo tres fertilizaciones en el mes de noviembre 2018, agosto 2019 y noviembre 2019.

En agosto 2019, se hizo un análisis de suelo, por bloque según el método zigzag, extrayendose un kilo de muestra de suelo, que se envió al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) en Tingo María, para determinar el analisis de nutrientes del suelo (tabla 2 y Anexo 6).

Tabla 2. Resultado del análisis de suelo de la plantación

BLOQUE	TEXTURA	PH	N	P	K
Bloque 1	Franco arcilloso	6.31	0.09	8.09	70.97
Bloque 2	Arcillo limoso	8.12	0.1	8.97	126.94
Bloque 3	Franco Arcillo limoso	8.1	0.11	12.34	147.9

Producto de este análisis, al mes siguiente, se aplico 1 kg de humus de lombriz por planta y urea en cada bloque.

Estimación de las variables biométricas

Las variables de crecimiento evaluadas en el área útil de la parcela fueron la altura total, el diámetro del tallo a 10 cm del suelo y diámetro de la copa.

Las mediciones se realizaron a los 13, 17, 20 y 23 meses de establecida la plantación de *C. spruceanum*. Las variables de crecimiento se midieron de la siguiente manera:

- La *altura total*, fue medida desde la base hasta el ápice del árbol, utilizando una pértiga telescópica de 15 metros (Figura 6).



- El *diámetro del fuste*, se midió utilizando un vernier digital (mm) a una altura de 10 cm. del fuste desde el nivel del suelo.



Figura 6. Medición de la altura y diametro de capirona

- Para determinar el *diametro de copa,* se midio los radios de la copa, para el cual se utilizo un jalón, que sirvió para proyectar el borde de la copa del árbol. Y desde el centro del fuste se oriento con la brújula hacia el jalón cada 45° (0°, 45°, 90°,135° 180°, 225°, 270° y 315°), esta distancia del punto central del fuste al borde de la copa, se hizo con la ayuda de un jalon de 3 metros, y esta distancia se midió con una wincha métrica de 10 metros, obteniéndose así cada radio de la copa (Figura 7).



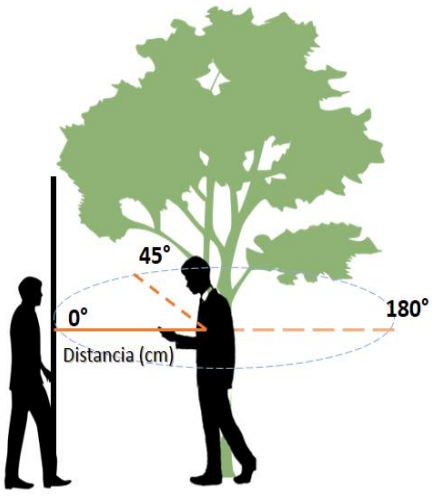


Figura 7. Medición del diámetro de copa

Para calcular el diámetro de la copa, se sumo los radios opuestos y una vez obtenido los diámetros (D), se promedio para calcular el diámetro total.

Determinación de la biomasa del fuste y carbono fijado

El primer paso para el cálculo de la biomasa y el carbono de la plantación de capirona fue la elaboración de la base de datos en la cual se enfatizaron los siguientes criterios: 1) uniformización de unidades según los requerimientos de las ecuaciones alométricas seleccionadas, 2) ubicación precisa de las variables que alimentan las ecuaciones alométricas como el Dap y la Ht.

Para los tratamientos se planteo como variables independientes la profundidad de siembra (30 y 90 cm de profundidad de hoyo) y el distanciamiento de siembra (3 m x 2 m y 3 m x 4 m), y como variable dependiente la capacidad de captura de carbono (Tabla 3).

Tabla 3. Datos para el cálculo del carbono almacenado

No. Trata-miento	Profundidad de siembra (P) (cm)	Distancia-miento (D) (m)	Distancia-miento (D) (m2)	Descripción	Cant plantas	área (m2)
T1 = P1D1	90	3 m x 2 m	6	90 cm + 3 m x 2m	12	72
T2 = P2D1	30	3 m x 2 m	6	30 cm + 3 m x 2m	12	72
T3 = P1D2	90	3 m x 4 m	12	90 cm + 3 m x 4m	12	144
T4 = P2D2	30	3 m x 4 m	12	30 cm + 3 m x 4m	12	144

El cálculo de la biomasa seca total se basó en el uso de la ecuación alométrica específica para la especie, propuesta por Gorbitz (2011) la cual se basa en el uso del diámetro a la altura del pecho (DAP) como variable predictora (Tabla 4).

La elección de esta ecuación se basa en la recomendación establecida por Segura y Andrade 2008, donde indican que para un mejor cálculo de la fijación de la biomasa y el carbono en proyectos forestales y agroforestales

es fundamental el desarrollo de modelos alométricos locales para estimar el carbono almacenado en los árboles, arbustos y palmas.

Tabla 4. Ecuaciones alométricas para calcular la biomasa y el carbono

N°	*Especificación*	*Ecuación*	*Fuente*
1	• DAP de 2,55 a 22,4 cm • Ht de 4,1 a 20,8 m	$BST = 0.072 * DAP^{2.642}$	Gorbitz, 2011
2	C en la biomasa	$C = BST * Fc$	Martin & Thomas (2011)

Leyenda: BST: biomasa seca total del individuo (kg); DAP: diámetro (cm) del tronco a la altura del pecho (1,3m); Ht: altura total (m); C: Carbono; Fc: fracción de carbono = 0,473.

Para el cálculo del contenido de carbono se uso el factor de carbono propuesto por Martín y Thomas (2011) el cual usa la proporción de 0,473 para determinar el carbono en la biomasa seca. Así mismo, se procedió a la sumatoria de los totales carbono de cada individuo por tratamiento obteniendo el total de carbono por tratamiento, finalmente se extrapoló el valor de carbono por tratamiento a carbono por hectárea.

3.3. Población y muestra

3.3.1. **Población:** fue 512 árboles de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) instalados en 0.5 Ha del hangar de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.

3.3.2. **Muestra:** fueron 144 árboles de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) del total establecido en el hangar de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, por medio del diseño de la investigación.

3.4. Instrumento de recolección de datos

La recolección de datos se realizó, utilizando el formato de evaluación Anexo 1.

3.5. Técnicas de procesamiento y presentación de datos

3.5.1. Tratamiento de datos

Con los datos obtenidos se realizo cuadros, figuras y gráficos de barras, etc.

3.5.2. Prueba Estadística

El análisis estadístico se realizo con el software Mintab Statical versión 18. Compatible al Windows. Se aplico un análisis de varianza, con diseño de bloques completos al azar con arreglo de 2 factores. El supuesto de normalidad se probó mediante la prueba de Shapiro-Wilk.

Fuentes de variación	***gl***	***SC***	***CM***	***FC/F_{obs}***
Factor a	p – 1	SCa	CMa	
Factor b	q – 1	SCb	CMb	
Interacción a x b	(p-1)(q-1)	SCab	CMab	
Error experimental	pq (n – 1)	SCr	CMr	
Total	**pqn –1**	**SCt**		

El supuesto de homogeneidad de varianza se probó mediante la prueba de Bartlett o Levene (si los datos se distribuyen normalmente); en ambos casos con un nivel de significancia de 5%.

El análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia de 5%, utilizo el siguiente modelo matemático:

$$Xijk = m + ai + bj + cl + abij + Dijk$$

Xijk: Variable respuesta
m: media general
ai : efecto i-ésimo (distanciamiento) i:1,2
bj: efecto j- ésimo (profundidad de siembra) j: 1,2
abij: efecto de la interacción del i-ésimo (distanciamiento) y el j- ésimo (profundidad de siembra)
cl : efecto del l-esimo (bloque) l:1,2,3
Dijk: Error aleatorio

En el caso que sea rechazado la hipótesis nula se desarrollara la prueba de Tukey con 5% de significancia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados del crecimiento inicial en términos de altura, diámetro y área de copa de la plantación de *Calycophyllum spruceanum*

a) Crecimiento en altura

En la Tabla 5 y Figura 8, muestran que en las evaluaciones registradas durante los 23 meses, no existe diferencia estadísticamente significativa (P > 0.05) entre los tratamientos, así mismo, se observa que entre Bloques no presentaron diferencias estadísticas significativas en el crecimiento en altura de *C. spruceanum.*

Tabla 5. Comparación de medias del crecimiento en altura (m) de C. spruceanum

Tratamientos	***13 meses***	***17 meses***	***20 meses***	***23 meses***
T1	1.96a	2.73a	3.59a	4.40a
T2	2.24a	3.36b	3.91a	4.34a
T3	2.30a	2.87a	3.81a	4.54a
T4	2.13a	2.91a	3.76a	4.18a

Letras diferentes muestran significancia estadística

Al analizar el crecimiento a los 23 meses de edad, numéricamente el T3 a un distanciamiento de 3 x 4m y 90 cm de profundidad, presento una altura de 4.54 m ligeramente mayor al tratamiento T1 de 3 x 2m y 90 cm de profundidad con 4.40 m, seguidos del T2 de 3 x 2m y 30 cm con 4.34 m y el T4 de 3 x 4m y 30 cm con 4.18 m. Teniendo una diferencia de crecimiento de altura entre T3 (mayor) y T4 (menor) de 36 cm.

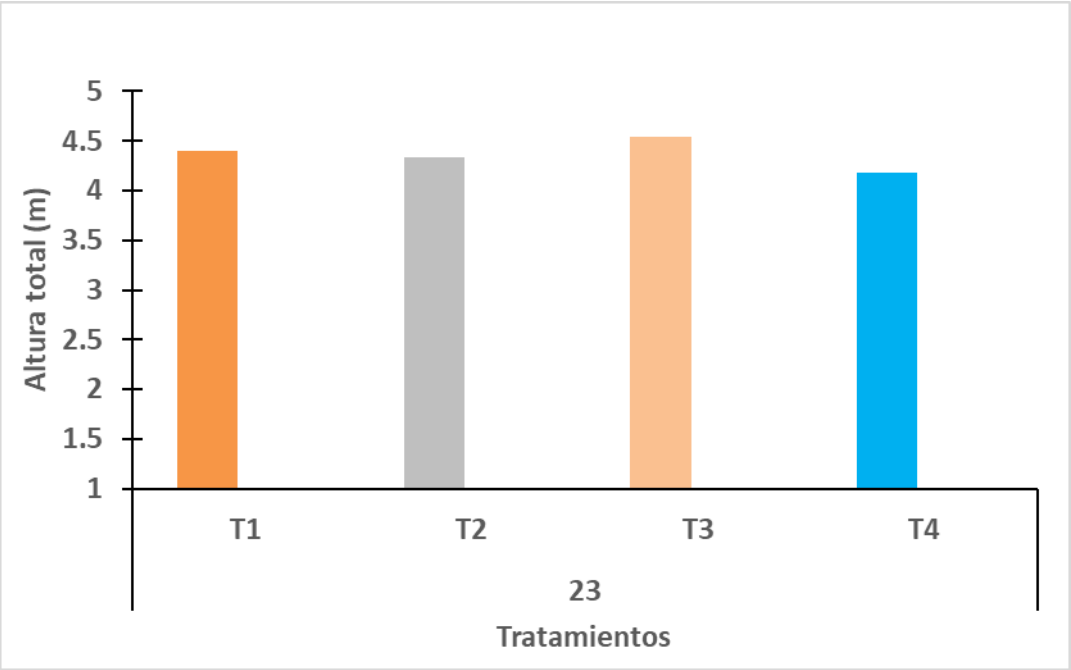


Figura 8. Altura total de C. spruceanum

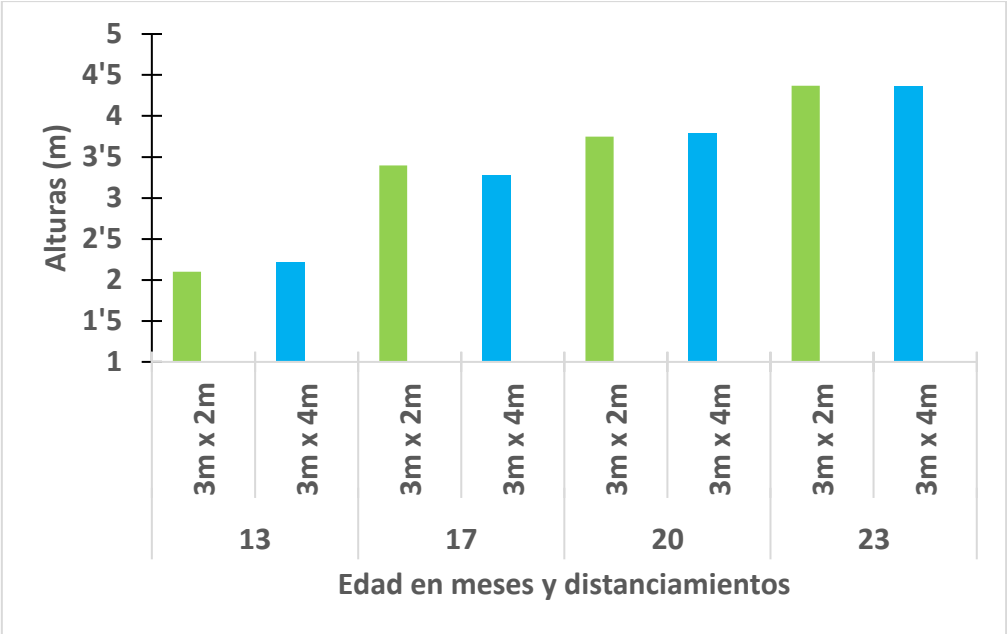


Figura 9. Crecimiento de la altura con respecto al distanciamiento

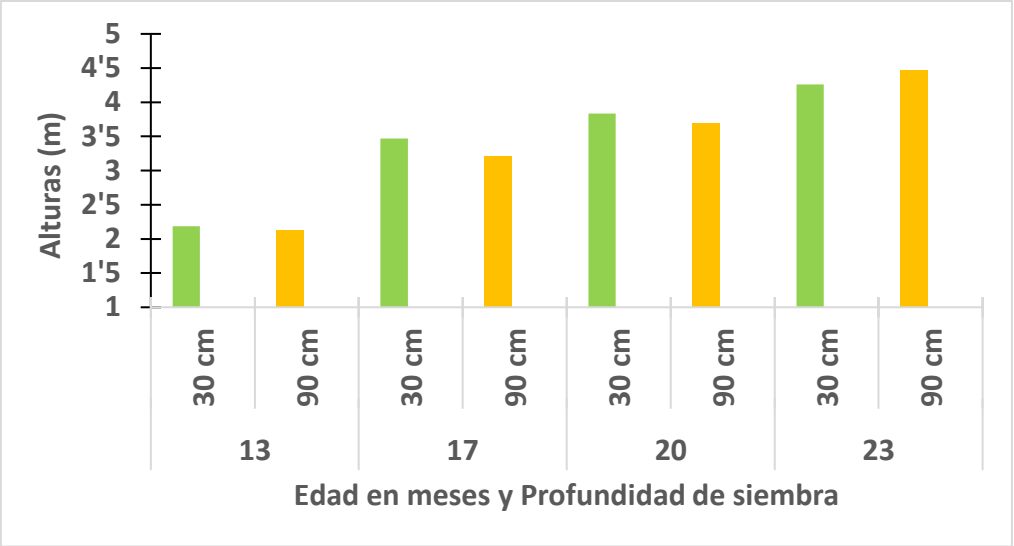


Figura 10. Crecimiento de la altura con respecto a la profundidad

Y con respecto a la influencia de los espaciamientos y profundidades en la variable crecimiento en altura (Figura 9 y 10), tampoco fue significativa porque denota poca variabilidad entre los tratamientos de 3 x 2 m, 3 x 4 m y a 30 y 90 cm de profundidad, obteniéndose un minimo crecimiento de *C. spruceanum*.

b) Crecimiento del diámetro de fuste de C. spruceanum

Al comparar los promedios de los diferentes tratamientos, numéricamente las plantas *C. spruceanum* a un distanciamiento de 3 m x 4 m y 90 cm de profundidad de siembra (T3), presentaron mayor diámetro de tallo (Tabla 6 y Figura 11) con un valor de 71.45 mm, seguido del T4 con 66.22 mm, T1 con 65.70 y por último el T2 con 65.46 mm.

Tabla 6. Comparación de medias del crecimiento del diámetro de fuste (mm)

Tratamiento	***13 meses***	***17 meses***	***20 meses***	***23 meses***
T1	44.13a	61.49a	59.91a	65.70a
T2	44.34a	64.05a	63.40a	65.46a
T3	47.33a	67.72a	61.21a	71.45a
T4	42.79a	58.95a	60.00a	66.22a

Letras diferentes muestran significancia estadística

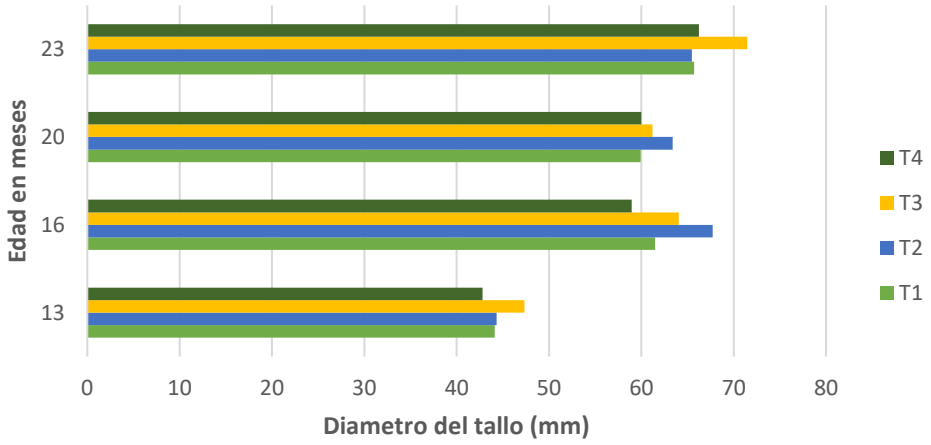


Figura 11. Crecimiento del diametro de fuste, según tratamiento

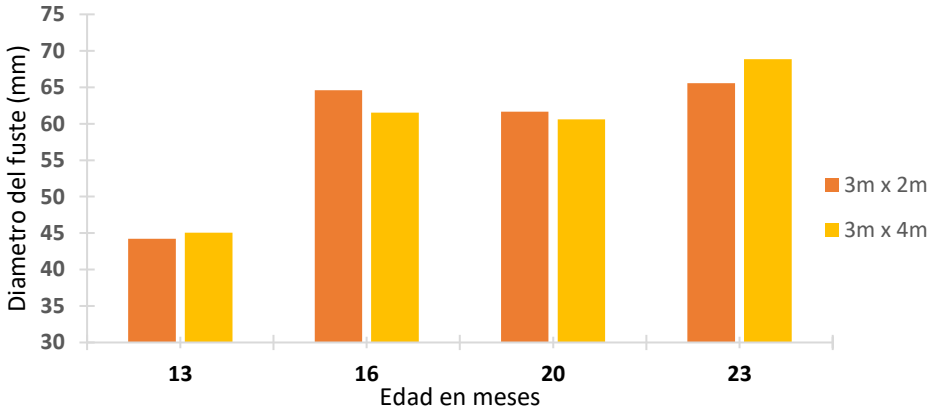


Figura 12. Crecimiento del diámetro del fuste, según distanciamiento

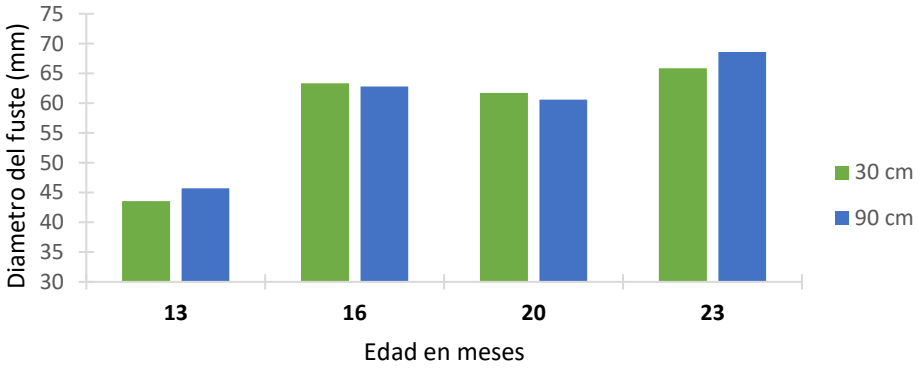


Figura 13. Crecimiento del diametro de fuste, según profundidad

Igualmente el crecimiento diametrico Figura 12 y 13, no presento una diferencia significativa, siendo el tratamiento T3 (3 x 4 m y 90 cm de profundidad), el que obtuvo el mejor incremento diamétrico.

c) Crecimiento del diámetro de copa de C. spruceanum

Tabla 7. Comparación de medias del diámetro de copa (cm)

Tratamiento	13 meses	17 meses	20 meses	23 meses
T1	125.44a	138.67a	119.58a	145.67a
T2	135.30a	155.14a	137.27a	151.16a
T3	140.58a	153.58a	106.06a	169.97a
T4	131.41a	143.36a	127.88a	139.52a

Letras diferentes muestran significancia estadística

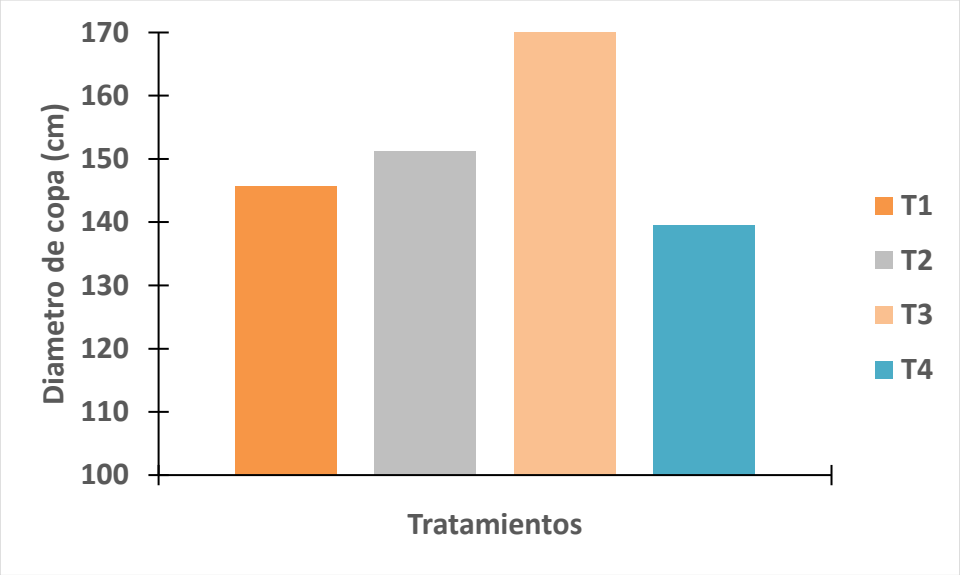


Figura 14. Crecimiento del diámetro de copa

En la Tabla 7 y Figura 14, también se observa que no existe diferencia estadística significativa (P > 0.05) entre los tratamientos (distanciamientos x profundidades de siembra), y que las plantas de *C. spruceanum* del T3 a un distanciamiento de 3 x 4m y 90 cm de profundidad de siembra (Figura 15 y 16), presento el mayor valor promedio de crecimiento del diámetro de copa (169.97 cm), mientras que a un distanciamiento de 3 x 4m y 30 cm de profundidad de siembra (T4), alcanzo el menor valor con 139.52 cm.

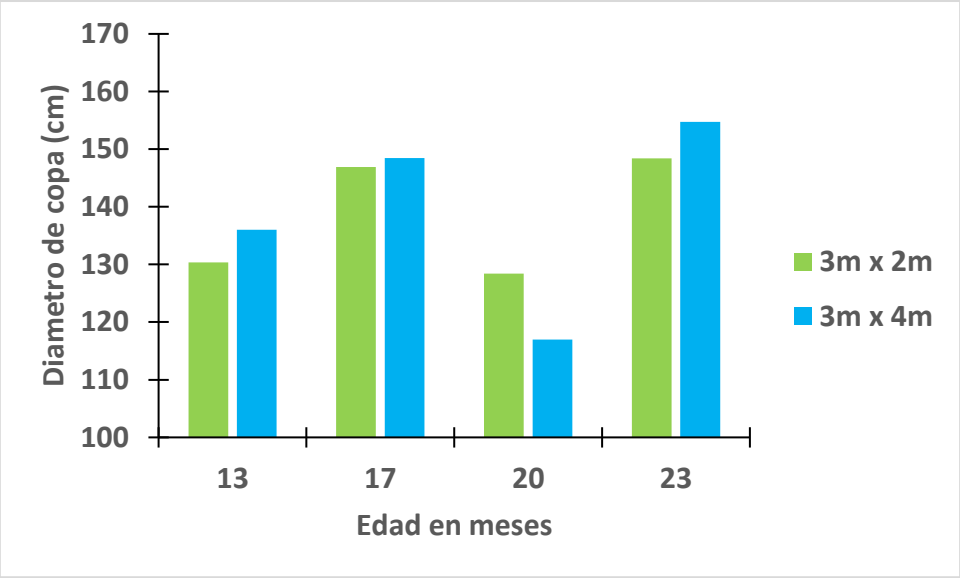


Figura 15. Crecimiento del diametro de copa, según distanciamiento

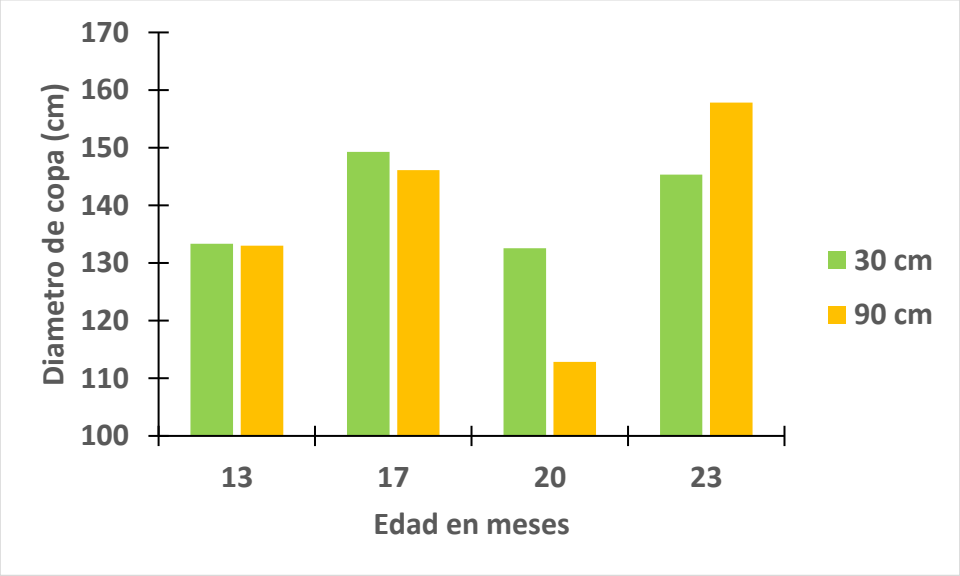


Figura 16. Crecimiento del diametro de copa, según profundidad

d) IMA e ICA del diámetro de C. spruceanum

Tabla 8. Incremento medio anual del diámetro

Meses	Años	T1	T2	T3	T4
13	1.08	3.233	3.369	2.295	3.393
17	1.42	3.802	3.670	2.521	3.645
20	1.67	3.254	3.120	2.142	3.122
23	1.92	2.813	2.875	2.009	2.875

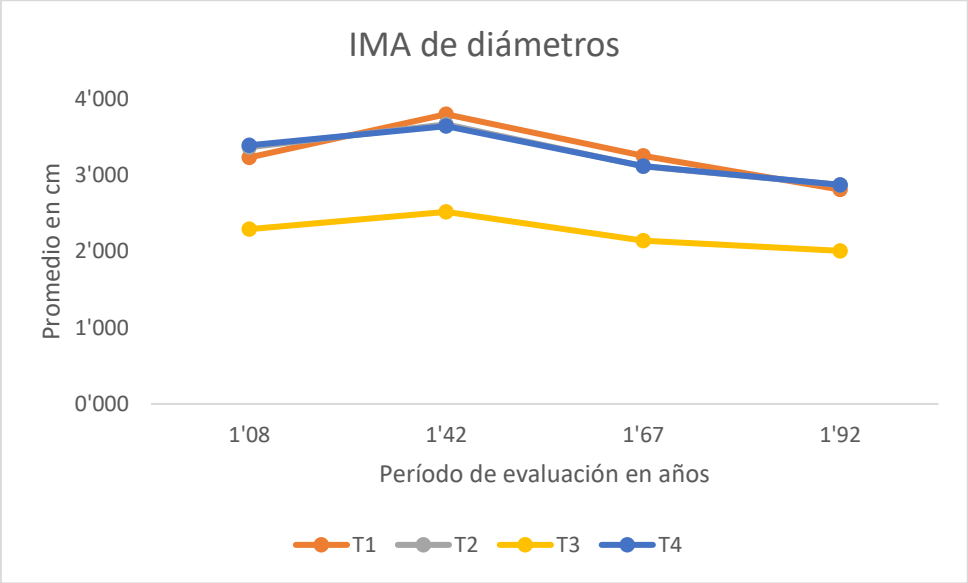


Figura 17. Incremento medio anual del diámetro de C. spruceanum

Tabla 9. Incremento corriente anual del diámetro

Meses	Años	T1	T2	T3	T4
13	1.08	0.000	0.000	0.000	0.000
17	1.42	1.883	1.549	1.085	1.488
20	1.67	0.038	0.000	0.000	0.039
23	1.92	-0.032	0.311	0.280	0.309

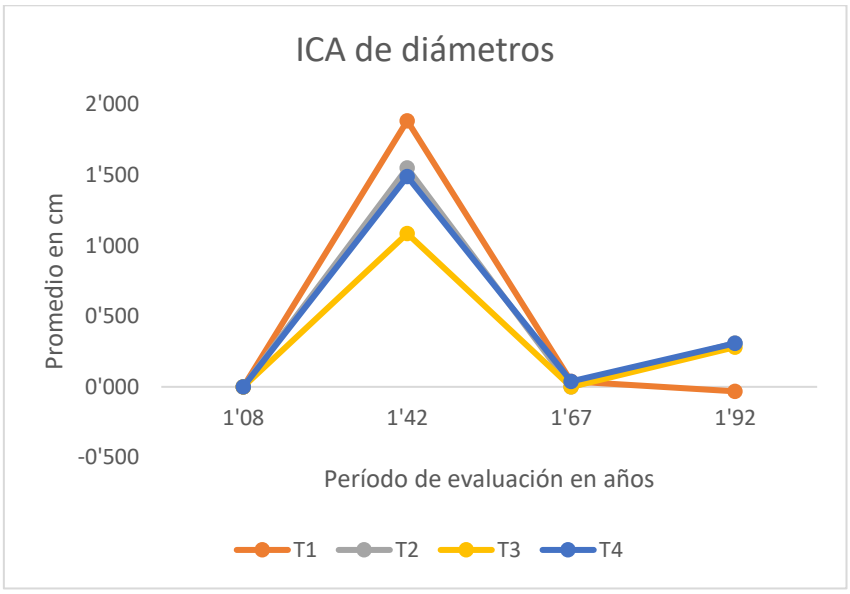


Figura 18. Incremento corriente anual del diámetro

e) IMA e ICA de la altura de C. spruceanum

Tabla 10. Incremento medio anual de la altura

Meses	Años	T1	T2	T3	T4
13	1.08	1.656	1.509	1.141	1.801
17	1.42	1.872	1.738	1.199	1.703
20	1.67	2.023	1.908	1.314	1.957
23	1.92	1.932	1.855	1.263	1.861

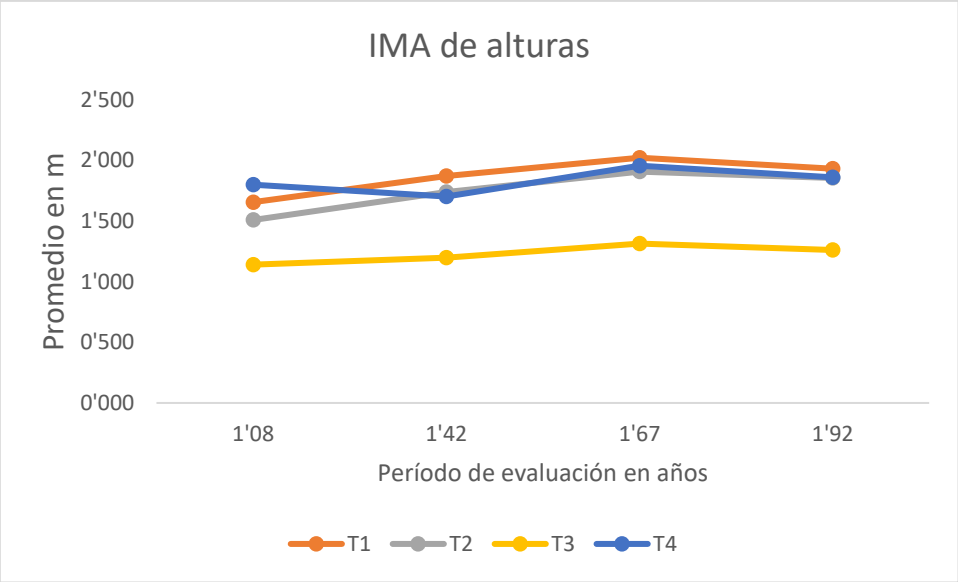


Figura 19. Incremento medio anual de la altura

Tabla 11. Incremento corriente anual de la altura

Meses	Años	T1	T2	T3	T4
13	1.08	0.000	0.000	0.000	0.000
17	1.42	0.858	0.828	0.463	0.461
20	1.67	0.719	0.717	0.492	0.849
23	1.92	0.331	0.376	0.229	0.305

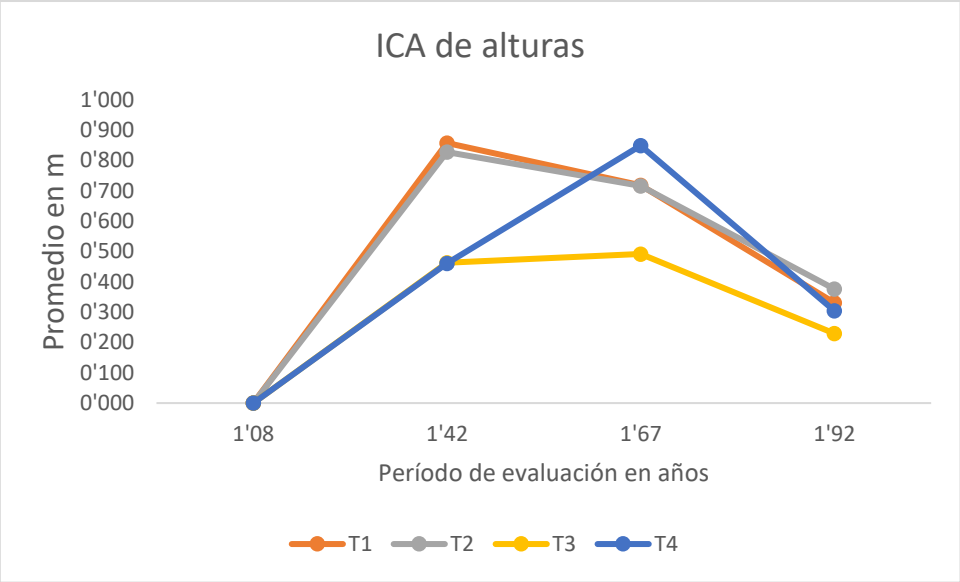


Figura 20. Incremento corriente anual de la altura

Los reportes de crecimiento de *C. spruceanum* son muy dispares, en este caso el IMA e ICA del diámetro fue de 3.802 y 1.883 cm respectivamente en el T1 a los 1.42 años (17 meses) y el IMA e ICA de la altura fue de 2.023 y 0.858 m, también en el T1 a los 1.42 años, debido a que es considerada una especie de mediano a rápido crecimiento, dependiendo del factor tiempo, así como la topografía, clima, calidad de sitio, densidad, competencia entre elementos, etc. Sin embargo, no son determinantes para predecir el comportamiento final de la plantación (Tabla 8 al 11, Figura 17 al 20).

4.2. Cantidad de carbono almacenado en la plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona)

a) Carbono almacenado por tratamiento

En la Tabla 12, se observa que al 1.92 años (23 meses) de evaluación el tratamiento con mayor acumulación de carbono fue el T1 con un total de 3.28 tC ha^{-1}, del mismo modo el T2 muestra una acumulación similar de carbono con 3.24 tC ha^{-1}, con una tendencia creciente (Figura 21).

Tabla 12. Acumulación de carbono por tratamiento

Meses	Años	T1 (tC ha^{-1})	T2 (tC ha^{-1})	T3 (tC ha^{-1})	T4 (tC ha^{-1})
13	1.08	1.27	1.32	0.47	0.71
17	1.42	3.25	2.92	1.08	1.53
20	1.67	3.28	2.93	1.07	1.56
23	1.92	3.28	3.24	1.27	1.78

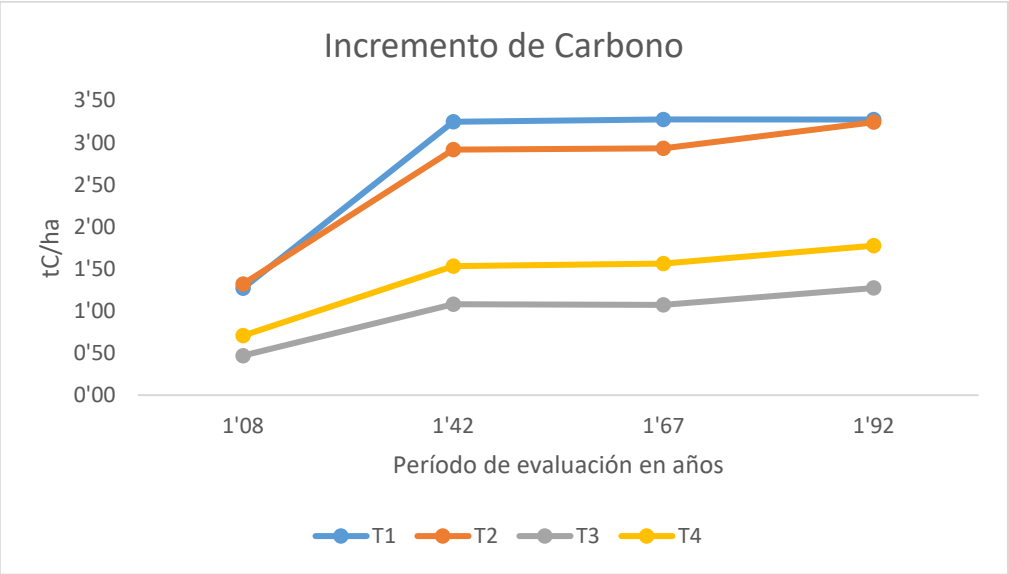


Figura 21. Incremento de carbono según tratamiento

b) IMA del carbono almacenado

El IMA de carbono en los tratamientos aplicados, muestra que el mayor incremento se presenta en el T1 y T2 desde el 1.08 al 1.92 años, es decir desde el 13 a los 23 meses de evaluación (Tabla 13, Figura 22).

Tabla 13. IMA del carbono por tratamiento

Meses	Años	T1 (tC ha^{-1})	T2 (tC ha^{-1})	T3 (tC ha^{-1})	T4 (tC ha^{-1})
13	1.08	1.17	1.22	0.43	0.65
17	1.42	2.29	2.06	0.76	1.08
20	1.67	1.97	1.76	0.64	0.94
23	1.92	1.71	1.69	0.66	0.93

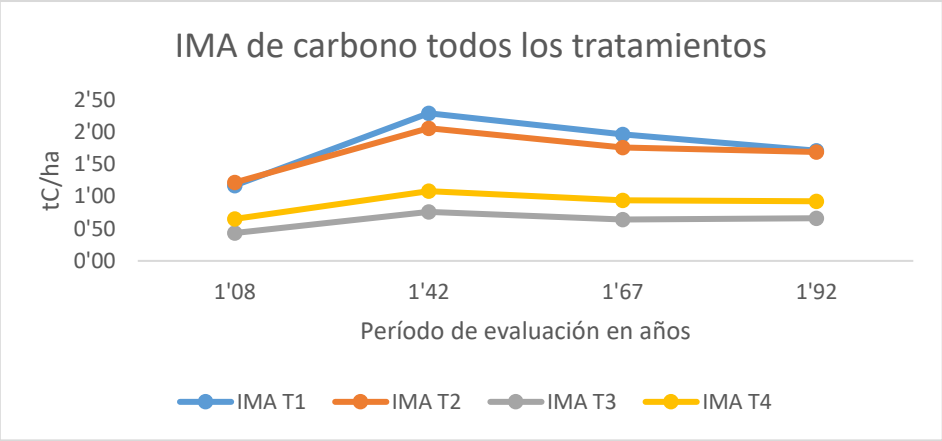


Figura 22. Incremento medio anual del carbono de los tratamientos

c) ICA de carbono almacenado

El ICA del carbono en los tratamientos, según el Tabla 14 y Figura 23, grafica que el mayor incremento se presenta en el T2 al año 1.92 de evaluación (23 meses) con 0.31 tC ha^{-1}

Tabla 14. ICA del carbono por tratamientos

Meses	***Años***	***T1 (tC ha^{-1})***	***T2 (tC ha^{-1})***	***T3 (tC ha^{-1})***	***T4 (tC ha^{-1})***
13	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00
17	1.42	1.98	1.60	0.61	0.83
20	1.67	0.03	0.01	- 0.01	0.03
23	1.92	0.00	0.31	0.20	0.21

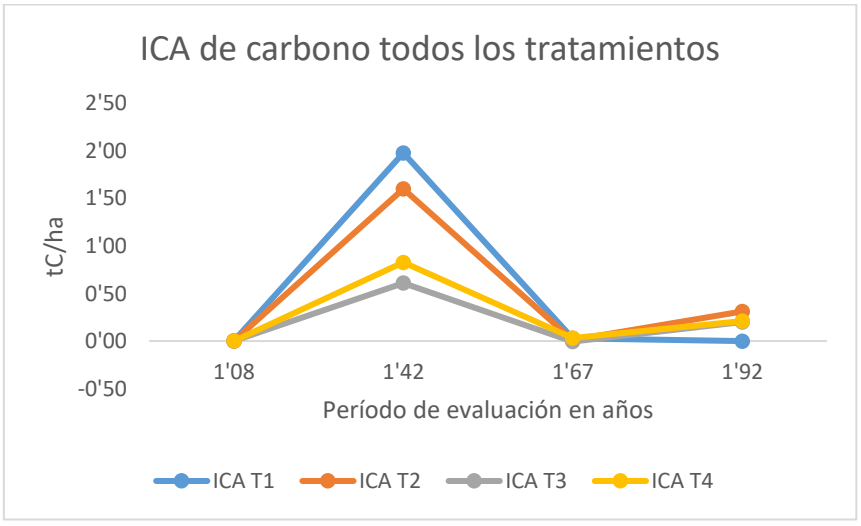


Figura 23. Incremento corriente anual del carbono por tratamiento

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Del crecimiento inicial en términos de altura, diámetro de fuste y diámetro de copa de la plantación de *C. spruceanum*

a) Crecimiento en altura

La altura total en *C. spruceanum* en la presente investigación no presento diferencias significativas entre tratamientos obteniéndose un crecimiento promedio de 4.18 a 4.54 m; el cual fue superior a las evaluaciones obtenidas por Vilchez (2019), quien sometio a varias dosis de fertilizantes en plantaciones de 2 años siendo el rango de crecimiento de 3.30 a 3.73 m de altura. Al igual que Díaz *et al* (2021), quienes obtuvieron un promedio en altura de 3.75 m a los 18 meses al sembrar semillas al voleo de *C. spruceanum*, considerándola una nueva alternativa de propagación. Mientras que Ushiñahua 2016, “reporto un crecimiento en altura de capirona de 1.4 – 1.6 m a los seis meses y 3.5 – 4.7 m al año”.

En cuanto a la diferencia numérica en la plantación de capirona, resalto el distanciamiento de 3 m x 4 m y 90 cm de profundidad (T3), este crecimiento puede deber a varios factores, entre ellos la calidad de sitio, el clima, densidad, competencia entre elementos (agua, luz, nutrientes y espacio, etc.). Esto coincide con Vilchez (2019) y Centeno (2012), quienes “no encontraron diferencias significativas cuando aplicaron tratamientos de fertilización al igual que en el presente trabajo, donde los tratamientos de distanciamiento x profundidad de siembra de *C. spruceanum,* no presentaron diferencias estadísticas significativas en la variable crecimiento. No obstante también observaron diferencias numéricas en las variables de respuesta de las plantas, atribuyendo el resultado a la apropiada selección del sitio y al nivel de adaptación de la especie a las condiciones ecológicas de su hábitat, ya que próspera en áreas con alta insolación (heliófita), en suelos limosos a arcillosos, aluviales y el desarrollo alcanzado es considerado normal, por ser una especie nativa

adaptada a las condiciones ecológicas de la región, además es de rápido crecimiento", Asi mismo Ugarte y Román (2020) al "evaluar la influencia de las condiciones ambientales en la tasa de crecimiento de *Guazuma crinita*, *Calycophyllum spruceanum, Simarouba amara* y *Cedrelinga cateniformis* en cuatro regiones de la Amazonía peruana, obtuvo que el crecimiento de las plantaciones de *G. crinita* y *C. spruceanum* variaron más que las de *S. amara* y *C. cateniformis*, concluyendo que se debe a las diferentes edades evaluadas, características propias de las especies, al uso de la tierra que eran pastizales ganaderos y áreas agrícolas". Al respecto Montero y Kanninen (2002, p. 51) "corrobora este resultado al afirmar que la elección correcta del lugar para establecer una plantación hace que las especies sean más compatibles con las características del suelo, por lo que se podría deducir que los tratamientos han influenciado poco". Serrada (2000), indica que "en la preparación del suelo se estima tres profundidades: baja de 0 a 20 cm; media entre 20 y 40 cm; y alta de 40 a 60 cm, no obstante algunos procedimientos pueden despuntar esta profundidad, y los factores a considerar para decidir la profundidad del suelo son: el método de repoblación, con siembras a profundidades medias y bajas; la calidad del perfil, ya que suelos buenos no requieren altas profundidades; el tipo de planta, ya que dependerá de la longitud del sistema radical, siendo al menos 10 cm más a raíz desnuda, que utilizando plantas en envase; y el régimen hídrico de la estación, dependerá de si no hay sequía, por tanto la profundidad podrá ser menor". Entonces se puede asumir que los distanciamientos, tendran una influencia marcada en la producción y calidad de la madera a ser producida a futuro.

b) Crecimiento en diámetro de fuste

El diámetro del tallo de *C. spruceanum* a los 23 meses de instalado, en la presente investigación fue de 71.45 mm con el T3 (3 x 4 m x 90 cm), mientras que el T2 (3 x 2 m x 30 cm), tuvo 65.46 mm, siendo el menor incremento diamétrico; sin embargo estos valores fueron superiores a las evaluaciones realizadas por Vilchez (2019), quien sometió a varias dosis de fertilización a plantaciones de 2 años obteniendo un rango de 49.24 a 55.40 mm de diámetro. Asi como a los de Díaz *et al* (2021), quienes obtuvieron a los 18 meses un

diámetro de fuste de 3,44 mm en capirona. Ushiñahua 2016, menciona que capirona es una especie helióta de rápido crecimiento y que puede incrementar entre 4 a 6 mm su DAP anualmente.

En otras especies con respecto al distanciamiento y profundidad de hoyo al igual que en capirona, no hay diferencias significativas como lo menciona Fetzer 2014, al evaluar la respuesta del crecimiento inicial de *Pinus maximinoi* y *P. chiapensis*, utilizando 3 distanciamientos de 4 x 3, 3 x 3 y 4 x 2 m, concluyó que a los 12 meses de instalado, respondio mejor la especie *P. maximinoi* en el crecimiento del diámetro en la base, sin importar la densidad a la que se estableció. Mallqui 2019, “evaluo el efecto del compost de 0, 1 y 2 kg y tamaño de hoyo de 20 x 20 x 20 cm y 30 x 30 x 30 cm, en el crecimiento inicial del *Schizolobium amazonicum* “pino chuncho” en suelos degradados de la región Huánuco”, registrando a los 6 meses que el tamaño de hoyo no reportó diferencias significativas en la altura y diametro. Al igual que Quevedo 1994, que a los 150 días la siembra de *Guazuma crinita* a un distanciamiento de 1 x 1, 2 x 2, 3 x 3 m, con hoyos de 30 x 30 x 30 cm y aplicando dosis de 0, 1 y 2 kg de humus de lombriz, determino que no hubo efecto en el crecimiento del diámetro ni de la altura, y que fue suficiente la aplicación 1 kg/ha, para un buen establecimiento de la plantación.

Muñoz *et al* (2011)***, “***evaluo el desarrollo en altura, diámetro, supervivencia y estado fitosanitario en *P. pseudostrobus y P. greggii a* espaciamientos de 2.5 x 2.5 y 3.5 x 2.0 m, concluyendo que las especies se comportaron igual en los dos espaciamientos y, no presentaron ningún efecto significativo en la densidad para la altura y diámetro”. Balloni 1983, dice que el objetivo del distanciamiento es proporcionar a cada planta un área suficiente para el desenvolvimiento del área radicular y aéreo. Y Alice *et al*, 2004 mencionado por Brenes 2012, dice que “muchas plantaciones, se han perdido debido a la mala selección de sitios, del material vegetativo y el desconocimiento del comportamiento de las especies, aun así, existe una necesidad de información en el proceso de planificación de la producción forestal”.

c) Diámetro de copa

Con respecto al diametro de copa, a los 23 meses de instalación de *C. spruceanum* el T3 presento un promedio de crecimiento de 169.97 cm, mientras que el T4, alcanzo el menor valor con 139.52 cm. Cabe indicar que la diferencia del diámetro de copa entre el mes 17 y 20 de cada bloque, se debe a que se realizo la poda de cada planta. Estos resultados son semejantes a las evaluaciones realizadas por García (2014, p. 39-41), donde sometio a varias dosis de fertilizantes en plantaciones de 12 meses, obteniendo un rango de 134 a 155 cm de diámetro de copa. Según Alvarado y Saavedra 2013, "las evaluaciones de copa permiten determinar cuantitativamente las condiciones actuales de un árbol y proveen una medida integrada de las condiciones del sitio, densidad del rodal e influencia externa de estrés. Los árboles jóvenes usualmente tienen copas en forma cónica y la rama terminal es la punta y las copas tienden a aplanarse con la edad y a estar más esbeltas cuando crecen en condiciones de alta competencia".

Matthew 2006, indica que el "tamaño y la alometría de los árboles estan fuertemente afectadas por la densidad de la plantación, a través de la intensidad de la competencia intraespecífica. Las plantaciones se establecen generalmente en densidades, que son lo suficientemente altas como para provocar sombra a las ramas más bajas y por lo tanto mejorar la calidad de madera en las primeras etapas de desarrollo del rodal". Menalled *et al*., 1998 citado por Brenes 2012, mencionan que "la relación entre la tasa de crecimiento en altura y el grado de tolerancia a la sombra juega un papel importante en las plantaciones, ya que las especies que no toleran sombra, crecen rápidamente en altura, tallo, ramas y una baja densidad de área foliar."

Según Arias 2005, "entre el diámetro del fuste del árbol y el valor del diámetro de la copa, existe una relación bien definida. Sin embargo, la variación de los diámetros de copa para un mismo valor de diámetro del árbol puede ser muy grande, hasta el punto que resta la posibilidad de estimar el diámetro de la copa en función del diámetro del árbol", mientras que Brenes 2012, dice que "la relación entre el largo de la copa y el diámetro de la copa, se denomina índice

de copa, y este cociente da una buena idea de la dimensión de la copa del árbol, pero existen marcadas diferencias entre especies debido a las condiciones de sitio. Para el caso de la especie *C. brasiliense* esta diferencia entre diámetro y altura de copa es mínima, siendo casi los mismos valores para ambas y, en las siete especies estudiadas, encontro valores de r^2 entre 0.0395 y 0.45, lo que demuestra poca relación entre diámetro de copa y DAP. Tambien reporto 48,73 % de copa en la especie *C. brasiliense*, lo que significa que la longitud de la copa representa casi la mitad de la altura del árbol, a pesar de no haber recibido ningún tipo de poda o caída de ramas, de ahí el alto valor de porcentaje de copa".

d) IMA e ICA en capirona

Respecto al IMA e ICA de capirona en altura y diámetro, se observa que al cabo de casi dos años el crecimiento tiende a disminuir, probablemente como resultado de la calidad de los plantones (semilla) que se emplearon, por efecto del micrositio en el que se están desarrollando, donde puede estar habiendo agotamiento de los recursos por competencia y cierre del dosel, por tanto debe realizarse un primer raleo. Ugarte y Román 2020, menciona que "la influencia de las condiciones ambientales en la tasa de crecimiento de 5974 individuos en 224 parcelas, en plantaciones de *Guazuma crinita*, *Calycophyllum spruceanum*, *Simarouba amara* y *Cedrelinga cateniformis* de diversas edades y regiones de la Amazonia peruana, el Incremento Medio Anual en diámetro y altura de las plantaciones de *G. crinita* y *C. spruceanum* tuvieron mayor variación en su tasa de crecimiento y, que las plantaciones evaluadas en Ucayali mostraron menor crecimiento promedio".

Flores 2002, considera que *C. spruceanum* tiene rápido crecimiento, pues reporta un incremento medio anual (IMA) en plantaciones de 0.6 m; en tanto Cuellar y Reyes 2016, para el "diámetro y altura en plantaciones de la cuenca de Aguaytía, reporta 2.9 cm/año y 2.7 m/año respectivamente, el estado fitosanitario es bueno y no se evidencia ataque de plagas y/o enfermedades que afecten su crecimiento. Posee un crecimiento de manera homogénea y con gran vigorosidad y fuste recto entre 79 a 95%, lo cual demuestra que es una característica propia de la especie". El INIA-San Martin 2018, menciona que

silviculturalmente a los 20 años de establecido capirona, presenta un DAP promedio de 25,23 cm y un IMA de diámetro de 1.26 cm/año.

Daños mecánicos

Con respecto a los daños mecánicos Brenes 2012, menciona que en plantaciones *de "Calophyllum brasiliense* en pastizales degradados del CATIE, se utilizó el espaciamiento 4 x 5 m con buenos resultados, sin embargo, estos espaciamientos tan amplios exigen que se tenga un buen programa de poda y mantenimiento, como resultado reporto un 60% de árboles con algún daño mecánico como heridas en el fuste; cabe indicar que esto coincide con la presente investigación, debido a que se debia mantener limpia la plantacion durante los primeros años, tambien hubo daños causados por machete y shindaiwa, provocando heridas leve, fuerte y muerte de algunos plantones. Sin embargo, el crecimiento depende más de la calidad de sitio que de los daños mecánicos, que se pudo haber ocasionado durante las operaciones de mantenimiento".

5.2. De la cantidad de carbono almacenado en la plantación de *Calycophyllum spruceanum*

a) Carbono almacenado por tratamiento

En la plantación de *C. spruceanum*, el T1 mostro una mayor acumulación de carbono con un total de 3.28 tC ha^{-1} a los 23 meses de evaluación, esto se debe a que en este tratamiento se cuenta con más arboles por hectárea, así como también la profundidad del hoyo es mayor (90 cm) lo cual permitiría un mayor desarrollo radicular promoviendo una mejor absorción de nutrientes favoreciendo el crecimiento de las plantas. Del mismo modo, el T2 muestra una acumulación de carbono similar (3.24 tC ha^{-1}), sin embargo, muestra una tendencia creciente. Lo que coincide con Rodríguez (2014) quien "determinó en el centro ecológico La Julianita, San Martin, que capirona capturo 9.94 Tn/ha de carbono y, es un importante sumidero de carbono debido a que la plantación puede ser cosechada a partir del quinto año de siembra y puede alcanzar su madurez al décimo año".

Acosta *et al.* 2001, quien encontró que en un estrato de 7 y 10 años de una vegetación natural y inducida en una ladera de Mexico, el carbono almacenado es mayor en el de 7 años, indicando que es probable que esté influenciado por la cantidad de individuos por área o sea la densidad, debido a que el de 10 años se encuenta en un área con mayor pendiente. Mendizábal *et al*. 2009, determinaron "la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de *Cedrela odorata* L. en una plantación de 20 familias y tres procedencias del estado de Veracruz. Evaluaron la altura y DAP de todas las plantas, a partir del cual se calculó el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea; encontrando un total de 769.52 Kg de carbono, estimado en 4.45 t/ha. No se encontro diferencias estadísticas significativas entre procedencias ni entre familias dentro de procedencias".

Fonseca *et al*. 2008 citado por Brenes 2012, dice que es "necesario conocer la capacidad de los ecosistemas forestales y agroforestales de captura carbono atmosférico y mitigación del cambio climático, para determinar la compensación económica que deben recibir los propietarios de la tierra por el servicio ambiental prestado a la sociedad". Zambrano *et al*. 2004 citado por Brenes 2012, menciona que para "la fijación de carbono en plantaciones forestales, es importante saber aprovechar los espacios para la promoción de actividades sostenibles en el ámbito del uso de la tierra y los bosques. Los cálculos tradicionales de costo\beneficio tienen peso frecuentemente en contra de todo tipo de reforestación. Sin embargo, los pagos por fijación de carbono pueden ayudar a equilibrar la economía de las plantaciones forestales".

b) IMA e ICA del carbono almacenado

Pacheco *et al*. 2007, evaluaron el potencial para almacenar carbono en una plantación de seis años de *Pinus greggii* Engelm, establecida en el Estado de Hidalgo-México, a un espaciamiento inicial de 1 x 1 m y que se ajustó al tercer año a 2 x 1 m para minimizar el efecto de competencia y favorecer el crecimiento; se estimó la biomasa total aérea en una muestra de 20 árboles a los cuales se le separaron el tallo, ramas y follaje. Los resultados muestran que el potencial de

almacenamiento de carbono, es relativamente alto con 17.9 t ha-1, que representa una masa de dióxido de carbono equivalente de 65.8 t CO_2 ha-1.

Montero y Kannienn 2002, ensayo tres espaciamientos de 2 x 2, 2.5 x 2.5 y 3 x 3 m con *Terminalia amazonia* en Puntarenas, Costa Rica. Los resultados obtenidos a los diez años de edad muestran que la densidad de 2.5 x 2.5 m es el mas recomendado para maximizar el crecimiento en altura y diámetro. Asi mismo la fracción de carbono determinada en los componentes y diferentes espaciamientos no mostraron una variación significativa; siendo el promedio para fustes, ramas y hojas de 0.48, 0.43 y 0.42, respectivamente. El carbono almacenado a los diez años de edad, muestra un mejor desempeño en el espaciamiento 2,5 m X 2,5 m (1.600 árboles/ha), almacenando una tasa de carbono de 4,9 Mg/ha/año

Grefa y Aguinda 2020, determinaron “la cantidad de carbono almacenado y secuestrado en plantaciones de *C. catenaeformis*, *C. alliodora* y *T. donnell-smithii*. En 1,25 ha de la hacienda los Laureles en Napo, Ecuador. La cuantificación se realizo de forma no destructiva, utilizando ecuación alométrica para bosques tropicales. Los resultados mostraron un almacenamiento de carbono de 13.78 TC/ha-1 para *C. catenaeformis*, 5.02 TC/ha-1 para *C. alliodora* y 16.34 TC/ha-1 para *T. donnell-smithii*. El secuestro de CO_2 fue de 21.91 TCO_2/ha-1 para *C. catenaeformis*, 8.67 TCO_2/ha-1 para *C. alliodora* y 23.31 TCO_2/ha-1 para *T. donnell-smithii*. El análisis estadístico indicó que el almacenamiento de carbono y el secuestro de CO_2 dependen directamente del DAP, la altura, la densidad y la edad de la plantación”.

CONCLUSIONES

- *C. spruceanum*, a los 23 meses de edad no presenta diferencias significativas, pero numéricamente el mayor crecimiento en altura, diámetro y diámetro de copa, fue en el T3 con 4.54 m, 71.45 mm y 169.97 cm respectivamente, rechazándose la hipótesis planteada.

- El Carbono almacenado por *C. spruceanum* a los 23 meses, fue mayor en el T1 con 3.28 tC ha^{-1}

SUGERENCIAS

- Continuar con evaluaciones de espaciamiento y profundidad de hoyo, pero a mayor periodo de tiempo, de manera que los cambios en la biomasa sean más notorios.

- Realizar estudios de suelos, antes de instalar la plantación de capirona.

- Generar ecuaciones alométricas para esta especie en las clases diamétricas inferiores a 2.5 cm de DAP, con la finalidad de aumentar la precisión del calculo de carbono para individuos de esta clase diamétrica.

- Continuar con investigaciones para conocer sobre más estrategias de adaptación y desarrollo en etapas tempranas del crecimiento de la plantación.

- Realizar limpieza constante y fertilización.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abanto C.; García D.; Guerra W.; Murga H.; Saldaña G.; Vázquez D.; Tadashi R. (2016). *Sustratos orgánicos en la producción de plantas de Calycophyllum spruceanum (Benth.)*. Scientia Agropecuaria 7 (3): 341-347. Consultado 25 abr. 2018. http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7n3/a07v7n3.pdf

Acosta M.; Quednow K.; Etchevers J.; Monreal C. (2001). *Un método para la medición del carbono almacenado en la parte aérea de sitemas con vegetación natural e inducida en terrenos de ladera en México.* Valdivia, CH. Consultado 25 abr. 2018. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/8646393/10_acosta

Agraria. (2013). *Reforestadora amazónica realizó primera exportación de madera a EE.UU.* Consultado 20 abr. 2018. http://agraria.pe/noticias/reforestadora-amazonica-realizo-primera-exportacion-de-mader-8062

Alvarado D.; Saavedra L. (2013). *Condición de copa.* Consultado 13 set. 2018. file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/manual-copa-ene25-2012.pdf

Arias D. (2005). *Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales*. (en línea). San Jose, CR. Kurú: Revista Forestal 2(5):19-32. Consultado 20 jul. 2021. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/543

Brenes E. (2012). *Evaluación de la calidad, fijación de carbono y estado del manejo silvicultural en plantaciones forestales.* Tesis Ing. For. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. Consultado 06 jul. 2021. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3118/evaluacion_calidad_fijacion_carbono_estado_manejo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Centeno J. (2012). *Dosis de fertilización en el crecimiento inicial de bolaina (Guazuma crinita mart.) y capirona (Calycophyllum spruceanum (Benth) Hook f.) en Juan Guerra, región San Martín*. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables mención Forestales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Tingo María, PE. Consultado 22 may. 2018. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/539/T.FRS-136.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Consorcio Agroforestal Plantar. (s.f). *Capirona* (*Calycophyllum spruceanum*). Consultado 15 may 2018. http://plantarperu.com/especies_capirona.htm

Couturier, G.; Gonzales, J. (1994). *Insectos plaga de la "capirona", Calycophyllum spruceanum Benth (Rubiaceae), en sistema agroforestal*. Revista Peruana de Entomología. 37: 97-99.

Cuellar J.; Reyes P. (2016). *Manejo de los bosques naturales y plantaciones forestales ¿es la capirona Calicophyllum spruceanum una opción rentable para la promoción de plantaciones forestales en la amazonia?.* XII Congreso Nacional Forestal (CONAFOR) 2016. Lima, PE. Consultado 28 abr. 2018. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/364/1/Cuellar-capirona.pdf

Cuellar J.; Reyes P. (2018). *¿Es la capirona Calycophyllum spruceanum una opción rentable para la promoción de plantaciones forestales en la amazonia?.* Consultado 06 jul. 2021. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/364/1/Cuellar-capirona.pdf

De Camino, R. (2013). *Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades.* Turrialba, C.R., CATIE. 392 p. (Serie técnica. Informe técnico no. 397).

De Celis R.; Bravo A.; Preciado V.; Díaz A. (2007). *La contaminación ambiental y nuestra salud.* Revista Ciencia 58 (1): 15-21. Consultado 12 set. 2018. https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/58_1/PDF/contaminacion_ambiental_58_1...pdf

DePerú. (s.f.) *Capirona.* Consultado 01 mayo 2018. http://www.deperu.com/abc/plantas-medicinales/4073/capirona

Díaz R; Souza J.; Vásquez A. (2021). *Reporte preliminar sobre el crecimiento inicial de Calycophyllum spruceanum (benth) hook. f. ex k. schum. a partir del método de siembra de semillas al voleo.* Folia Amazónica 30 (1): 113-119. Consultado 28 jun 2023. https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/544/575

FAO. (s.f.) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1999. *Situación de los bosques.* Consultado 28 ago 2015. http://www.fao.org/docrep/w9950s/w9950s04.htm

Fetzer T. (2014). *Efecto de densidades de siembra sobre el crecimiento de dos especies de pino en San Juan Chamelco, Alta Verapaz*. Tesis Licenciatura en Ingeniería Forestal con énfasis en Silvicultura y Manejo de Bosques. Universidad Rafael Landívar. Alta Verapaz, Guatemala. 94 p. consultado 01 ene. 2019. http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/22/Fetzer-Tedy.pdf

Flores Y. (2002). *Manual de semillas de especies forestales de importancia económica en la región Ucayali. (Manual N° 01)*. Consultado 06 jul. 2021. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/861/1/Flores-Semillas_especies_forestales_Ucayal%c3%ad.pdf

Flores Y. (2010). *Crecimiento y productividad de plantaciones forestales.* Consultado 06 jul. 2021. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CrecimientoyProductvidaddePlantacionesForestalesenlaAmazoniaPeruana.pdf

Gamarra, J. (2001). *Estimación de la captura de carbono de Eucalyptus globulus Labill, en Junin, Perú.* Consultado 23 abr. 2019. https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/35_Gamarra.PDF

García, A. (2014). Efecto de la fertilización con npk en una plantación de capirona (*Calycophyllum spruceanum* (benth) hook f. ex schumann) en Tingo María, Perú. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo Maria, PE. Consultado 28 nov. 2020. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/618/T.FRS-221.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gestión. (2017). *Plantaciones forestales y manejo forestal en bosques primarios*. Consultado 02 mayo 2020. https://gestion.pe/blog/perspectiva-forestal/2017/08/plantaciones-forestales-y-manejo-forestal-en-bosques-primarios.html?ref=gesr

Gorbitz G. (2011). *Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea en plantaciones de 8 años de Calycophyllum spruceanum B. en el Valle del Aguaytía.* Tesis Ing. Forestal Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. Consultado 25 mayo 2019. http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1670/K10.G66-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Grefa I.; Aguinda E. (2020). *Estimación de carbono en plantaciones de Cedrelinga catenaeformis D. Duke, Cordia alliodora (Ruíz / Pav.) Oken y Tabebuia donnell – smithii Rose en La Hacienda Los Laureles, Cantón Archidona*. Tesis Ing. Ambiental. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, EC. 52 p. Consultado 19 feb. 2023. https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/828

Guariguata, M.; Arce J.; Ammour, T.; Capella, J. (2017). *Las plantaciones forestales en Perú.- Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro*. Consultado 20 abril 2019. http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-169.pdf

Gutiérrez B. (2007). *Supervivencia, crecimiento inicial e interacción con el sitio de progenies de árboles plus de pino oregón Pseudotsuga menziesii (Mirb.). Ciencia e Investigación Forestal* 13 (2):273-284. Instituto Forestal, Chile. Consultado 15 abr. 2018. http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/21716.pdf

Gutiérrez, M. (2000). *Densidad inicial de siembra para cocobolo.* Consultado 13 set 2021. https://copa.acguanacaste.ac.cr/handle/11606/436

Infante, F. (2016). *La importancia de los factores productivos y su impacto en las organizaciones agrícolas en León Guanajuato México*. Medellin, CO. El Ágora USB 16 (2): 393-406. Consultado 27 set. 2019. https.//revistas.usb.edu.co/index.php/Agora/article/view/2443/2318

Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2015). *Dinámica de crecimiento y productividad de 28 especies forestales en plantaciones en Guatemala*. Serie Técnica No. DT-006. Guatemala. 212 p. Consultado 13 set. 2022. https://www.inab.gob.gt/images/publicaciones/Dinamica%20de%20Crecimiento%20y%20Productividad%20en%20Plantaciones.pdf

Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA-San Martin). (2018). *Plantación de capirona Calycophyllum spruceanum (Benth) Hook f. ex. K Schum en laderas degradadas de selva alta en la región San Martin*. Consultado 28 abr. 2019. https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/850

Kanninen M. (s.f.). *Secuestro de carbono en bosques, su papel en el ciclo global.* Turrialba, CR. Consultado 12 feb. 2017. https://www.fao.org/3/y4435s/y4435s09.htm

La Barreda S. (2021). *Deforestación en la región amazónica del perú: situación y perspectivas.* Revista Electrónica de Medio Ambiente 21(2): 20-39. Consultado 15 mayo 2023. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8488495

Mallqui, B. 2019. Efecto del compost y tamaño de hoyo en el crecimiento inicial de *Schizolobium amazonicum* Huber. ex Ducke “pino chuncho” en suelos degradados. Tesis Ing. en conservación de suelos y agua. Tingo Maria, Perú. Consultado 15 dic. 2019. http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1514

Martin A.R; Thomas, S.C. (2011). *Una reevaluación del contenido de carbono en árboles tropicales.* PLoS One 6 (8): e23533. Consultado 15 abr. 2019. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023533

Martín M., Gagliardi G., Álvarez J., Diaz J., Garcia C., Ruiz M., Vasquez J., Vasquez W., Mejia K., Davila N., Zarate R., Rengifo E., Perez P., Bellido J. (2022). *Amazonia.- Guia ilustrada de flora y fauna*. 492 p. Consultado 28 dic. 2022. https://repositorio.iiap.gob.pe/handle/20.500.12921/680

Martínez, L. (1987). *Teoría y conceptos de la innovación tecnológica. Revista Escuela de Administración de Negocios* 1(3):7-15. Consultado 27 set 2019. https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/938

Martinez L ; Navia J. (2011). *Evaluación del comportamiento de algunas especies arbóreas y arbustivas bajo dos distancias de siembra.* Revista de Ciencias Agrícolas 28 (2):129-136. Consultado 19 mayo 2019. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo ?codigo=5104088

Matthew, J. (2006). *El papel de las mezclas de especies en las plantaciones forestales.* Ecologia y ordenacion forestal 233 (2-3):195-204. Consultado 07 jul. 2021. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112706003239

Mendizábal l.; Alba J.; Suárez T. (2009). *Captura de carbono por Cedrela odorata L. en una plantación de origen genético conocido*. Foresta Veracruzana 11(1): 13-18. Consultado 07 ene. 2023. https://www.redalyc.org/pdf/497/49711999003.pdf

Michela J.; Kees S.; Skoko J. (2015). *Evaluación del crecimiento de plantaciones juveniles de algarrobo blanco (Prosopis alba griseb) en el centro oeste del chaco argentino.* Revista Temas Agrarios Volumen 20(1):9-18. Consultado 13 set. 2018. http://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/744/1043

Ministerio de Medio Ambiente del Perú (MINAM). (2015). *Cuantificación y análisis de la deforestación en la Amazonía peruana en el periodo 2010-2011-2013-2014*. Lima, PE. 107 p.

Mollinedo, M. (2002). *Las Plantaciones forestales: Catalizadoras de la Conservación en América Latina*. Consultado 28 set. 2019. http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/0065-B3.HTM

Montagnini F., Piotto D., Ugalde A.L. (2002). *Plantaciones forestales con especies nativas: una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales*. In: II Congreso Forestal Latinoamericano. Guatemala. 10 p.

Montero M.; Kanninen, M. (2002). *Biomasa y carbono en plantaciones de Terminalia amazonia en la zona sur de Costa Rica*. Recursos Naturales y Ambiente N° 39-40:50-55. Consultado 11 feb. 2023. http://bco.catie.ac.cr:8087/portal-revistas/index.php/RRNA/article/view/563

Muñoz H.; Orozco G; Coria V.; García J; Muñoz Y; Salvador G. (2011). *Evaluación de Pinus pseudostrobus Lindl. y Pinus greggii Engelm. con dos densidades de plantación en Michoacán, México.* Foresta Veracruzana 13(1):29-35. Consultado 11 abr. 2022. https://www.redalyc.org/pdf/497/49719786005.pdf

Pacheco F.; Aldrete A.; Gómez A.; Fierros A.; Cetina V.; Vaquera H. (2007). *Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de una plantación joven de Pinus greggii Engelm*. Rev. Fitotec. Mex. 30 (3): 251 – 254. Consultado 11 feb. 2023. https://www.redalyc.org/pdf/610/61003006.pdf

Pérez, L. (2012). *Análisis del crecimiento inicial del Shihuahuaco (Dipteryx odorata) en dos sistemas de plantación en el CICFOR, Macuya - Ucayali*. Consultado 12 jun 2018. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2973

Pezo F. (2007). *Evaluación del crecimiento inicial de una plantación forestal establecida en centro industrial, distrito de Fernando Lores, región Loreto*. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos, PE. 59 p.

Quevedo A. (1994). *Crecimiento inicial de Guazuma crinita trasplantada a campo abierto con aplicación de tres dosis de humus de lombriz y a tres distanciamientos*. Folia Amazónica 6 (1-2):151-163. Consultado 13 set 2019. https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/253/323

Ramos, G. (2015). *Los paradigmas de la investigación científica*. Avances en Psicología 23 (1): 9-17. Consultado 27 set 2019. http://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/psicologia/2015_1Carlos_Ramos.pdf

Red Española de ciudades por el clima. s.f. *Los sumideros de carbono a nivel local.* Consultado 05 set 2015. http://www.redciudadesclima.es/uploads/documentacion/c2dd700737802664a97469104e56f17d.pdf

Rodriguez-Celiz, S. (2014). *Estimación del potencial de captura de carbono de la especie capirona (Calycophyllum spruceanum), en el centro ecológico la Julianita.* Tesis Ingeniero Ambiental. Facultad de Ecología, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, PE. 79 p. Consultado 28 jun. 2023. https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/146

Saldaña M. 2013. *Efecto de la aplicación de superfosfato triple en el crecimiento y costo de produccion de plantones de calycophyllum spruceanum (Benth) Hook. Orellana, Loreto.* Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos, PE. 56 p.

Segura M; Andrade H. 2008. *¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes?.* Agroforestería en las Américas 46: 89-96. Consultado 05 ene. 2018. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7616

Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia del Peru (SENAMHI, PE). (2020). *Pronostico del tiempo a nivel nacional*. Lima, PE. Consultado 15 mar. 2020. https://senamhi.gob.pe

Serrada, R. (2000). *Apuntes de repoblaciones forestales*; Capítulo IV - Preparación del suelo. Madrid, ES, FUCOVASA. 31 p.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, PE). (s.f.). *SERFOR aprobó estrategia para promocionar plantaciones forestales con fines comerciales 2021- 2050-Nota de prensa.* Consultado 28 abr 2022. https://www.gob.pe/institucion/serfor/noticias/544074-serfor-aprobo-estrategia-para-promocionar-plantaciones-forestales-con-fines-comerciales-2021-2050

Sevilla, F. (2001). *Marco y densidad de las repoblaciones forestales*. Consultado 21 set. 2019. http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/15649/15492

Sibille, A. (2006). *Guía de procesamiento industrial fabricación de muebles con maderas poco conocidas – LKS*. Consultado 29 may. 2018. http://plantarperu.com/guia_capirona.pdf

Ushiñahua, D. (2016). *Comportamiento fenológico preliminar de capirona en la provincia de San Martín*. Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario Estación Experimental Agraria “El Porvenir” San Martín. Hoja divulgativa N 002-2016. Consultado 16 dic. 2020. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/213/1/HD-2-2016-Capirona.pdf

Ugarte, J.; Román F. (2020). *Tasas de crecimiento de cuatro especies nativas en plantaciones forestales comerciales en cuatro regiones de la Amazonía peruana.* Revista Forestal del Perú 35(3): 44 – 55. Consultado 8 ene. 2021. https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/issue/view/128

Ugarte, J. (2007). *Tendencias en plantaciones forestales: bolaina y capirona.* En: III Convención Nacional maderera. Centro Mundial para la Agroforestería (ICRAF). Consultado 28 abr. 2018. https://docplayer.es/96074784-Tendencias-en-plantaciones-forestales-bolaina-y-capirona.html

Vilchez N. (2019). *Efecto de la fertilización en el crecimiento de Calycophyllum spruceanum Benth Hook F. en plantación en el centro de producción e investigación Tulumayo-Leoncio Prado*. Tesis Ing. Forestal y Ambiental. Universidad Nacional del Centro del Peru. Huancayo, PE. Consultado 15 feb. 2020. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5094/T010_45799893_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Visual Avi. (s.f.). *Ventajas de la reforestación para el medio ambiente*. Consultado 11 jun 2018. http://www.visualavi.com/ventajas-la-reforestacion-medio-ambiente/

ANEXOS

Anexo 1. Formato de evaluación de las variables biométricas

N°	COD	TRAT	N° ÁRBOL	DIAMETRO (mm)	ALTURA TOTAL (M)	ALTURA DE COPA (M)	RADIOS DE COPA (cm)								ESTADO FITOSANITARIO	VERTICALIDAD	OBSERVACIONES
							0°	45°	90°	125°	180°	225°	270°	315°			
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	



Anexo 2. Plantación de C. spruceanum en el 2018



Anexo 3. Árbol de capirona dañado



Anexo 4. Plantación de C. spruceanum en el 2019



Anexo 5. Suelo donde se encuentra instalado C. spruceanum

Anexo 6. Cuadro del análisis descriptivo del suelo en los tres bloques

N°	Cod. Lab	Datos de la muestra		Análisis Mecánico			Textura	pH	M.O.	N	P	K	CIC	Requerimientos nutricionales		
				Arena	Limo	Arcilla		1:1	%	%	Disponible			N	P2O5	K2O
		Plantación	Referencia	%	%	%					ppm	ppm				
1	S0836	Capirona	Bloque I	32	35	33	Franco arcilloso	Ligeram. ácido	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	10	-3	-32
2	S0837	Capirona	Bloque II	8	43	49	Arcillo limoso	Moderad. alcalino	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	4	-5	-102
3	S0838	Capirona	Bloque III	24	35	41	Franco arcillo limoso	Moderad. alcalino	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	4	-10	-120

Anexo 7. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Nombre del investigador: LUISA RIVEROS TORRES

Título de la Investigación: "EFECTO DE LA PROFUNDIDAD Y DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA EN EL CRECIMIENTO INICIAL Y CAPTURA DE CARBONO DE UNA PLANTACIÓN DE CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM (CAPIRONA)"

FORMULACION DEL PROBLEMA	**OBJETIVOS**	**HIPOTESIS**	**VARIABLES**	**Dimensiones**	**INDICADORES**
Problema General	**Objetivos general**	**Hipótesis general**	**Variable independientes**		
¿Cuál será el efecto de diferentes profundidades y distanciamiento de siembra en el crecimiento inicial y captura de carbono, en una plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona)?.	Evaluar el efecto de profundidades y distanciamientos de siembra en el crecimiento inicial y captura de carbono de *Calycophyllum spruceanum* (capirona), en una plantación.	La profundidad y distanciamiento de siembra influyen en el crecimiento inicial y captura de carbono de *Calycophyllum spruceanum* (capirona), en una plantación.	Profundidad y distanciamiento	Análisis y evaluación del espacio y superficie de siembra	• Distancia • Profundidad
Problemas específicos	***Objetivos específicos***	***Hipótesis especificas***	**Variable dependiente**	***Dimensiones***	***INDICADORES***
✓ Los niveles de profundidad de siembra y distanciamiento de siembra, tendrán efecto en la altura y diámetro del crecimiento inicial de *Calycophyllum spruceanum* (capirona)?. ✓ Cuál será la capacidad de captura de carbono, por efecto de la profundidad y distanciamiento de siembra de *Calycophyllum spruceanum* (capirona)?.	✓ Evaluar el crecimiento inicial en términos de diámetro, altura y área de copa a diferentes niveles de profundidad y distanciamiento de siembra en una plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona). ✓ Determinar la cantidad de carbono almacenado, por efecto de las profundidades y distanciamiento de siembra, en una plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona).	Ha: "Existe efecto de una mayor profundidad y distanciamiento de siembra en el crecimiento inicial y captura de carbono, de *Calycophyllum spruceanum* (capirona), en una plantación". Ho: "No existe efecto de una mayor profundidad y distanciamiento de siembra en el crecimiento inicial y captura de carbono, de *Calycophyllum spruceanum* (capirona), en una plantación".	Crecimiento y captura de carbono	Altura, diámetro y carbono capturado	Altura total: da a conocer cuánto ha crecido en altura la especie. Diámetro a la altura del cuello: Identifica cuanto ha crecido en grosor el fuste del árbol. Cantidad de carbono: Determina el carbono acumulado en la especie.

TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	POBLACION, MUESTRA	DISEÑO DE INVESTIGACION	TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION	INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACION
1. Tipo de investigación Experimental ***2. Nivel de investigación*** Explicativo	***Población*** Fueron los 512 árboles de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) existentes en 0.5 Ha, del hangar de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. **Muestra** Fueron 144 árboles de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) establecidos en 0.5 Ha, en el hangar de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, por medio del diseño de la investigación.	***Tipo de diseño*** El diseño de investigación según su propósito es longitudinal, las variables se midieron en varias oportunidades a través del tiempo, con la finalidad de estudiar la variación de su comportamiento. La plantación de *Calycophyllum spruceanum (capirona),* se encuentra bajo el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres repeticiones, cuatro tratamientos, con arreglo factorial de 2 x 2, con dos distanciamientos (3 m x 2 m; 3m x 4m) y dos profundidades de siembra (90cm; 30cm). Se bloqueó debido a la heterogeneidad del contenido de humedad del suelo, ya que se encuentra a orillas de la laguna de Yarinacocha. ***Técnicas estadísticas*** El análisis estadístico se realizará con el software Mintab Statical versión 18. Compatible al Windows. Se aplicará un análisis de varianza, con diseño de bloques completos al azar y diseño de tratamiento factorial 2 x 2. El supuesto de normalidad se probará mediante la prueba de Shapiro-Wilk. El supuesto de homogeneidad de varianza se probará mediante la prueba de Bartlett (si los datos se distribuyen normalmente) o mediante la prueba de Levene (si los datos se distribuyen normalmente); en ambos casos con un nivel de significancia de 5%.	***Técnicas bibliográficas*** a) Fichaje b) Análisis de datos ***Técnicas de campo*** Salidas de campo, con toma de datos in situ, con equipos y materiales para evaluar el crecimiento y captura de carbono.	***Instrumentos:*** Formato de registro de datos.

Anexo 8. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE Distanciamiento y Profundidad	Parámetros que se usan para la siembra de plantas, en donde el primero es dejar un espacio entre ellas, y el segundo sirve para un mejor desarrollo radicular.	Se realizara con una wincha el distanciamiento y la profundidad del hoyo.	Espacio entre arboles Superficie de siembra	Distancia	metros
				Profundidad	metros
VARIABLE DEPENDIENTE Altura, diámetro y carbono en Calycophyllum spruceanum	Es el grado de crecimiento en largo y ancho, así como la cantidad de C almacenado en la especie en estudio.	La medición de las variables de crecimiento se realizará con una regla telescópica y un vernier. Y el carbono acumulado se evaluara mediante una ecuación alométrica.	Características de crecimiento	Altura	metros
			Características de crecimiento	Diámetro	mm
			Relación biomasa y carbono en tejidos	Carbono acumulado	t