

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA



Relación de la anatomía foliar y crecimiento inicial de *Calycophyllum spruceanum* Benth Hook (capirona) en dos distanciamientos y periodos del año, en un suelo aluvial - Región Ucayali

Tesis para optar el título profesional de

Ingeniero Agroforestal Acuícola

Presentado por:

Rachel Yoseli, Zavala Pillco

Yarinacocha – Perú

2023

ANEXO 16. ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS




En la sala destinada para la sustentación de la tesis, Campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, ciudad capital de Pucallpa, a horas del díadel 2023, se reunió el Jurado de Tesis presidido por..... Ayda G. Avalos Díaz....., e integrado por:..... Gumercindo A. Castillo Quiliano..... y Nelly M. Alvites Geronimo..... en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de tesis titulada "Relación de la Anatomía foliar y crecimiento inicial de *Calycophyllum spruceanum* Benth Haxk (Capirona) en dos distritos y periodos del año, en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, ciudad capital de Pucallpa", cuya responsabilidad corresponde al Bachiller:..... Rachel Y. Zavala Pillco.....; a fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Agroforestal Acuícola.

Terminada la sustentación, el autor de la tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del jurado, cuya evaluación se consolida según la tabla y parámetros cuantitativos que siguen:

Presidente	<u>Ayda Guisella Avalos Díaz</u>	<u>20</u>
Miembro	<u>Gumercindo A. Castillo Quiliano</u>	<u>22</u>
Miembro	<u>Nelly, M. Alvites Geronimo</u>	<u>24</u>
	Promedio	<u>22</u>

El Jurado después de deliberar y calibrar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizó el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como 22..... asignándole un calificativo de Bueno..... puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

Siendo las horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.

 Presidente <u>Ayda G. Avalos Díaz</u>	 Miembro <u>Gumercindo A. Castillo Quiliano</u>
 Miembro <u>Nelly M. Alvites Geronimo</u>	

Nombre Asesor:

Distribución: Integrantes del Jurado de Tesis, tesista y archivo FICA (Todas con firmas en original).



*"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"*

CONSTANCIA

N°052 - 2024

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

**RELACIÓN DE LA ANATOMÍA FOLIAR Y CRECIMIENTO
INICIAL DE CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM BENTH HOOK
(CAPIRONA) EN DOS DISTANCIAMIENTOS Y PERIODOS DEL
AÑO, EN UN SUELO ALUVIAL - REGIÓN UCAYALI.**

Cuyo autor es : ZAVALA PILLCO, RACHEL YOSELI.

Facultad : FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Profesional : INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA.

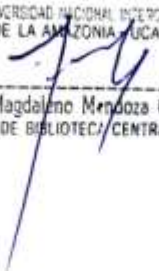
Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 10%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el **artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si está dentro de los límites aceptables de similitud, por lo que Si se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 05/07/2024

 UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL
DE LA AMAZONIA UCAYALI


Dr. Mariano Magdaleno Mendoza Carlos
DIRECTOR DE BIBLIOTECA CENTRAL

La primera universidad intercultural del Perú

DEDICATORIA

A mis padres, Florencia Pillco y Benjamín Zavala
al mismo tiempo a mi tío Gabriel Pillco,
por apoyarme incondicionalmente
en todo el proceso de mi formación
Profesional que necesité
de su ayuda.

AGRADECIMIENTO

A mis asesores, la Ing. Luisa Riveros Torres e Ing. MSc. Karen Stephanny Córdova Flores, por brindarme sus conocimientos, apoyo y amistad, para desarrollar y culminar satisfactoriamente la investigación.

Al proyecto de investigación del programa de desarrollo forestal sostenible, inclusivo y competitivo en la Amazonia Peruana SERFOR-CAF, representado por la Ing. MSc. Karen Stephanny Córdova Flores, por permitirme ser parte del proyecto y realizar la tesis en la plantación de *Calycophyllum spruceanum* (capirona).

A los miembros del jurado, la Dra. Ayda Guisella Avalos Díaz, al Ing. MSc. Gumercindo Andrés Castillo Quillano, Dra. Silvia Patricia Flores Vásquez e Ing. Mg. Nelly Marlene Alvites Geronimo, por su disponibilidad de tiempo en la revisión de la tesis.

A mi familia, por ser mi estímulo para seguir adelante, por apoyarme y por haber confiado en mí, en mi formación profesional. Y a mi esposo por su apoyo incondicional y motivación en la tesis.

A mis amigos y compañeros de la universidad por cada momento grato vivido durante los cinco años, especialmente a Nancy Ramos, Tercero Huiñapi, Max Juep, Rogelio Najantay y Cristian Shijap por su amistad y a Melisa Peña, por el apoyo en la recolección de datos en campo.

A mis amigos del proyecto de investigación del SERFOR-CAF, la Dra. Alina Luisa Ypushima Pinedo, en especial a la Ing. Jessy Vargas por su apoyo en el análisis de los resultados, y a todos los alumnos del 2019-II de Ingeniería Agroforestal Acuícola.

ÍNDICE

	Pg.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE	4
INDICE DE CUADROS	6
INDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. Antecedentes de la investigación	12
2.1.1. Contexto Internacional	12
2.1.2. Contexto Nacional	13
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. <i>C. spruceanum</i>	13
2.2.2. Clasificación Taxonómica de la <i>C. spruceanum</i> (Benth)	14
2.2.3. Ciclos fenológicos	14
2.2.4. Características de la anatomía foliar y su importancia	15
2.2.5. Factores hídricos que influyen en el crecimiento de <i>C. spruceanum</i>	16
III. METODOS	17
3.1. Descripción del área de Estudio	17
3.2. Identificación y descripción del material experimental	17
3.3. Procedimiento	17
3.3.1. Fase de campo	17
3.3.2. Fase de laboratorio	20
3.4. Variables	22
3.5. Población y muestra	22
3.6. Tratamientos	22

3.7. Recolección de los datos	23
3.7.1. Fuente de información	23
3.7.2. Unidad experimental y unidad de medición.....	23
3.7.3. Tipo de muestreo	23
3.7.4. Técnicas para la recolección de los datos.....	23
3.7.5. Tipo y Nivel de Investigación.....	23
3.8. Procesamiento de los datos.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1. Determinación de la anatomía foliar de <i>C. spruceanum</i> en dos distanciamientos y dos periodos del año	25
4.1.1. Área Foliar	25
4.1.2. Densidad de estoma	27
4.1.3. Diámetro de estoma.....	29
4.2. Determinación del crecimiento inicial de <i>C. spruceanum</i> en dos distanciamientos y dos periodos del año.....	31
4.2.1. Diámetro de la base del fuste (mm)	31
4.2.2. Altura total (m)	32
4.3. Determinación de la relación entre la anatomía foliar y el crecimiento inicial de <i>C. spruceanum</i> en dos distanciamientos y dos periodos del año.....	34
4.3.1. Correlación entre variables anatómicas foliares de <i>C. spruceanum</i> en dos distanciamientos y dos periodos del año.....	34
4.3.2. Correlación entre variables de crecimiento inicial de <i>C. spruceanum</i> en dos distanciamientos y dos periodos del año.....	35
4.3.3. Correlación entre variables anatómicas foliares y variables de crecimiento inicial de <i>C. spruceanum</i> en dos distanciamientos y dos periodos del año.	36
V. CONCLUSIONES.....	37
VI. RECOMENDACIONES.....	38
VII. BIBLIOGRAFIA	39
VIII. ANEXOS.....	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de la operacionalización de las variables	22
Cuadro 2. Tratamientos	22
Cuadro 3. Correlación anatómica foliar según periodos del año	34
Cuadro 4. Correlación anatómica foliar según distanciamiento.....	35
Cuadro 5. Correlación de crecimiento inicial según periodos del año	35
Cuadro 6. Correlación de crecimiento inicial según periodos del año	35
Cuadro 7. Correlación anatómica foliar con el crecimiento inicial según periodos del año ...	36
Cuadro 8. Correlación anatómica foliar con el crecimiento inicial según periodos del año. ...	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Codificación y marcado de árboles	18
Figura 2. Medición de la altura total	18
Figura 3. Medición de diámetro del árbol	19
Figura 4. Distribución de la muestra para recolección de hojas	19
Figura 5. Recolección de hojas.....	20
Figura 6. Preparación de las láminas histológicas	21
Figura 7. Evaluación de la densidad de estomas	21
Figura 8. Promedio de área foliar en dos períodos del año	26
Figura 9. Promedio de área foliar por distanciamiento	26
Figura 10. Promedio de la densidad de estoma en dos períodos del año	28
Figura 11. Promedio de densidad estomática en dos distanciamientos	29
Figura 12. Promedio de diámetro de estoma en dos períodos del año	30
Figura 13. Promedio de diámetro de estoma en dos períodos y distanciamiento.....	30
Figura 14. Promedio de diámetro total en dos períodos del año	31
Figura 15. Promedio de diámetro total en dos distanciamientos	32
Figura 16. Promedio de altura total en dos períodos de año	33
Figura 17. Promedio de altura total en dos distanciamientos	33

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Colecta y selección de hojas.....	43
Anexo 2. Preparación de muestras.....	43
Anexo 3. Toma fotográfica de los estomas en el microscopio.....	44
Anexo 4. Estadística de los datos.....	45

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el área foliar, densidad estomática y tamaño de estomas y su relación con el diámetro y la altura total de *Calycophyllum spruceanum*, en dos distanciamientos (3 m x 2 m y 3 m x 4 m) y dos periodos del año (seco y lluvioso), en un suelo aluvial en la región Ucayali. La metodología consistió en coleccionar tres hojas (3ª y 4ª a partir de las ramas laterales) del tercio superior de la copa de tres árboles. Se midió diámetro y altura total. Se escanearon las hojas coleccionadas y con ayuda del software IMAGE J 1.46r, se evaluó el área foliar (cm²), densidad de estomas (Nº de estomas/mm²) y diámetro de estomas (µm). *C. spruceanum* presentó valores mayores en las variables anatómicas durante la época lluviosa y a un distanciamiento de 3 m x 2 m, indicando la adaptabilidad de la especie; asimismo, presentó valores mayores en las variables de crecimiento inicial durante la época lluviosa y a un distanciamiento de 3 m x 4 m, indicando que la presencia de agua favorece su crecimiento. *C. spruceanum* presentó correlación inversa alta entre la densidad del estoma y el diámetro del estoma en el periodo de lluvia. *C. spruceanum* presentó correlación alta entre el diámetro de la base del fuste y la altura total en el periodo de lluvia y en el distanciamiento de 3 m x 2 m. *C. spruceanum* presentó correlación alta entre la densidad de estoma y la altura total.

Palabras clave: Anatomía foliar, estomas, altura, diámetro, distanciamiento

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the leaf area, stomatal density and stomatal size and its relationship with the diameter and total height of *Calycophyllum spruceanum*, in two distances (3 m x 2 m and 3 m x 4 m) and two periods of the year (dry and rainy), in an alluvial soil in the Ucayali region. The methodology consisted of collecting two leaves (3rd and 4th from the lateral branches) from the upper third of the crown of three trees. Total diameter and height were measured. The collected leaves were scanned and with the help of the IMAGE J 1.46r software, the leaf area (cm²), stomatal density (Number of stomata/mm²) and stomatal diameter (µm) were evaluated. *C. spruceanum* presented higher values in the anatomical variables during the rainy season and at a distance of 3 m x 2 m, indicating the adaptability of the species; likewise, it presented higher values in the initial growth variables during the rainy season and at a distance of 3 m x 4 m, indicating that the presence of water favors its growth. *C. spruceanum* presented a high inverse correlation between the density of the stoma and the diameter of the stoma in the rainy season. *C. spruceanum* presented a high correlation between the diameter of the stem base and the total height in the rainy season and at a spacing of 3 m x 2 m. *C. spruceanum* presented a high correlation between stoma density and total height.

Keywords: Leaf anatomy, stomata, height, diameter, distancing

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la comercialización de la madera ha tenido una alta demanda por lo que se hace necesario el uso de madera de plantaciones forestales, debido a la escasez de especies comerciales de bosques naturales y a las restricciones de aprovechamiento en estos bosques; esta tendencia promueve realizar plantaciones en tierras deforestadas para obtener mayor productividad, inversiones privadas y mejora de conocimientos tecnológicos.

Sin embargo, para la producción y aprovechamiento en plantaciones forestales con fines comerciales, incluido *Calycophyllum spruceanum* (capirona), es necesario conocer a la especie forestal, además de la calidad de sitio, material genético, prácticas silviculturales, etc., para tener un buen desarrollo, estas investigaciones están siendo priorizadas por el Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF 2010). Actualmente los árboles aprovechados de *C. spruceanum*, en la región Ucayali provienen de regeneración natural en terrenos de barbecho. Esta especie es pionera de rápido crecimiento, con densidad media-alta de buena durabilidad natural y con gran potencial para plantaciones según Ugarte y Domínguez (2010). En zonas tropicales de menos de 500 msnm, en la fase de establecimiento las altas radiaciones, periodos de sequía, textura y condiciones nutricionales de los suelos, así como algunos factores bióticos influye en el desarrollo y crecimiento de los árboles (Araque *et al*/2009); bajo estas condiciones se busca conocer, si las características anatómicas foliares de esta especie forestal, pueden ser una ventaja adaptativa y una respuesta, que interviene en el crecimiento inicial.

La investigación beneficiará a las empresas reforestadoras, entidades públicas y privadas, así como a productores, campesinos, profesionales forestales entre otros, quienes podrán conocer que a mayor área foliar es posible que se tenga un mayor incremento en crecimiento inicial (altura y diámetro) de una plantación de capirona. Por tanto la presente investigación tuvo por objetivos específicos: a) Determinar el área foliar, densidad estomática, tamaño de estoma, diámetro y altura de *C. spruceanum*, en dos distanciamientos y periodos del año en un suelo aluvial en la Región Ucayali; b) Determinar la relación entre la densidad estomática y diámetro de estoma con respecto al área foliar y c) Evaluar el grado de relación entre el área foliar, densidad estomática y tamaño de estoma con el crecimiento inicial en diámetro y altura.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Contexto Internacional

Zamora y Terrazas (2012), en el artículo científico “Anatomía foliar y del pecíolo de cuatro especies de *Lupinus* (Fabaceae)”, describen la anatomía foliar y el pecíolo de 4 especies del género *Lupinus* (*L. aschenbornii*, *L. exaltatus*, *L. montanus* y *L. reflexus*), concluyendo que las diferencias encontradas en espesor de la lámina, mesófilo y abundancia de ceras epicuticulares pueden ser influenciadas por el ambiente. Además, que la vista en superficie de las epidermis de los folíolos se caracterizó por presentar células de forma poliédrica con paredes anticlinales rectas a ligeramente onduladas y paredes periclinales convexas tipo pezón. Los estomas dispersos y ligeramente hundidos son de tipo anomocítico y los tricomas son simples con la base ensanchada y la región apical aguda.

Poszkus *et al.* (2016), en el estudio “La arquitectura foliar de las especies de Lauraceae (Juss.) nativas de Misiones, Argentina”, concluyeron que las longitudes de los pecíolos, se encuentran entre 0.5 a 1 cm, para la mayoría de las especies excepto en *Ocotea puberula*, que llegó hasta 3 cm. La sección transversal también sirvió para diferenciar *N. lanceolata* y *Endlicheria paniculata*, las cuales, a pesar de su gran similitud, en el primero se ve que la sección es circular a canaliculado y el segundo es de sección transversal asimétrica bilobulada hacia el envés del pecíolo, esta característica también se diferenció entre *E. paniculata* y *O. diospyrifoli*.

Delbón *et al.* (2007), compararon los caracteres epidérmicos en *Flourensia campestris* y *F. oolepis* (Asteraceae), concluyendo que el análisis de varianza mostro que existían diferencias significativas en las variables índice estomático y tricomas glandulares, en ambas caras de las hojas de *Flourensia campestris*; estomas y células epidérmicas propiamente dichas, y entre ambas especies sin discriminar las caras y tricomas glandulares, en la cara adaxial de la hoja.

Medina *et al.* (2008), describieron la anatomía foliar de materiales de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) con espinas (CE, accesión ‘NM’) y sin espinas (SE, accesión ‘SV80’), concluyendo que, en ambas, las epidermis son monoestratificadas, con células cuadradas o rectangulares. El parénquima de empalizada, presenta una única capa de células prismáticas, ocupa más de la mitad de la lámina foliar. Así mismo, el parénquima esponjoso muestra células redondeadas con presencia de cámaras aeríferas; además, hay cloroplastos en todo el mesófilo, presencia de ideoblastos rodeando los haces vasculares y tricomas no glandulares y estrellados en ambas epidermis.

Páez *et al.* (2020) en el estudio “Anatomía foliar y caulinar, y caracterización fitoquímica foliar de *Flaveria bidentis* y *F. haumanii* (Asteraceae) en Santiago del Estero, Argentina”, concluyeron que estas especies se diferencian por la densidad de estomas y de tricomas, también por el tamaño y ubicación de estos últimos en la lámina; mientras que en el tallo existen diferencias en la cantidad de haces vasculares y de conductos secretores.

2.1.2. Contexto Nacional

Ugarte y Dominguez (2010), en el artículo científico “Índice de Sitio (IS) de *Calycophyllum spruceanum* Benth. en relación con la altura dominante del rodal en ensayos de plantación en la Cuenca del Aguaytía, Ucayali, Perú”, evaluaron el efecto del sitio en la productividad de 12 plantaciones de *C. spruceanum* en 5.72 ha. Estas plantaciones se distribuyeron en 3 bloques coincidentes con la parte alta, media y baja de la cuenca del río Aguaytía, Región Ucayali, Perú. Obteniendo que el mayor crecimiento de esta especie se observó en las parcelas ubicadas en la **parte alta de la cuenca** (bloque 3), donde el diámetro promedio alcanzó un promedio de 11.7cm. Los resultados menores se hallaron en las zonas más bajas de la cuenca (bloque 1).

Wong (2019), en la tesis “Caracterización de la venación foliar de tres especies andinas de *Cedrela* (Meliaceae)”, encontró que *C. angustifolia*, *C. montana* y *C. nebulosa*, presentaron similares características de venación laminar, niveles de venación inferiores y superiores, areolas y vénulas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *C. spruceanum*

Es una especie pionera de rápido crecimiento que se desarrolla en suelos aluviales de Perú, Ecuador, Brasil y Colombia. Mide de 35 - 40 m de altura y 70 - 80 cm de diámetro, con fuste recto y cilíndrico; la corteza externa de color verde petróleo, presenta ritidoma coriáceo rojizo que se desprende anualmente dejando al descubierto una corteza brillante; las hojas son simples, opuestas, pecioladas, con estipulas terminales; las flores son pequeñas de color blanca, aromáticas, agrupadas en inflorescencia terminales. sus frutos son más o menos cilíndricas y sus semillas pequeñas, comprimidas con alas en ambos extremos (Flores citado por Hidalgo 2008).

Se le ubica en los departamentos de Amazonas, San Martín, Huánuco, Loreto, Madre de Dios y Ucayali, se le encuentra en bosques primarios y secundarios, en suelos periódicamente inundados, en bosques secos tropicales, en bosques húmedos tropicales o bosques muy húmedos tropicales. Prefiere un clima de bosque tropical húmedo con temperatura media

anual de 22 °C a 26 °C y precipitación entre 1100 - 3400 mm por año. Esta especie se desarrolla muy bien en suelos arenosos y arcillosos, con contenido medio o alto de materia orgánica, suelos con pH 7 y menos de 30 % de saturación de aluminio. No crece en suelos extremadamente ácidos con pH de 4 - 4.5 (Salcedo 2009).

2.2.2. Clasificación Taxonómica de la *C. spruceanum* (Benth)

Según Mostacero y Mejía (1993) la clasificación Taxonómica de la *Calycophyllum spruceanum* Benth Hook (capirona) es de la siguiente manera:

REINO	: Plantae o vegetal
DIVISIÓN	: Magnoliophyta
CLASE	: Dicotyledoneae
SUBCLASE	: Metachlamydae
ORDEN	: Gentianales
FAMILIA	: Rubiaceae
GÉNERO	: <i>Calycophyllum</i>
ESPECIE	: <i>spruceanum</i>
NOMBRE CIENTIFICO	: <i>Calycophyllum spruceanum</i>
NOMBRE COMÚN	: capirona

2.2.3. Ciclos fenológicos

El tiempo de la floración y fructificación es anualmente. El tiempo de floración dura de 2 a 4 meses (marzo-junio). Los frutos en forma de cápsulas alargadas de color amarillo verdoso, madurando de 3 a 5 meses, comenzando la dispersión de semillas en agosto, La defoliación total o parcial de la copa a menudo ocurre durante la dispersión de semillas, los frutos secos restantes todavía permanecen en las ramas durante varias semanas (Flores citado por Hidalgo 2008).

2.2.4. Características de la anatomía foliar y su importancia

a. Anatomía de la hoja

La capacidad de fotosíntesis de las plantas está directamente relacionada con la superficie foliar expresada como índice de área foliar (Norkys y Dámaso, citados por Vela 2011). Las hojas de capirona son oblongas de 9 a 17 cm. de longitud, simples, opuesta, siendo estos los órganos fotosintéticos de la producción de biomasa (Pinedo 2004).

b. Área foliar

La determinación de las etapas fenológicas, la estimación del potencial de rendimiento biológico, en el cálculo del uso eficiente de la radiación solar, del agua y nutrientes minerales, cumple un papel de suma importancia en el crecimiento de las plantas, (Sonntag *et al.*, citados por Cabeza *et al.* (2009). La medición del área foliar es posible realizarlo por métodos directos e indirectos. Esto consiste en extraer las medidas de las siluetas de las hojas, en un papel y medir sus propiedades, como la relación de peso, área mediante figuras circulares o cuadradas o su copia en papel milimetrado; este método se ha sido utilizado a lo largo de la historia con un alto nivel de precisión y sin muestreo destructivo (Jonckheere *et al.* citados por Cabeza *et al.* (2009).

c. Estomas

Las estomas representan la interfase entre el ambiente y la planta, cuya función es regular el intercambio gaseoso y transpiración, se encuentran en las todas las partes aéreas de las plantas (hojas, tallos verdes, flores y frutos en desarrollo) e incluso en raíces Ciencias y Cosas (2009). La densidad de estomas oscila entre 2.233 mm² a 22 mm², varía debido a la influencia de los factores ambientales, morfología de las hojas y composición genética, Gonzalez (2013). Según Arambarri *et al.* (2011), en su estudio anatomía foliar de arbusto y árboles medicinales de la región Chaqueña semiárida de la Argentina, dice que la familia Rubiaceae presentan estomas paracíticos. La densidad estomática es elevada y varía entre 0 y 693.18 estomas/mm² para la cara adaxial, y entre 132.57 y 1136.36 para la cara abaxial. El índice estomático tiene valores inferiores al 10%, excepto en *Calycophyllum multiflorum*, *Capparis retusa*, *Ceiba chodatii* y *Celtis spp.*

Las estomas son los encargados de realizar el intercambio gaseoso, expulsa el oxígeno producido por la fotosíntesis y capta el CO₂ necesario para la misma. La apertura y el cierre de las estomas depende de factores como la luz, el agua disponible, los iones como el ión K⁺ o Na⁺ y los niveles de CO₂. La apertura estomática es el resultado de una mayor presión de turgencia dentro de las células oclusivas (cerradas). Por falta de agua, las células

oclusivas, pierden líquido y, por lo tanto, su presión de turgencia, lo lleva el cierre del ostiolo (Contreras 2013).

2.2.5. Factores hídricos que influyen en el crecimiento de *C. spruceanum*

Los factores que influyen en el crecimiento de *C. spruceanum* son los periodos del año y el distanciamiento, tal como se señala a continuación:

a. Período seco

El verano tiene los valores máximos de la curva de temperatura media mensual regional. Esta temperatura promedio del mes más cálido, se usa para la clasificación climática junto con la precipitación de verano más baja de los cuatro meses. Una primavera húmeda seguida de un verano cálido y seco puede provocar una sequía generalizada y por ende un mayor riesgo de incendios forestales (García y Pallares s. f.).

b. Periodo lluvioso

Es la época del año en que hay mayor precipitación, en la selva oriental peruana, esta época comprende los meses de octubre a marzo con una precipitación promedio anual de 1738.65 mm, con una temperatura mínimo promedio de 27°C. Dicha estación favorece al crecimiento y desarrollo de las plantas, cultivos y los pastos para el ganado, (Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú 2017).

c. Distanciamiento

El distanciamiento es un factor importante al momento de realizar una plantación, ya que de ella depende la aireación adecuada, la absorción de agua y nutrientes, el espacio adecuado entre plantas, la competitividad en el crecimiento por parte de las plantas respecto a los rayos de sol; así como también su desarrollo. Autores como Pinedo (2004) han trabajado en distanciamientos en capirona de 2.5 x 2.5 m, obteniendo como resultados en diámetro (DAP) varía 5.6 a 12.1cm, altura total de 5.87 a 12.8 m y volumen total de 0.0104 a 0.0651 m³ por árbol equivalentes a 16.62 a 104.19 m³/ ha, basado en una densidad de plantación de 1600 árboles/ha.

III. METODOS

3.1. Descripción del área de Estudio

La investigación se desarrolló en una plantación instalada en diciembre del 2017 dentro 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, con coordenadas UTM 544887 E / 9077263 S, a una altitud de 154 msnm, en la zona de vida Bosque Húmedo Tropical, piso altitudinal basal, con una precipitación anual promedio de 1738.65 mm, siendo los meses más lluviosos de octubre a marzo llueve con mayor intensidad (228.5 mm/mes). Las temperaturas máximas y mínimas promedio anual alcanzan entre los 33.0 °C y 18.7 °C respectivamente (SENAMHI UCAYALI, 2019).

3.2. Identificación y descripción del material experimental

Las plantas evaluadas en la investigación fueron aquellas plantadas a una profundidad de hoyo de 90 cm, con distanciamientos de: 3 m x 2 m y 3 m x 4 m respectivamente, el terreno fue arado y subsolado. El suelo es aluvial temporalmente inundable, y la textura varía desde un suelo arcilloso limoso a arcilloso limoso arenoso; es ligeramente ácido con poca materia orgánica, bajo en nitrógeno. Las plantas instaladas de *C. spruceanum* fueron traídas de la ciudad de Aguaytía.

3.3. Procedimiento

3.3.1. Fase de campo

a. Codificación y marcado de árboles

Para la codificación y marcado, se instalaron estacas pintadas de color a 20 cm de distancia de cada árbol, una vez instalada la estaca se colocó una placa de aluminio en la parte superior, con el código respectivo. Posteriormente alrededor de la base del fuste se marcó de color rojo a una altura de 10 cm del suelo, con el objetivo de evaluar el diámetro de fuste (Figura 1).



Figura 1. Codificación y marcado de árboles

b. Medición de las variables de crecimiento

Se realizaron las mediciones de la altura total y del diámetro (10 cm de la base) desarrollándose en los meses de agosto y diciembre (período seco y período lluvioso) respectivamente:

1) Medición de altura total (m)

Se midió la altura total (ht), ubicando al lado de árbol la regla telescópica de 12 metros desde el suelo hasta la yema terminal (Figura 2).



Figura 2. Medición de la altura total

2) Medición del diámetro (mm)

Se realizó la medida del diámetro del árbol a la altura al cuello a 10 cm del suelo, con ayuda de un vernier digital en milímetros (Figura 3).



Figura 3. Medición de diámetro del árbol

c. Colecta de hojas

Se colectaron tres hojas de las ramas laterales localizadas en el tercio superior de la copa de tres árboles, según época y distanciamiento, la posición de los tres arboles fueron elegidas al azar (Figura 4). La colecta se realizó desde 6:00 - 7:30 am en los meses de agosto y diciembre (periodo seco y lluvioso). La colecta de las hojas se realizó con ayuda de una tijera telescópica (Figura 5), luego las hojas se acondicionaron en bolsas de plástico debidamente codificados, siendo colocados en una caja térmica con hielo con la finalidad que las hojas no se marchiten, hasta ser transportados al Laboratorio de Forestería de la UNIA.

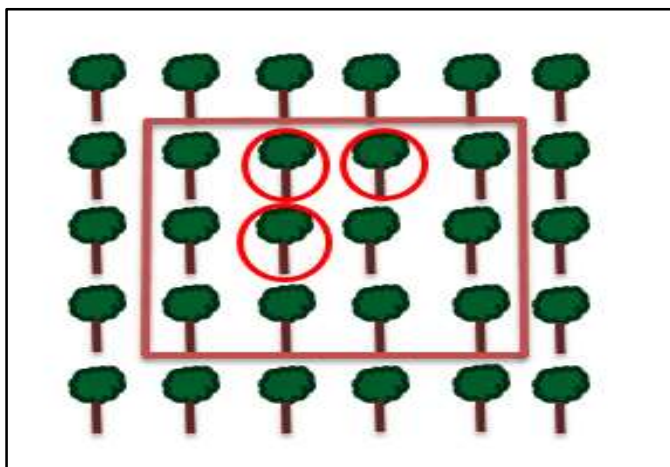


Figura 4. Distribución de la muestra para recolección de hojas



Figura 5. Recolección de hojas

3.3.2. Fase de laboratorio

Consistió en realizar la evaluación de la Anatomía Foliar:

- a) Área foliar (cm^2)
- b) Densidad de estomas (N° de estomas por mm^2)
- c) Diámetro de estomas (μm)

a. Evaluación del area foliar

Para la evaluación del área foliar (cm^2), las hojas colectadas fueron escaneadas con ayuda de un scanner a la cual se le adhirió una cinta métrica, luego con el software IMAGE J 1.46r se determinó el área foliar.

Una vez determinado el área foliar, se cortó con una tijera en tres partes cada una de las hojas, de las cuales solo se utilizó la parte central de la hoja, que se colocó en el porta objeto, una gota de adhesivo incoloro, presionando el envés foliar aproximadamente por 10 segundos hasta que ha logrado secarse, obteniéndose la lámina histológica con dos películas finas del envés que correspondieron a cada hoja (Figura 6), finalmente se codificó el porta objeto.



Figura 6. Preparación de las láminas histológicas

b. Evaluación de la densidad de estomas

Para la evaluación de la densidad de estomas, se colocaron las muestras histológicas en el microscopio óptico con cámara digital acoplado, con el objetivo de 40x de ampliación, luego se procedió a capturar 3 fotos microscópicas de cada hoja, totalizando 6 fotografías por lámina, además con ayuda del software ZEN lite 2012 y el software IMAGE J 1.46r, se hizo el conteo directo de los estomas en toda la superficie de la muestra histológica, para determinar el número de estomas por mm^2 (Figura 7).



Figura 7. Evaluación de la densidad de estomas

c. Evaluación del diámetro de estomas

Para la evaluación del diámetro de estomas, en la misma muestra histológica mencionada en el punto (b), con ayuda del software IMAGE J 1.46r, se midió el diámetro menor y diámetro

mayor de la estoma, esto se realizó en tres estomas ubicado en el extremo superior, centro, y extremo inferior.

3.4. Variables

Cuadro 1. Distribución de la operacionalización de las variables

	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable 1 Anatomía Foliar	Área Foliar	Área Foliar	cm ²
	Densidad de estoma	Densidad de estoma	Nº de estoma/ mm ²
	Diámetro de Estoma	Diámetro de estoma	µm
Variable 2 Crecimiento inicial	Altura	Altura	m
	Diámetro	Diámetro	mm

3.5. Población y muestra

La *población* estuvo constituida por 144 plantas de *C. spruceanum* que se sembraron en un hoyo de 90 cm, con distanciamientos 3 m x 2 m y 3 m x 4 m.

3.6. Tratamientos

El experimento tiene un diseño de bloques completamente aleatorizados, donde los tratamientos a evaluar fueron en dos distanciamientos y dos periodos del año (Cuadro 2). Distribuidos en 3 bloques, cada bloque cuenta con una repetición.

Cuadro 2. Tratamientos

TRATAMIENTO	PERIODO DEL AÑO	DISTANCIAMIENTO
T1	Seca	3 m x 2 m
T2	Seca	3 m x 4 m
T3	lluviosa	3 m x 2 m
T4	lluviosa	3 m x 4 m

Cada tratamiento estuvo constituido por 30 árboles (6 filas y 5 columnas) en cada parcela, donde los 12 árboles centrales vienen a ser la unidad experimental o área útil

3.7. Recolección de los datos

3.7.1. Fuente de información

Las fuentes de información utilizadas en la presente investigación fueron: la Primaria, ya que los datos fueron tomados en campo y en laboratorio; e información de fuente secundaria, porque se utilizaron materiales de consulta como: libros, artículos científicos, tesis, enciclopedias, etc.

3.7.2. Unidad experimental y unidad de medición

- La unidad experimental fueron 12 plantas de *C. spruceanum*.
- La unidad de medición fue conformada por cada planta de los cuales se tomaron las medidas de altura (m), diámetro (mm), área foliar (cm²) (densidad estomas n° estomas/ mm², diámetro de estomas (um).

3.7.3. Tipo de muestreo

Muestreo probabilístico.

3.7.4. Técnicas para la recolección de los datos

La técnica de recolección de datos fue la observación y los instrumentos para registrar los datos fueron los formatos de evaluación.

3.7.5. Tipo y Nivel de Investigación

Según Sierra (2001), la investigación científica social, se clasifican por su Tipo y Nivel, que a continuación se detallan:

- **Por su tipo de investigación.** - Es una investigación experimental
- **Por su nivel de investigación.** - La investigación es correlacional, porque se midieron dos variables, para determinar la relación entre las variables anatomía foliar y crecimiento inicial de *C. spruceanum* (capirona), en dos distanciamientos y periodos del año.

3.8. Procesamiento de los datos

Se trabajó con el programa de ofimática Excel para la organización de los datos. Se realizó el ANOVA y la prueba múltiple de rangos en las variables que presentaron diferencias

significativas. Finalmente se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de significancia del 5%. Los análisis estadísticos se ejecutaron usando el programa STATGRAPHICS Centurion XV.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de la anatomía foliar de *C. spruceanum* en dos distanciamientos y dos periodos del año

4.1.1. Área Foliar

El área foliar permite estimar la capacidad fotosintética de las plantas y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales imperantes en una región determinada (Lapo 2022, Warnock *et al* 2006). Tal es el caso en esta investigación, donde se ha evaluado el desarrollo de *C. spruceanum*, una especie forestal comercial maderable, conocida por su capacidad de desarrollo en bosques primarios y secundarios amazónicos, además es común encontrarlo en terrenos periódicamente inundados, y es una especie heliófita; por lo tanto, requiere luz directa para desarrollarse adecuadamente (Díaz-Soria, 2021).

En la Figura 8 se muestra que los promedios del área foliar de *C. spruceanum* en los periodos del año lluvioso y seco fueron 62.9 cm² y 41.4 cm² respectivamente; los cuales, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0.0002$) (Ver Anexo 4), siendo mayor el área foliar en el periodo de lluvia. Al respecto Nafarrate-Hecht (2017) reportan el mismo comportamiento para once especies de un bosque tropical seco, en Yutacán (México). Caracterizándose la época lluviosa por la menor temperatura, la mayor precipitación con cielos nublados y la baja disponibilidad lumínica contribuyendo a la optimización de la eficiencia de captación de luz, significando un incremento en el área foliar (Villegas-Retana & Chavarría-Soto, 2016); mientras, que en la época seca, las hojas experimentan estrés hídrico por la transpiración excesiva provocada por altas temperaturas e intensas horas bajo radiación solar (De Almeida y Valle 2007), causando una reducción del volumen celular y la pérdida de turgencia, lo cual afecta a los procesos de expansión foliar y la reducción del área foliar (Taiz y Zeiger 2006).

Los rangos del área foliar de *C. spruceanum* en el periodo del año lluvioso oscilaron entre 56.3 cm² a 69.5 cm², mientras que en el periodo del año seco fueron de 34.8 cm² a 47.9 cm².

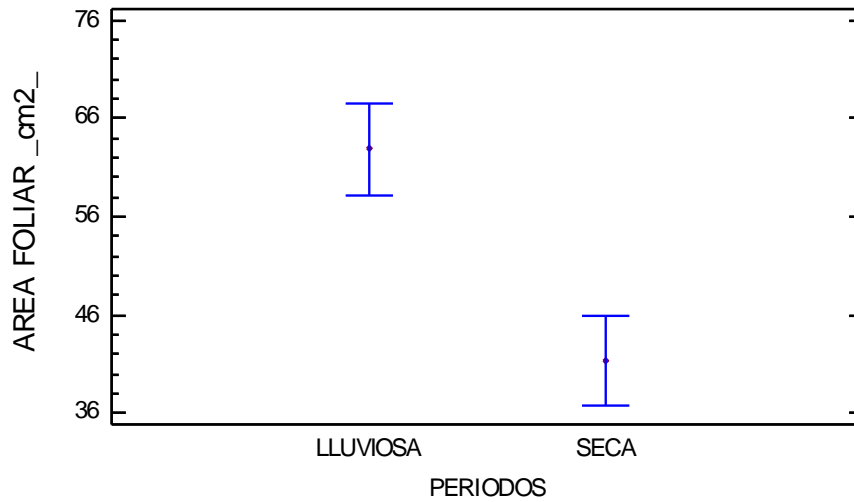


Figura 8. Promedio de área foliar en dos periodos del año

En la Figura 9 se muestra que los promedios del área foliar de *C. spruceanum* en los distanciamientos de 3 m x 2 m y 3 x 4 m fueron 54.5 cm² y 49.8 cm² respectivamente; los cuales, no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0.3032$) (Ver Anexo 4). Pero a nivel numérico se observa que el área foliar, a un distanciamiento de 3 m x 2 m es mayor con respecto al área foliar de 3 m x 4 m, siendo esto relacionado con el incremento en la competencia dentro y entre las plantas, principalmente por espacio y luz (Castillo *et al.*, 1997); asimismo, Morais *et al.* (2004) argumenta, que pueden atribuirse a variaciones en las concentraciones de los reguladores de crecimiento, como son las auxinas; las cuales, se ha demostrado que son responsables de la distensión celular y que son capaces de migrar a los sitios menos iluminados de ambas caras de la lámina foliar, que al concentrarse en los sitios menos iluminados provocan mayor crecimiento celular.

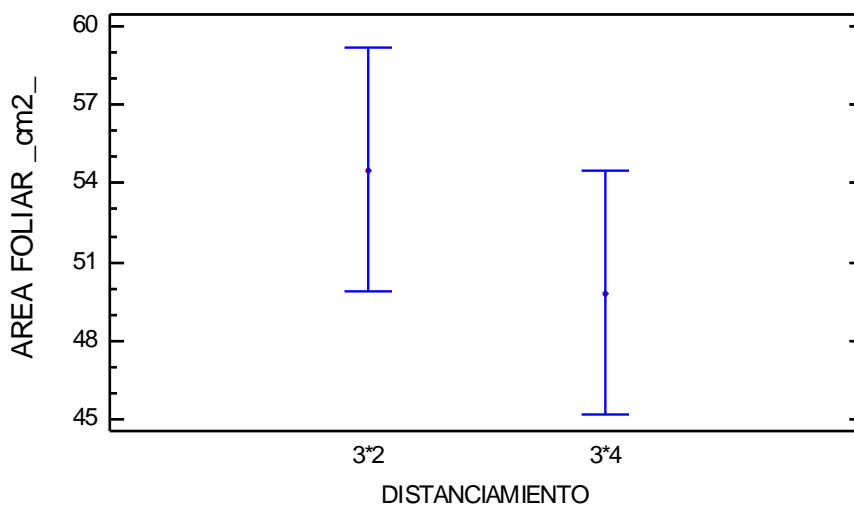


Figura 9. Promedio de área foliar por distanciamiento

Las interacciones de los factores no presentaron efectos estadísticamente significativos ($P > 0.005$) (Ver Anexo 4); pero como factores presentaron diferencias estadísticas significativas, donde los mayores valores de área foliar fueron para el periodo del año lluvioso y el distanciamiento de 3 m x 2 m con 62.92 cm² y 54.49 cm², respectivamente. Siendo el área foliar relevante por abordar la cantidad de tejido fotosintético capaz de captar la fracción de energía solar y convertirla en material orgánico (Castillo *et al.*, 1997).

4.1.2. Densidad de estoma

Este parámetro está asociado con el tamaño, posición y abertura estomática, así Daniel-Muianga (2013) sugiere que, la densidad estomática está relacionada al crecimiento de las hojas, disminuyendo al alcanzar el proceso de expansión celular. Este comportamiento estomático varía según las especies en un mismo ambiente, donde las plantas demuestran su capacidad de adaptación en respuestas a las presiones ambientales durante la formación de las hojas (Daniel-Muianga, 2013).

En la Figura 10 se muestra que los promedios de la densidad de estoma de *C. spruceanum* en los periodos del año lluvioso y seco fueron 1230 estomas/mm² y 970 estomas/mm² respectivamente; los cuales, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0.0139$) (Ver Anexo 4), siendo mayor la densidad de estoma en el periodo de lluvia. Al respecto, Nughes *et al.* (2013) reportan una alta densidad estomática observada en *C. laevigata*, *B. celastrina* y *H. pallens* durante la época húmeda e indicaron que estas especies tendrían una mayor conductancia al CO₂ y por ende, mayor eficiencia fotosintética. Sin embargo, la reducción del número de estomas por área foliar en condiciones de déficit hídrico sería una desventaja, ya que incrementaría la resistencia estomática y reduciría la transpiración, evitando que las especies puedan absorber CO₂ para su fijación durante el proceso fotosintético (Nakata y Okada 2013).

Los rangos de la densidad de estoma de *C. spruceanum* en el periodo del año lluvioso oscilaron entre 1088 estomas/mm² a 1371 estomas/mm², mientras que en el periodo del año seco fueron de 828 estomas/mm² a 1111 estomas/mm².

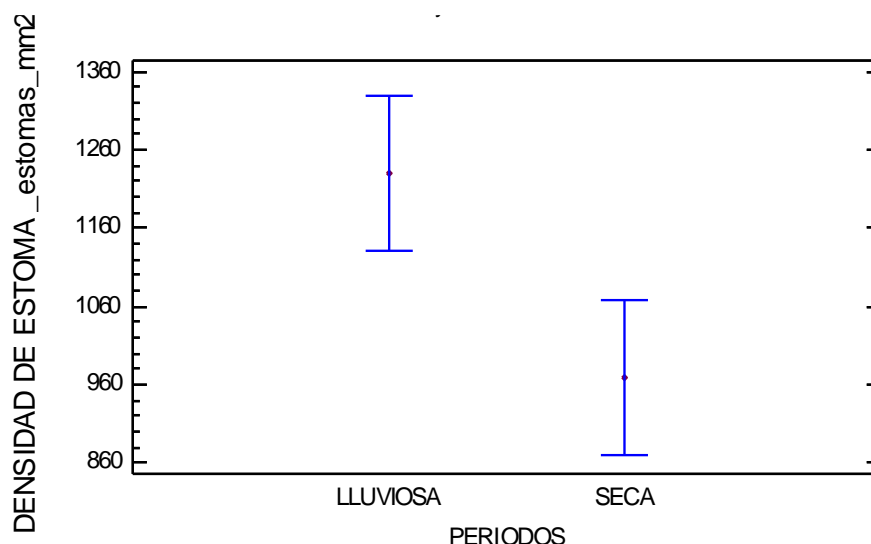


Figura 10. Promedio de la densidad de estoma en dos períodos del año

En la Figura 11 se muestra que los promedios de la densidad de estoma de *C. spruceanum* en los distanciamientos de 3 m x 2 m y 3 x 4 m fueron 1155 estomas/mm² y 1044 estomas/mm² respectivamente; los cuales, no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0.2529$) (Ver Anexo 4). Los resultados fueron elevados respecto a otras especies forestales como *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Herrania albiflora* que presentaron 480 ± 16 estomas/mm², 382 ± 11 estomas/mm² y 531 estomas/mm² respectivamente, mientras que con la especie *Guazuma ulmifolia* fue parecido la densidad de estoma (1048 estomas/mm²), con respecto al distanciamiento de 3 m x 4 m (Araque *et al.* 2011, Gámez 2013). Asimismo, Arambarri *et al.* (2012) reportan que la densidad estomática en 36 especies forestales de Argentina que se estableció para el análisis de las especies, la mayoría mostró en la cara abaxial una densidad intermedia entre 300 estomas/mm² - 500 estomas/mm², algunas especies mostraron en la cara abaxial, una densidad estomática alta entre 500 estomas/mm² - 900 estomas/mm² y sólo tres especies alcanzaron en la cara abaxial, valores muy altos de densidad estomática mayor a 1000 estomas/mm².

Los rangos de la densidad de estoma de *C. spruceanum* en el distanciamiento de 3 m x 2 m oscilaron entre 1014 estomas/mm² a 1296 estomas/mm², mientras que en el distanciamiento de 3 m x 4 m fueron de 903 estomas/mm² a 1185 estomas/mm².

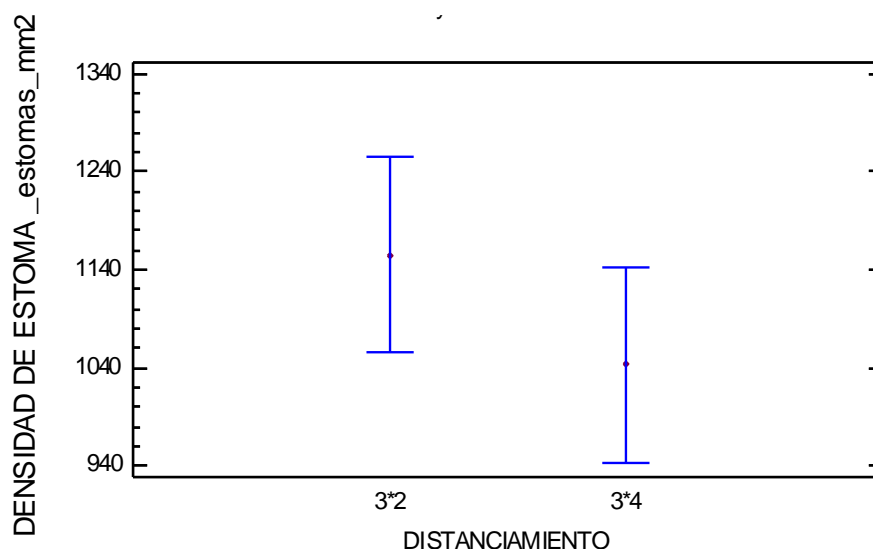


Figura 11. Promedio de densidad estomática en dos distanciamientos

Las interacciones de los factores no presentaron efectos estadísticamente significativos ($P > 0.005$) (Ver Anexo 4); pero como factores solo presentó diferencias estadísticas significativas el periodo del año, donde el mayor valor de la densidad de estoma fue para el periodo del año lluvioso con 1230 estomas/mm²; sin embargo, el distanciamiento de 3 m x 2 m, a nivel numérico presentó el mayor valor de la densidad de estoma que fue 1155 estomas/mm². Presentando las plantas generalmente mayor densidad de estomas en la cara abaxial (envés) que en la adaxial (haz). De acuerdo con Fahn y Cutler (1992), la intensidad lumínica induce la formación de estomas en la superficie adaxial de la hoja, y como consecuencia de ello se reduce el número de estomas en la superficie abaxial.

4.1.3. Diámetro de estoma

En la Figura 12, se muestra que los promedios del diámetro de estoma de *C. spruceanum* en dos periodos del año lluvioso y seco fueron 8.4 μm y 7.9 μm respectivamente; los cuales, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p = 0.0347$) (Ver Anexo 4), siendo mayor el diámetro de estoma en el periodo de lluvia. Al respecto, Haberman *et al.* (2019) indican que en épocas de mayor temperatura (periodo seco) las hojas desarrollan estomas pequeñas mejorando la fotoquímica y la fotosíntesis; asimismo, Daniel-Muianga (2013) manifiesta que esto puede ocurrir también debido al estrés hídrico que experimenta la planta, donde la resistencia estomática aumenta de tal manera que se limita la pérdida de agua por transpiración. Este comportamiento depende de la necesidad de adaptarse de las especies, donde pueden modificar su anatomía foliar para lograr su intercambio de gases (Lapo, 2022).

Los rangos del diámetro de estoma de *C. spruceanum* en el periodo del año lluvioso oscilaron entre 8 μm a 8.7 μm , mientras que en el periodo del año seco fueron 7.6 μm a 8.2 μm .

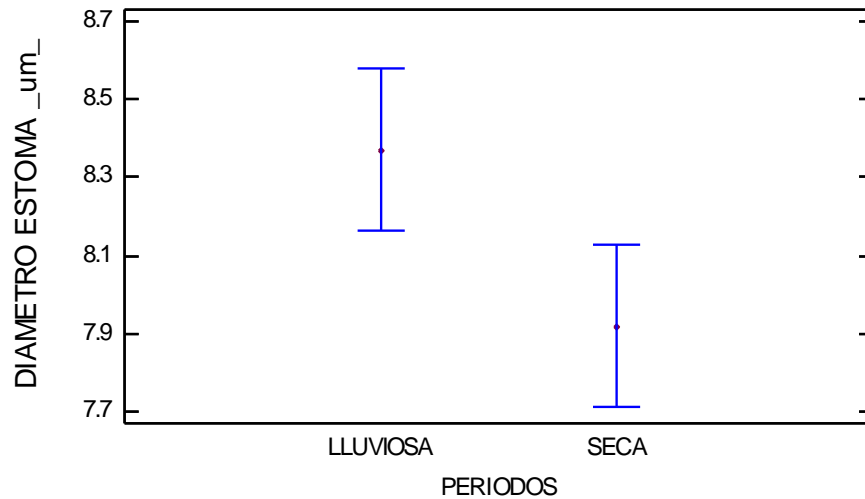


Figura 12. Promedio de diámetro de estoma en dos periodos del año

En la Figura 13 se muestra que los promedios del diámetro de estoma de *C. spruceanum* en los distanciamientos de 3 m x 2 m y 3 x 4 m fueron 8.2 µm y 8.1 µm, respectivamente; los cuales, no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0.5396$). Los rangos del diámetro de estoma de *C. spruceanum* en el distanciamiento de 3 m x 2 m oscilaron entre 7.9 µm a 8.5 µm, mientras que en el distanciamiento de 3 m x 4 m fueron de 7.8 µm a 8.4 µm.

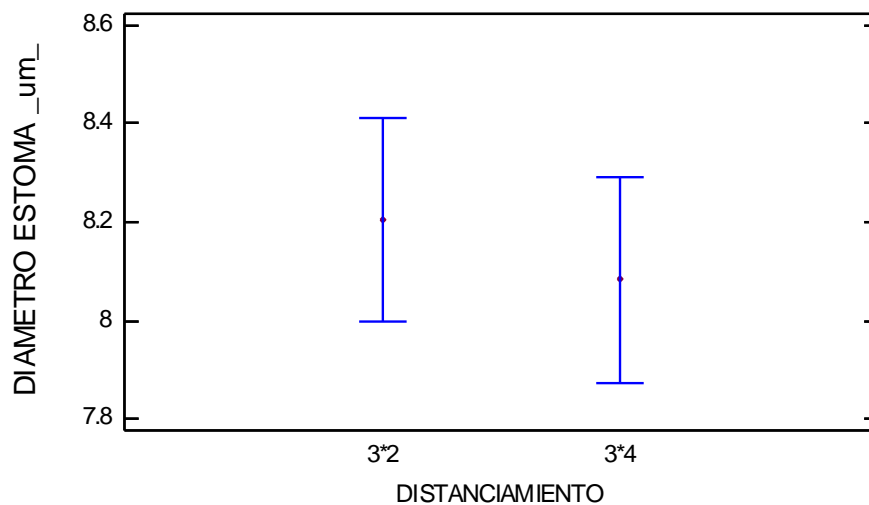


Figura 13. Promedio de diámetro de estoma en dos periodos y distanciamiento

Las interacciones de los factores no presentaron efectos estadísticamente significativos ($P>0.005$) (Ver Anexo 4); pero como factores solo presentó diferencias estadísticas significativas el periodo del año, donde el mayor valor del diámetro de estoma fue para el periodo del año lluvioso con 8.4 µm, al respecto Moreno (2009) manifiesta que los estomas se cierran en reducción de agua, por lo tanto, su diámetro se reduce a fin de conservar el agua.

4.2. Determinación del crecimiento inicial de *C. spruceanum* en dos distanciamientos y dos periodos del año.

4.2.1. Diámetro de la base del fuste (mm)

En la Figura 14 se muestra que los promedios del diámetro de la base del fuste de *C. spruceanum* en dos periodos del año lluvioso y seco fueron 77.8 mm y 65.1 mm respectivamente; los cuales, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0.0048$), siendo mayor el diámetro de la base del fuste en el periodo de lluvia. Al respecto, Ugarte y Dominguez (2010) reportan diámetros desde 36 mm hasta 127 mm, estando los valores de la investigación dentro del rango de una plantación de 64 meses, sugiriendo que en zonas de mayor precipitación las plantaciones de *C. spruceanum* evidencian mayor productividad; asimismo, Díaz *et al.* (2021) encontraron diámetros de 34 mm en plantaciones de *C. spruceanum* a los 18 meses, siendo menores a lo reportado por la presente investigación.

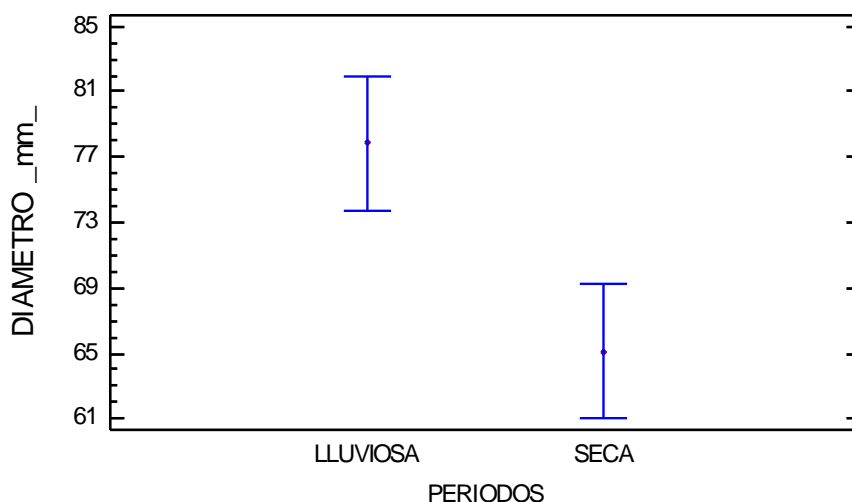


Figura 14. Promedio de diámetro total en dos periodos del año

En la Figura 15 se muestra que los promedios del diámetro de la base del fuste *C. spruceanum* en los distanciamientos de 3 m x 2 m y 3 m x 4 m fueron 67.9 mm y 74.9 mm, respectivamente; los cuales, no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0.0910$) (Ver Anexo 4), siendo numéricamente mayor el diámetro de la base del fuste a un distanciamiento de 3 m x 4 m. Al respecto, Ugarte y Dominguez (2010) reportan diámetros desde 36 mm hasta 127 mm, estando los valores de la investigación dentro del rango de una plantación de 64 meses.

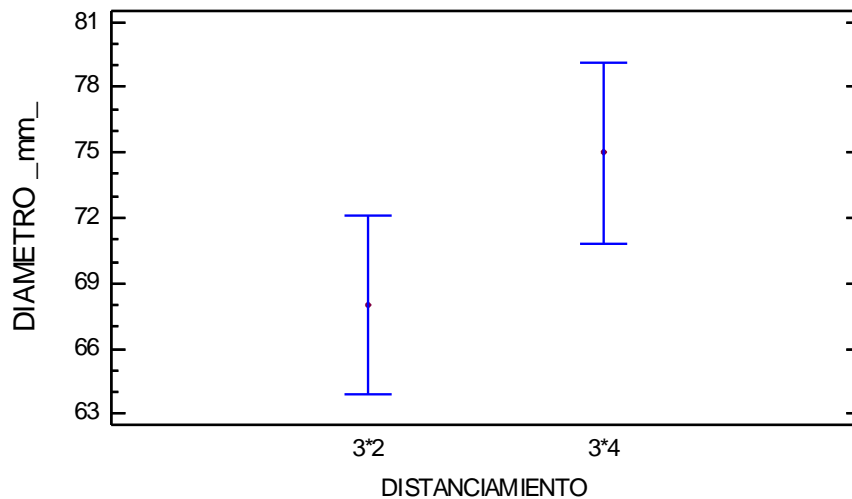


Figura 15. Promedio de diámetro total en dos distanciamientos

Las interacciones de los factores no presentaron efectos estadísticamente significativos ($P > 0.005$) (Ver Anexo 4); pero como factores solo presentó diferencias estadísticas significativas el periodo del año, donde el mayor valor del diámetro de la base del fuste fue para el periodo del año lluvioso con 77.8 mm; *sin embargo*, el distanciamiento de 3 m x 4 m, a nivel numérico presentó el mayor valor del diámetro de la base del fuste que fue 74.9 mm.

4.2.2. Altura total (m)

En la Figura 16 se muestra que los promedios de la altura total de *C. spruceanum* en dos periodos del año lluvioso y seco fueron 4.8 m y 3.9 m, respectivamente; los cuales, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p = 0.0000$), siendo mayor la altura total en el periodo de lluvia. Al respecto, Ugarte y Dominguez (2010) reportan alturas desde 4.1 m hasta 13.5 m, estando los valores de la investigación dentro del rango de una plantación de 64 meses; asimismo, Díaz *et al.* (2021) encontraron alturas de 3.75 m en plantaciones de *C. spruceanum* a los 18 meses, siendo menores a lo reportado por la presente investigación.

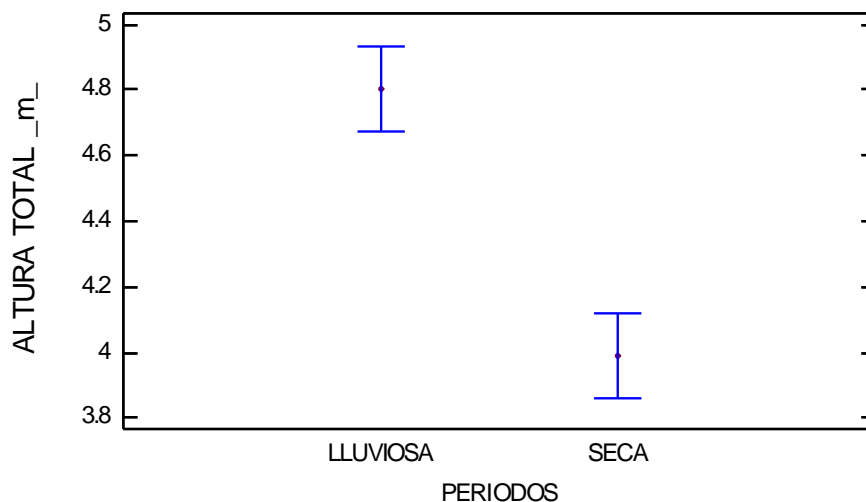


Figura 16. Promedio de altura total en dos períodos de año

En la Figura 17 se muestra que los promedios de la altura total de *C. spruceanum* en los distanciamientos de 3 m x 2 m y 3 m x 4 m fueron 4.1 m y 4.7 m, respectivamente; los cuales, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0.0000$) (Ver Anexo 4), siendo mayor la altura total en el distanciamiento de 3 m x 4 m. Al respecto, Ugarte y Dominguez (2010) reportan alturas desde 4.1 m hasta 13.5 m, estando los valores de la investigación dentro del rango de una plantación de 64 meses.

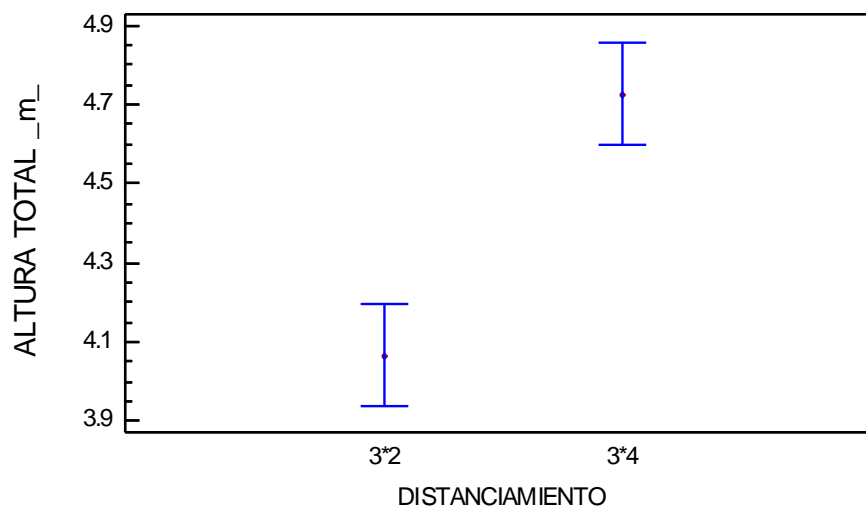


Figura 17. Promedio de altura total en dos distanciamientos

Las interacciones de los factores no presentaron efectos estadísticamente significativos ($P>0.005$); pero como factores presentaron diferencias estadísticas significativas, donde los mayores valores de altura total fueron para el periodo del año lluvioso y el distanciamiento de 3 m x 4 m con 4.8 m y 4.7 m, respectivamente.

4.3. Determinación de la relación entre la anatomía foliar y el crecimiento inicial de *C. spruceanum* en dos distanciamientos y dos periodos del año.

4.3.1. Correlación entre variables anatómicas foliares de *C. spruceanum* en dos distanciamientos y dos periodos del año.

En el Cuadro 3 se muestra las correlaciones entre el área foliar (AF), densidad del estoma (DE), diámetro del estoma (DES) con respecto a dos periodos del año, donde se observa una correlación inversa alta significativa ($p=0.0081$) (Ver Anexo 4) entre la densidad del estoma y el diámetro del estoma en el periodo de lluvia, siendo esta correlación similar a lo encontrado en la especie *Pereskia guamacho*, donde la densidad estomática y el tamaño de los estomas en las plantas mostraron una relación negativa y significativa (Edwards y Díaz 2006) mientras que difiere con la especie *C. hookeri* que tuvo una correlación positiva (Filio-Hernández y González Rodríguez. Al respecto, Aasamaa *et al.* (2001) manifiesta que los estomas más grandes y densidades más bajas se distinguen como un proceso compensatorio, el hecho que las altas densidades estomáticas generalmente ocurren en ambientes estacionales, están relacionadas con la reducción en la disponibilidad de agua; asimismo, Toral *et al.* (2010) argumentan que el diámetro de los estomas tiene una relación inversa respecto a la resistencia a la sequía, además este es un factor clave para la adaptación climática al estrés hídrico.

Cuadro 3. Correlación anatómica foliar según periodos del año

PA	AF/DE	AF/DES	DE/DES
Lluvioso	-0.4175	0.5360	-0.7215**
Seco	0.0770	0.1474	-0.2265

PA= periodos del año, AF=área foliar, DE=densidad del estoma, DES=diámetro del estoma

**= correlación alta

En el Cuadro 4 se muestra las correlaciones entre el área foliar (AF), densidad del estoma (DE), diámetro del estoma (DES) con respecto a los distanciamientos, donde se observa una correlación moderada ($p=0.0215$) (Ver Anexo 4) entre el área foliar y el diámetro del estoma en el distanciamiento de 3 m x 4 m, manifestando Longui (2007) que la reducción del poro estomático es una estrategia para minimizar la pérdida de agua por transpiración; asimismo, Frank y Farquhar (2007) reportan que los estomas más grandes presentan mayor intercambio gaseoso y tasa fotosintética.

Cuadro 4. Correlación anatómica foliar según distanciamiento

D	AF/DE	AF/DES	DE/DES
3 x 2 m	0.2786	0.3346	-0.3277
3 x 4 m	0.0340	0.6524*	0.1248

D= distanciamiento, AF=área foliar, DE=densidad del estoma, DES=diámetro del estoma

*= correlación moderada

4.3.2. Correlación entre variables de crecimiento inicial de *C. spruceanum* en dos distanciamientos y dos periodos del año.

En el Cuadro 5 se muestra las correlaciones entre el diámetro a la base del fuste y la altura total con respecto a dos periodos del año, donde se observa una correlación alta ($p=0.0215$) entre estas variables en el periodo de lluvia, encontrándose valores promedio mayores de diámetro a la base del fuste y la altura con respecto al periodo seco.

Cuadro 5. Correlación de crecimiento inicial según periodos del año

PA	Db/AT
Lluvioso	0.7388**
Seco	0.2843

PA= periodos del año, Db= diámetro de la base del fuste, AT=altura total

**= correlación alta

En el Cuadro 6 se muestra las correlaciones entre el diámetro a la base del fuste y la altura total con respecto a los distanciamientos, donde se observa una correlación alta ($p=0.0015$) (Ver Anexo 4) entre estas variables en el distanciamiento de 3 m x 2m. Al respecto Chanchari *et al.* (2021) menciona que el grado de esbeltez está dado por la relación entre altura y diámetro del fuste; encontrando a una distancia de 3 m x 2 m en *C. spruceanaum* un grado de esbeltez normal. Por lo tanto, en la presente investigación esta relación podría mostrar una tendencia de la estabilidad de la especie para resistir fuerzas mecánicas (Arias, 2005).

Cuadro 6. Correlación de crecimiento inicial según periodos del año

D	Db/AT
3 x 2 m	0.8062**
3 x 4 m	0.3365

D= distanciamiento, Db= diámetro de la base del fuste, AT=altura total

**= correlación alta

4.3.3. Correlación entre variables anatómicas foliares y variables de crecimiento inicial de *C. spruceanum* en dos distanciamientos y dos periodos del año.

En el Cuadro 7 se muestra las correlaciones entre el área foliar, densidad del estoma y diámetro del estoma con el diámetro a la base del fuste y la altura total con respecto a los periodos del año, donde se observa que no existe correlación estadística significativa ($p > 0.005$) (Ver Anexo 4) entre las variables anatómicas foliares con las variables de crecimiento inicial en los periodos del año.

Cuadro 7. Correlación anatómica foliar con el crecimiento inicial según periodos del año

PA	AF/Db	AF/AT	DE/Db	DE/AT	DES/Db	DES/AT
Lluvioso	-0.4282	-0.5213	0.2234	0.2099	-0.1719	-0.5010
Seco	0.3395	-0.0756	0.1383	0.1975	-0.4554	-0.4248

PA= periodos del año, AF=área foliar, DE=densidad del estoma, DES=diámetro del estoma, Db= diámetro de la base del fuste, AT=altura total

En el Cuadro 8 se muestra las correlaciones entre el área foliar, densidad del estoma y diámetro del estoma con el diámetro a la base del fuste y la altura total con respecto a los distanciamientos, donde se observa que existe correlación significativa alta ($p=0.0038$) entre la densidad del estoma con la altura total a un distanciamiento de 3 x 2 m, siendo esto un importante indicador de adaptación como mecanismo de sobrevivencia (Daniel-Muianga 2013). Existe una correlación moderada significativa ($p=0.0455$) entre la densidad del estoma y el diámetro a la base del fuste a un distanciamiento de 3 x 2 m; asimismo, existe una correlación moderada significativa ($p=0.0377$ y $p=0.0381$) entre área foliar y altura total, y diámetro de estoma y altura total, a un distanciamiento de 3 x 4 m.

Cuadro 8. Correlación anatómica foliar con el crecimiento inicial según periodos del año.

D	AF/Db	AF/AT	DE/Db	DE/AT	DES/Db	DES/AT
3 x 2 m	0.1863	0.2600	0.5855*	0.7643**	-0.3869	-0.3976
3 x 4 m	0.4842	0.6139*	0.3071	0.4435	0.4311	0.6027*

D= distanciamiento, AF=área foliar, DE=densidad del estoma, DES=diámetro del estoma, Db= diámetro de la base del fuste, AT=altura total

**= correlación alta, *= correlación moderada

V. CONCLUSIONES

- *C. spruceanum* presentó valores mayores en las variables anatómicas durante la época lluviosa y a un distanciamiento de 3 m x 2 m, indicando la adaptabilidad de la especie.
- *C. spruceanum* presentó valores mayores en las variables de crecimiento inicial durante la época lluviosa y a un distanciamiento de 3 m x 4 m, indicando que la presencia de agua favorece su crecimiento.
- *C. spruceanum* presentó correlación inversa alta entre la densidad del estoma y el diámetro del estoma en el periodo de lluvia, mientras que en el distanciamiento de 3 m x 4 m la correlación fue moderada entre el área foliar y el diámetro de estoma.
- *C. spruceanum* presentó correlación alta entre el diámetro de la base del fuste y la altura total en el periodo de lluvia y en el distanciamiento de 3 m x 2 m.
- *C. spruceanum* presentó correlación alta entre la densidad de estoma y la altura total y fue moderada entre la densidad del estoma y el diámetro a la base del fuste en el distanciamiento de 3 m x 2 m; asimismo, presentó correlación moderada del área foliar y del diámetro de estoma con la altura total en el distanciamiento de 3 m x 4 m.

VI. RECOMENDACIONES

- A partir de los resultados obtenidos, se sugiere a la comunidad forestal seguir estudiando la anatomía foliar y el crecimiento inicial de *C. spruceanum* Benth Hook (capirona), en otros periodos del año en la región.
- Buscar otras metodologías no invasivas para estimar el área foliar y otros parámetros complementarios que contribuyan a la mejor comprensión de las variables ecofisiológicas, desarrollo o adaptación a diferentes escenarios ambientales.
- Realizar estudios en un mayor periodo de tiempo, así como un mayor número de muestras, no obstante, esta investigación representa un aporte significativo ya que presenta resultados preliminares para esta especie tropical.
- Cada especie tiene un comportamiento ecofisiológico particular, por ello es importante ampliar esta temática de investigación para otras especies forestales maderables, teniendo en cuenta sus características intrínsecas.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Aasamaa, K., Sober, A., Rahi, M. 2001. Leaf anatomical characteristics associated with shoot hydraulic conductance, stomatal conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in temperate deciduous trees. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28, 765-774.
- Araque, O; Ramón E., J; Azócar, C; Espinoza, W; Tezara, W. 2009. Relación entre la anatomía foliar, intercambio de gases y crecimiento en juveniles de cuatro especies forestales. *Interciencia* 34(10):725-729.
- Arambarri, A; Novoa, M; Bayón, N; Hernández, M; Colares, M; Monti, C. 2011. Anatomía foliar de arbusto y árboles medicinales de la región Chaqueña semiárida de la Argentina. *Dominguezia* 27(1):20.
- Arambarri, A; Novoa, M; Bayón, N; Hernández, M; Colares, M; Monti, C. 2012. Ecoanatomía foliar de arbustos y árboles del distrito Chaqueño oriental de la Argentina. *BONPLANDIA*, 21, 5-26.
- Aasamaa, K., Sober, A., & Rahi, M. 2001. Leaf anatomical characteristics associated with shoot hydraulic conductance, stomatal conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in temperate deciduous trees. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28, 765-774.
- Bulfe, N., & Fernández, M. 2014. Efecto del momento de ocurrencia del déficit hídrico sobre el crecimiento de plantines de *Pinus taeda* L. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.*, 113(1), 81-93.
- Castillo, E., Arcila, J., Jaramillo, A., Sanabria, J. 1997. Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y su relación con el área foliar de *Coffea arabica*. *Cenicafé*, 48(3), 182-194.
- Chanchari, L., Galván, O., Córdova, K., Ypushima, A., Flores, S. 2021. Evaluación de las relaciones morfométricas de una plantación de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f, ex Schumann a diferentes distanciamientos y profundidades. *Revista de Investigación Científica Tayacaja*, 66-70.
- Cherrepano, R., Vélez, Y., Cruz, D., Legua, J. 2021. Densidade estomática de ervilha (*Pisum sativum*) por microscopia eletrônica de varredura em relação ao rendimento. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(15), 114-125.
- Delbón, N., Cosa, M. T., Dottori, N., Stiefens, L. 2007. *Análisis comparativo de los caracteres epidérmicos en *Flourensia campestris* y *F. oolepis* (Asteraceae)*. Argentina: Recuperado de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/bsab/v42n3-4/v42n3-4a11.pdf>.

- Daniel-Muianga, M. R. 2013. *Relaciones entre el crecimiento y respuestas ecofisiológicas en clones híbridos de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla sometidos a diferentes dosis de fertilización con potasio*. Piracicaba: Universidad de Sao Paulo.
- De Almeida, A., & Valle, R. 2007. Ecophysiology of cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 425-448.
- De Almeida, F., Arzuaga, J., Torres, W., & Cabrera, J. 2016. Efectos de diferentes distancias de plantación y calibres de tubérculos-semillas sobre algunas características morfo-productivas de la papa en Huambo, Angola. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 88-95.
- Díaz, H., Honorio, Z., Gonzalo, A., Domínguez, G., & Durán, M. 2019. Índice estomático relacionado con caracteres morfológicos de especies arbustivas de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. *Infinitum*, 31-34.
- Díaz-Soria, R. 2021. Capirona: versatilidad y rendimiento económico al voleo. *Attalea-Revista de Divulgación Científica*, 2.
- 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
- Edwards, E., Díaz, M. 2006. Ecological physiology of *Pereskia guamacho*, a cactus with leaves. *Plant, Cell and Environment*, 29(2), 247-256. doi:10.1111/j.1365-3040.2005.01417.x
- Fahn, A., Cutler, F. 1992. *Xerophytes. Encyclopedia of plant anatomy*. I-IX, 1-176, Gerbruder, Borntraeger, .Berlín.
- Franks, P., Farquhar, G. 2007. The mechanical diversity of stomata and its significance in gas-exchange control. *Plant Physiology*, 143, 78-87.
- Gámez, L. 2013. Estudio ecoanatómico de cuatro especies arbóreas de Malvaceae en la estación experimental caparo, estado Barinas (Venezuela). *Pittieria*, 37, 41-51.
- Habermann, E., Dias de Oliveira, E., Ribeiro, D., San Martín, J., Curtarelli, L., González, M., & Martínez, C. 2019. Stomatal Development and Conductance of a tropical Forage Legume Are Regulated by Elevated [CO₂] Under Moderate Warming. *Frontiers*, 10, 609.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. 2014. *Metodología de la Investigación*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Lapo, B. 2022. *Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros morfo-fisiológicos en la etapa de crecimiento vegetativo de cacao (Theobroma cacao L.) clon EETP - 801 en El Padmi, Zamora Chinchipe*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Medina, C. I., Sánchez, D., Camayo, G., Lobo, M., & Martínez, E. 2008. *Anatomía foliar comparativa de materiales de lulo (Solanum quitoense Lam.) con y sin espinas*. Colombia: Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945024001.pdf>.

- Morais. H., Medri. M., Marur. C., Caramuri. P, Arruda. R., Gómez. J. 2004. Modifications on leaf anatomy of *Coffea Arabica* L, caused by shade of pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Braz arch biol technol*, 47 (6), 863-871. doi:10.1590/S1516-89132004000600005.
- Moreno, L. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 179-191.
- Nafarrate-Hecht, A. C. 2017. *Estimación directa del índice de área foliar y su modelación con LiDAR en un bosque tropical seco de Yacatán*. Mérida-Yacatán: Centro de Investigación Científica dde Yacatán, A.C.
- Nakata, M., Okada, K. 2013. The Leaf Adaxial-Abaxial Boundary and Lamina Growth. *Plants*, 2, 174-202; doi:10.3390/plants2020174
- Nughes, L., Colares, M., Hernández, M., Arambarri, A. 2013. Morfo-anatomía de las hojas de *Celtis ehrenbergiana* (Celtidaceae) desarrolladas bajo condiciones naturales de sol y sombra. *Bonplandia*, 22(2), 159-170. doi:10.30972/bon.2221245
- Oseda Gago, D. 2012. *Metodología de la Investigación*. . Huancayo: Pirámide.
- Páez, V., Albornoz, P., Lizarraga, E., Sobrero, M., & Chaila, S. 2020. *Anatomía foliar y caulinar, y caracterización fitoquímica foliar de Flaveria bidentis y F. haumanii (Asteraceae) de Santiago del Estero, Argentina*. Argentina: Recuperado: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512019000100112.
- Poszus, P., Bohren, A. V., Keller, H. A., Grance, L. A., Dummel, C. J. 2016. *La arquitectura foliar de las especies de Lauraceae (Juss.)Nativas de Misiones, Argentina*. Argentina: Recuperado de: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/19590/CONICET_Digital_Nro.21722.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Romero, E., Sánchez, R., Sumich, J., Añino, Y., López, O. 2020. Variaciones morfométricas y densidad estomática en hojas de Manguifera indica bajo condiciones lumínicas contrastantes. *Tecnociencia*, 66-75.
- SENAMHI UCAYALI 2019 <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=ucayali&p=pronostico-detalle>.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2006. Fisiología vegetal (Traducción en español de la 3ra. edición Plant Physiology). Universidad Jaume I, Castellón. Editoriales Universitarias Españolas.
- Toral, M., Manríquez, A., Navarro-Cerrillo, R., Tersí, D., Naulin, P. 2010. Características de los estomas, densidad e índice estomático en secuoya (*Sequoia sempervirens*) y su variación en diferentes plantaciones de Chile. *Bosques (Valdivia)*, 157-164. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002010000200009>

- Ugarte Guerra , L. J., Dominguez Torrejon , G. 2010. *Índice de Sitio (IS) de Calycophyllum spruceanum Benth. en relación con la altura dominante del rodal en ensayos de plantación en la Cuenca del Aguaytía, Ucayali, Perú.* . Ucayali: Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162010000200005&script=sci_abstract.
- Villegas-Retana, S. A., Chavarría-Soto, M. 2016. Morfometría foliar y clorofila de *Piper reticulatum* (Piperaceae) en luz y sombra en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 8(2), 255-258.
- Warnock, R., Valenzuela, J., Trujillo, A., Madriz, P., Gutiérrez, M. 2006. Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota. *Agronomía tropical*, 21-42.
- Wong, A. 2019. *Caracterización de la Venacion Foliar de tres especies andinas de cedrela (Meliaceae)*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Zamora, J. F., Terrazas, T. 2012. *Anatomía foliar y del pecíolo de cuatro especies de Lupinus (Fabaceae)*. México: Universidad de Guadalajara.
- Zapata, M., Estrada, K., Peña, R., Fernández, J. 2021. Rendimiento del maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) bajo tres densidades de siembra en la Orinoquia colombiana. En F. Rodríguez , J. Fernández , A. Hidalgo , y Otros sesenta, *Producción agrícola de la Orinoquía colombiana : investigación aplicada* (pág. 132). Bogotá: Ediciones Unisalle.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Colecta y selección de hojas



Anexo 2. Preparación de muestras



Anexo 3. Toma fotográfica de los estomas en el microscopio.



Anexo 4. Estadística de los datos

Análisis de Varianza para DIAMETRO ESTOMA _um_ - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PERIODOS	1.2195	1	1.2195	5.32	0.0347
B:DISTANCIAMIENTO	0.0900375	1	0.0900375	0.39	0.5396
C:BLOQUE	4.0755	1	4.0755	17.79	0.0007
INTERACCIONES					
AB	0.250104	1	0.250104	1.09	0.3116
AC	0.230104	1	0.230104	1.00	0.3312
BC	0.413437	1	0.413437	1.80	0.1979
ABC	0.0610042	1	0.0610042	0.27	0.6129
RESIDUOS	3.66547	16	0.229092		
TOTAL (CORREGIDO)	10.0052	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Análisis de Varianza para DENSIDAD DE ESTOMA _estomas_ mm2 - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PERIODOS	405600.	1	405600.	7.63	0.0139
B:DISTANCIAMIENTO	74816.7	1	74816.7	1.41	0.2529
C:BLOQUE	168673.	1	168673.	3.17	0.0939
INTERACCIONES					
AB	8512.67	1	8512.67	0.16	0.6944
AC	52640.7	1	52640.7	0.99	0.3346
BC	7776.0	1	7776.0	0.15	0.7072
ABC	912.667	1	912.667	0.02	0.8974
RESIDUOS	850865.	16	53179.0		
TOTAL (CORREGIDO)	1.5698E6	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Análisis de Varianza para AREA FOLIAR _cm2_ - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PERIODOS	2777.37	1	2777.37	24.18	0.0002
B:DISTANCIAMIENTO	130.014	1	130.014	1.13	0.3032
C:BLOQUE	544.735	1	544.735	4.74	0.0448
INTERACCIONES					
AB	61.2482	1	61.2482	0.53	0.4759
AC	94.8038	1	94.8038	0.83	0.3771
BC	16.4342	1	16.4342	0.14	0.7102
ABC	168.646	1	168.646	1.47	0.2433
RESIDUOS	1838.17	16	114.886		
TOTAL (CORREGIDO)	5631.42	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Análisis de Varianza para ALTURA TOTAL _m_ - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PERIODOS	3.96907	1	3.96907	45.07	0.0000
B:DISTANCIAMIENTO	2.6136	1	2.6136	29.68	0.0001
C:BLOQUE	0.42135	1	0.42135	4.78	0.0439
INTERACCIONES					
AB	0.00881667	1	0.00881667	0.10	0.7558
AC	0.0170667	1	0.0170667	0.19	0.6657
BC	1.79307	1	1.79307	20.36	0.0004
ABC	0.00135	1	0.00135	0.02	0.9030
RESIDUOS	1.40907	16	0.0880667		
TOTAL (CORREGIDO)	10.2334	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Análisis de Varianza para DIAMETRO _mm_ - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					

A:PERIODOS	966.47	1	966.47	10.71	0.0048
B:DISTANCIAMIENTO	291.764	1	291.764	3.23	0.0910
C:BLOQUE	529.596	1	529.596	5.87	0.0276
INTERACCIONES					
AB	3.76042	1	3.76042	0.04	0.8408
AC	7.88907	1	7.88907	0.09	0.7712
BC	557.385	1	557.385	6.18	0.0244
ABC	147.808	1	147.808	1.64	0.2188
RESIDUOS	1443.21	16	90.2009		
TOTAL (CORREGIDO)	3947.89	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual