

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



TESIS

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE
COPOAZÚ (*Theobroma grandiflorum* Will ex Spreng Schum) A
DIFERENTE PORCENTAJE DE SOMBREAMIENTO Y TAMAÑOS
DE SEMILLA EN FASE DE VIVERO EN TINGO MARÍA**

Para optar el título

INGENIERO AGRÓNOMO

Elaborado por:

GINA KATIUSCA ÁLVAREZ NAVARRETE

TINGO MARÍA – PERÚ

2019



"Año de la Lucha de la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°020-2019-FA-UNAS

BACHILLER : Gina Katiusca, ALVAREZ NAVARRETE

TÍTULO : EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE COPOAZÚ (*Theobroma grandiflorum* Will ex Spreng Schum) A DIFERENTES PORCENTAJES DE SOMBREAMIENTOS Y TAMAÑOS DE SEMILLA EN FASE DE VIVERO EN TINGO MARIA.

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing. M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS

VOCAL : Ing. JORGE CERON CHAVEZ

VOCAL : Ing. CARLOS M. MIRANDA ARMAS

ASESOR : Ing. M.Sc. JORGE L. ADRIAZOLA DEL AGUILA

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 27 de mayo del 2019

HORA DE SUSTENTACIÓN : 06:00 pm

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE SESIONES DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS: EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 27 de mayo del 2019.

Ing. M.Sc. FAUSTO SILVA CÁRDENAS
PRESIDENTE

Ing. CARLOS M. MIRANDA ARMAS
VOCAL

Ing. JORGE CERÓN CHÁVEZ
VOCAL

Ing. M.Sc. JORGE L. ADRIAZOLA DEL AGUILA
ASESOR



DEDICATORIA

A nuestro padre Dios quien cada día me da fuerzas y me infunde aliento para seguir adelante en el mundo.

A mis padres Esteban Ortiz Rengifo y Gregoria Álvarez Fasabi por su amor, trabajo y sacrificios en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Es un privilegio ser su hija.

A mi hermana, Enriqueta Álvarez, Julio Álvarez, Henry Ortiz, Rubén Ortiz y Ricardo Ortiz Álvarez y a mis sobrinos Richard Ortiz Medina y Andrew Ortiz Medina, quienes en todo momento me dieron su apoyo, y compartir momentos buenos y difíciles durante mi etapa de desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y sus docentes, quienes me dieron una formación científica, tecnológica y humanista.
- A mi asesor de tesis el Ing. M. Sc. Jorge Luis Adriazola Del Águila, por la enseñanza, por los sabios consejos que me brindó y por ser un gran amigo.
- A los miembros del Jurado de Tesis; Ing. Msc. Fausto Silva Cárdenas, presidente, Ing. Carlos Miguel Miranda Armas, miembro, e Ing. Jorge Cerón Chávez, miembro; quienes con sus sugerencias y revisión mejoraron el presente trabajo de investigación.
- Al Ing. M. Sc. David Guarda Sotelo, por la enseñanza, orientación, sugerencias para la redacción y por ser un gran amigo.
- A mis compañeros, amigos y todas aquellas personas que, de una u otra forma colaboraron o participaron en la realización de esta tesis, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1. Generalidades.....	14
2.1.1. Distribución geográfica e importancia del copoazú	14
2.1.2. Taxonomía del copoazú	14
2.1.3. Descripción botánica	15
2.2. Requerimientos agroecológicos	18
2.2.1. Suelo	19
2.2.2. Precipitación y humedad relativa.....	20
2.2.3. Temperatura.....	21
2.2.4. Viento	21
2.2.5. Luz.....	21
2.2.6. Sombra.....	22
2.3. Variabilidad genética.....	23
2.4. Composición química y nutricional del copoazú.....	24
2.5. Morfología de la semilla de copoazú	25
2.6. Propagación del copoazú.....	30
2.7. Características de las semillas.....	31
2.8. La germinación.....	33
2.8.1. Tipos de germinación	33
2.8.2. Fases en el procesos de germinación.....	34
2.9. Mallas de sombreado	35

2.9.1.	Tipo de mallas	36
2.9.2.	Manejo, usos y aplicaciones.....	39
2.10.	Acción fisiológica de la luz en la planta	40
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1.	Lugar del campo experimental	43
3.1.1.	Ubicación.....	43
3.1.2.	Zona de vida.....	43
3.1.3.	Datos meteorológicos.....	43
3.1.4.	Análisis del suelo utilizado como sustrato	45
3.2.	Componentes en estudio	46
3.2.1.	Factores en estudio	46
3.2.2.	Tratamientos en estudio	47
3.2.3.	Diseño experimental	47
3.2.4.	Análisis estadístico	48
3.2.5.	Características del área experimental	49
3.3.	Ejecución del experimento	50
3.3.1.	Construcción del tinglado y cercado de vivero	50
3.3.2.	Preparación del sustrato y llenado de bolsas	51
3.3.3.	Acomodo de las bolsas	52
3.3.4.	Obtención de los frutos de copoazú	52
3.3.5.	Extracción de semilla de los frutos de copoazú.....	53
3.3.6.	Clasificación de semilla	53
3.3.7.	Pre germinado de semillas	54
3.3.8.	Siembra de la semilla de copoazú.....	55

3.3.9.	Labores culturales en el vivero	55
3.4.	Características evaluadas	56
3.4.1.	Porcentaje de sombra	56
3.5.	Características vegetativas	56
3.5.1.	Altura de planta	56
3.5.2.	Determinación del diámetro del tallo	56
3.5.3.	Número de hojas	57
3.5.4.	Área foliar	57
3.5.5.	Determinación de la longitud de la raíz	57
3.5.6.	Determinación de volumen radicular	58
3.5.7.	Determinación de peso fresco y seco de los plántones..	58
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	59
4.1.	Efecto del tamaño de semilla y el porcentaje de sombreado sobre el crecimiento de copoazú.....	59
4.1.1.	Altura de planta del copoazú	59
4.1.2.	Diámetro del tallo de plántones copoazú.....	64
4.1.3.	Número de hojas en plántones de copoazú	68
4.2.	Efecto del tamaño de semilla y el porcentaje de sombreado del área foliar del copoazú	72
4.3.	Efecto del tamaño de semilla y el porcentaje de sombreado sobre el crecimiento del sistema radicular de copoazú	74
4.3.1.	Longitud radicular	74
4.3.2.	Volumen radicular.....	77

4.4. Efecto del tamaño de semilla y el porcentaje de sombreado sobre el peso fresco y seco de los plantones copozú	79
V. CONCLUSIONES	82
VI. RECOMENDACIONES.....	83
VII. RESUMEN.....	84
ABSTRACT	85
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	86
IX. ANEXO	96

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Valor nutricional a 100 g de pulpa de copoazú.....	24
2. Valor nutricional a 100 g de manteca de copoazú.....	25
3. Clasificación del tamaño de la semilla de copoazú (BEDOYA 2003). .	29
4. Datos meteorológicos registrados durante el experimento.....	44
5. Análisis físico y químico del suelo.	46
6. Descripción de los tratamientos en estudio.	47
7. Modelo del análisis de variancia.....	49
8. Biometría de la semilla de copoazú.....	54
9. Análisis de variancia para la altura total en plántones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreado y tamaño de semillas.	60
10. Prueba Tukey para la altura total en plántones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreado.....	61
11. Prueba Tukey para la altura total en plántones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.	62
12. Análisis de variancia para el diámetro del tallo en plántones de copoazú por efecto de porcentaje de sombreado y tamaño de semillas.....	65
13. Prueba Tukey para el diámetro del tallo en plántones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreado.....	66
14. Prueba Tukey para el diámetro del tallo en plántones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.	67

15. Análisis de variancia para la cantidad de hojas en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento y tamaño de semillas.	69
16. Prueba Tukey para el número de hojas en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento.....	70
17. Prueba Tukey para el número de hojas en plantones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.	71
18. Análisis de variancia para el área foliar en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento y tamaño de semillas.	72
19. Prueba Tukey para el área foliar en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento.....	73
20. Prueba Tukey para el área foliar en plantones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.	74
21. Análisis de variancia para la longitud radicular en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento y tamaño de semillas.....	75
22. Prueba Tukey para la longitud radicular en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento.....	76
23. Prueba Tukey para la longitud radicular en plantones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.	77
24. Análisis de variancia para el volumen radicular en plantones por efecto del porcentaje de sombreamiento y el tamaño de semillas.	78
25. Prueba Tukey para el volumen radicular en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento.....	78

26. Prueba Tukey para el volumen radicular en plántones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.	79
27. Análisis de variancia para el peso fresco y seco a total en plántones por efecto del porcentaje de sombreado y tamaño de semillas. ...	80
28. Prueba Tukey para el peso fresco y seco total en plántones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreado.	81
29. Prueba Tukey para el peso fresco y seco total en plántones de por efecto del tamaño de semillas.	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Fruto del copoazú.....	15
2. Árbol de copoazú.....	16
3. Fenología del copoazú, desde la etapa de germinación hasta la etapa de fructificación (PRODAR, 1996).	18
4. a. Partes de la semilla; b. semilla del copoazú.	27
5. Dibujo representativo de los diferentes tamaños de la semilla de copoazú (BEDOYA, 2003).....	29
6. Comportamiento de la altura total en plántones de copoazú.....	63
7. Comportamiento del diámetro del tallo en plántones de copoazú.	68
8. Comportamiento del número de hojas en plántones de copoazú.....	71

I. INTRODUCCIÓN

La región amazónica posee una biodiversidad inmensa en especies vegetales, muchas de ellas productoras de frutos comestibles altamente promisorios, que pueden constituirse en alternativas para la difícil situación agrícola de una región. En el género *Theobroma*, además del *Theobroma cacao* L., existe la especie *grandiflorum* conocida como copoazú. El copoazú (*Theobroma grandiflorum* Will ex Spreng Schum) es considerada promisoriosa dado que todas las partes del fruto (cascara, pulpa y semillas) son de aprovechamiento, con diferentes usos en la industria agroalimentaria y cosmética, con un mercado creciente en el mundo por su carácter exótico.

El copoazú presenta características productivas y comerciales, poco conocidas en nuestra zona de selva alta; con el propósito de profundizar sobre el copoazú, como un sistema de producción sostenible se hace necesario unir esfuerzos para realizar trabajos de investigación, que contribuyan a solucionar la problemática que se presenta en cada fase del proceso productivo. Siendo el vivero la primera etapa y una de las más importantes del proceso productivo del cultivo donde se aborda los temas claves como el tamaño de semilla considerado como uno de los vegetales de mayor relevancia ecológica (WILLSON, 1983).

Indistintamente el copoazú como planta originaria de la amazonia ocupa el estrato intermedio del bosque. La producción de biomasa de las plantas depende de su capacidad de fotosíntesis, y su relatividad masa dependerá de la cantidad de luz que reciban las hojas, las temperaturas que proporciona el ambiente también pueden influenciar en la cantidad de biomasa, como por ejemplo temperaturas muy altas propician una exagerada respiración en detrimento de

los fotosintatos; es necesario para el caso del copoazú precisar cómo influyen estos factores en su crecimiento.

Con la finalidad de iniciar un proceso de investigación sobre la capacidad de crecimiento del copoazú ante el porcentaje de sombreamiento en vivero; nos planteamos la hipótesis que el exceso de luz disminuye la biomasa de los plantones en condiciones de Tingo María.

Objetivo general

1. Evaluar el crecimiento de las plantas de copoazú en vivero, cultivados con diferentes porcentajes de sombreamiento y tamaño de semilla en la ciudad Tingo María.

Objetivos específicos:

1. Determinar la interacción entre porcentaje de sombreamiento y tamaño de semilla en el crecimiento de plántulas de copoazú.
2. Determinar la influencia del tamaño de semilla en el crecimiento plántulas de copoazú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

2.1.1. Distribución geográfica e importancia del copoazú

El copoazú (*Theobroma grandiflorum* Will ex Spreng Schum) es un árbol frutal tropical, que se encuentra distribuido en forma silvestre en la cuenca Amazónica, en los países de Perú, Colombia, Ecuador y Brasil. Sin embargo, no se puede discriminar, dentro del área de distribución espontánea de la especie, cual constituye verdaderamente su centro de origen. Su importancia económica radica en su fruto, el cual se puede aprovechar por su pulpa, la cual se comercializa fresca o industrializada, la semilla para la fabricación de chocolate y también se puede aprovechar la cascara, como abono orgánico. En Brasil, esta especie se ha integrado a los sistemas agrosilviculturales, junto con el chontaduro (*Bractris gassipaes*), acerola (*Malpighia emarginata*), arazá (*Eugenia stipitata*); y con especies maderables como caoba (*Swietenia macrophylla*), teca (*Tectona grandis*), entre otras. En Colombia, se está investigando su comportamiento en sistemas agroforestales con arazá (*Eugenia stipitata*), platano (*Musa sp.*), uva calmarona (*Pouroma cecroplaefolia*), achiote (*Bixa Orellana*), canavalia (*Cannavalia ensiforme*), entre otros. (ROJAS *et al.*, 1996).

2.1.2. Taxonomía del copoazú

El copoazú pertenece a la familia de las Malvaceae con cuya denominación binomial (*Theobroma grandiflorum* Will ex Spreng Schum), es uno de los frutos típicamente amazónico más importante (Figura 1). Se considera al copoazú como un cacao ya que sus semillas después de secas permiten la preparación de un “típico chocolate llamado cupulate” considerado como más

fino que el de las semillas de cacao (CALZAVARA *et al.*, 1984). El copoazú anteriormente perteneció a la familia Esterculiaceae, pero después de una nueva identificación se clasificó a la especie dentro de la familia Malvaceae (ALVERSON *et al.*, 1999).

División : Fanerógamas.

Clase : Angiospermae.

Orden : Malvales.

Familia : Malvaceae.

Género : Theobroma.

Especie : *T. grandiflorum*. (ALVERSON *et al.*, 1999).



Figura 1. Fruto del copoazú.

2.1.3. Descripción botánica

El copoazú es una planta leñosa arbórea, de ciclo perenne de hasta 20 m de altura y de 45 cm de diámetro en el bosque natural, como cultivo crece de 4 a 8 m de altura y su copa abarca unos 7 m de diámetro. El tallo es recto con

base acanalada, la corteza es fibrosa, de color anaranjada con ramificaciones tricotómicas, con ramas superiores ascendentes y las inferiores horizontales. El crecimiento de la parte aérea obedece a un patrón bien definido (LEAL *et al.*, 1997; ZAPATA *et al.*, 1996).

El sistema radicular del árbol de copoazú está caracterizado por una raíz robusta con una extensión inferior a 2 m, particularmente, cuando está establecida en suelos permeables. Además, a una profundidad entre 20 y 25 cm del suelo se desarrolla gran cantidad de raíces laterales o secundarias (EMBRAPA, 2007; URANO *et al.*, 1999).



Figura 2. Árbol de copoazú.

Las hojas son simples, alternas y enteras, de 25 a 35 cm de longitud por 6 a 10 cm de ancho, verde en el haz, verde claro o rosado pálido en el envés con un revestimiento delicado de pilosidad (PRODAR, 1996; CUMANA y RONDÓN, 2005). Las inflorescencias son cimas pequeñas localizadas en las ramas horizontales formadas por tres a cinco flores, con pedúnculo corto,

compuestas de cinco pétalos de color blanco con manchas rojas con diferentes tonalidades de claro a oscuro (URANO *et al.*, 1999; EMBRAPA, 2007).

El fruto es una baya, con diferentes formas, oblonga, ovalada, elipsoide, oval elíptica o redonda, con un diámetro que varía de 9 a 15 cm y una longitud de 10 a 40 cm. Cuando el fruto está maduro se desprende de la planta y exhala un cierto agradable y característico olor (EMBRAPA, 2007). El epicarpio es rígido y leñoso, con epidermis de color verde, de textura lisa, con un espesor de 2 a 4 mm. El epicarpio está recubierto por una capa de pilosidades de color rojizo, pulverulento, que se desprende cuando se manipula y con un grosor de hasta 1 cm. El fruto contiene entre 20 y 50 semillas superpuesta en hileras verticales, envueltos por abundante pulpa de color blanco amarillenta, acidulada, con aroma característico, de consistencia suave, succulento a la madurez y con alrededor de 7 mm de espesor (CUMANA y RONDÓN, 2005).

Los árboles de cuatro a cinco años pueden producir 20 a 30 frutos y un árbol maduro; y mayor de siete años, unos 60 a 70. Existen plantas que producen frutos sin semillas, pero su productividad son muy bajas (PRODAR, 1996). La floración del copoazú ocurre en la estación menos lluviosa. Presenta gran abundancia de flores, pero con bajo rendimiento de frutos, solamente al 0.16 al 1.08 % de las flores se transforma en frutos maduros. La primera condición para que una flor alcance el estado de frutos maduros es que, durante la polinización, se depositen en los cinco brazos estigmáticos un número superior a 400 granos de polen compatibles con el progenitor femenino. En condiciones de polinización natural, solamente cerca del 2 % de las flores reciben una cantidad superior a 60 granos de polen (URANO *et al.*, 1999).

El periodo de germinación es de hasta ocho días y el porcentaje de germinación es de 80 %. La etapa de vivero se prolonga un periodo de 180 días. La etapa de crecimiento, es decir, el tiempo que transcurre de la siembra definitiva hasta la primera floración es de 15 meses. Los arboles presentan un crecimiento promedio de 80 cm/año. El tiempo total entre el inicio de la floración hasta la cosecha del fruto es de 140 días. Para la cosecha, el fruto cae de manera natural (Figura 3) (VIZCARRA, 2013).

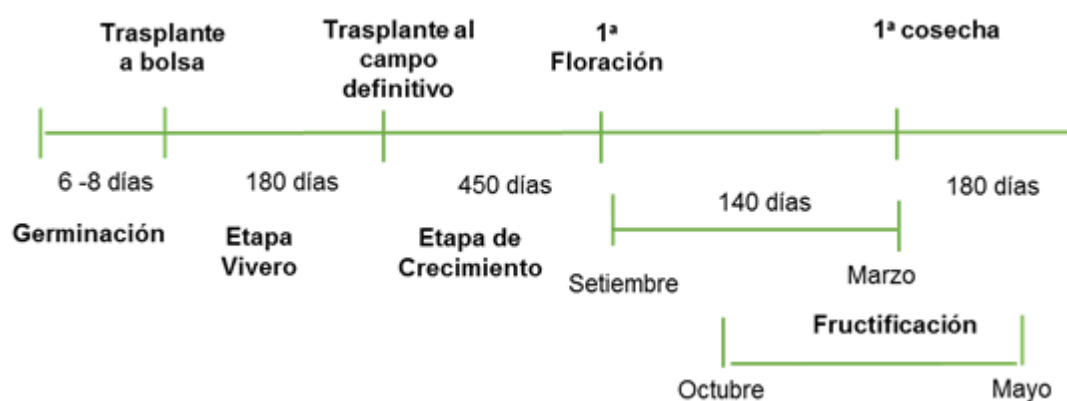


Figura 3. Fenología del copoazú, desde la etapa de germinación hasta la etapa de fructificación (PRODAR, 1996).

2.2. Requerimientos agroecológicos

Esta especie amazónica se encuentra en selvas firmes húmedas, primarias altas y secundarias, en el estrato medio (10 a 15 m), con uno a dos individuos/ha. Además se sugiere que en selvas secundarias ayuda a la regeneración luego de cultivos y abandono (CLEMENT, 1991). Dentro de los requerimientos ambientales existen tanto las condiciones climáticas como las condiciones de suelo. Los factores climáticos para el desarrollo del copoazú son la temperatura y la lluvia, y le siguen en importancia viento, la luz, la radiación solar y la humedad relativa (ENRÍQUEZ, 2003).

La fisonomía general de la Amazonia es uniforme y las variaciones del relieve son poco significativas, se le encuentra en poblaciones naturales en vegas altas de los ríos y caños, llanuras aluviales, terrazas medias y bajas, a una altura máxima de 400 m. Se reporta en Costa Rica a una altura de 600 m. En Palmira-Valle-Colombia, donde fue introducido el copoazú por MEJÍA (1985), se encuentra creciendo cerca de los 1.000 m.

En el Putumayo, el copoazú se ha encontrado creciendo bien en las siguientes condiciones: temperatura media anual de 26°C; precipitación promedio anual de 4160 mm y brillo solar de 1405 horas/año (datos de los años 1955 a 1993). En condiciones naturales, el copoazú se desarrolla en tierras no inundables y de buen drenaje; pero, resiste períodos cortos de anegamiento; en ultisoles y oxisoles de textura arcillo-arenoso o francos, ricos en humus. En Putumayo se ha encontrado adaptación a suelos inundables, ácidos, con bajos porcentajes de materia orgánica y textura arcillosa (VÉLEZ, 1991).

2.2.1. Suelo

El copoazú se desarrolla adecuadamente en suelos de tierra firme, profundos, con alta fertilidad, no inundables, de buen drenaje, de textura arcillosa – arenosa o francos. Se puede adaptar bien a suelos inundables pero ricos en humus. Se desarrolla bien en ambientes sombreados, debido que no tolera luz directa durante la fase del establecimiento (URANO *et al.*, 1999). Un suelo bueno para copoazú debe tener un pH de alrededor 6.2, suma de bases de 12 meq/100 g, saturación de bases de 70 %, materia orgánica mayor de 3.5 % (HERNÁNDEZ, 1991). Se ha observado una gran aceptabilidad a suelos de un rango muy amplio de reacción de suelo (pH 4.5-7.5). El contenido de materia

orgánica mejora la estructura e influencia en la absorción y retención de agua, el mantenimiento de bases cambiables y la capacidad de suministrar nitrógeno, fósforo, magnesio y otros elementos nutritivos de la planta (REÁTEGUI, 2010).

Según UHART (1995), menciona que el efecto del nitrógeno sobre el desarrollo, crecimiento y rendimiento del cultivo puede afectar las tasas de aparición y expansión foliar, modificando así el área foliar y la intercepción de radiación solar por el cultivo, por lo tanto menciona que es necesario considerar que la cantidad de nitrógeno disponible para la planta depende directamente del manejo de agua. Además BINKLEY (1993) indica que un suelo con mejor fertilidad produce cambios fisiológicos en la planta dando como resultados mayor incremento de biomasa.

2.2.2. Precipitación y humedad relativa

El copoazú desarrolla bien en el bosque húmedo tropical en áreas no inundables, donde las temperaturas varían entre 21.6 a 27.5°C; humedad relativa promedio de 77 a 88%; altitudes desde el nivel del mar hasta 400 m; un total anual de horas luz solar entre 1.900 a 2.800 horas y con precipitaciones anuales de 1.900 a 3.100 mm, tolera periodos lluviosos entre 2 y 6 meses (LEAL *et al.*, 1997).

El copoazú está naturalmente en zonas con temperaturas de 21.6 a 27.5°C, humedad relativa de 60 a 93% y las precipitaciones 1900-3100 mm por año. El cultivo es desarrollado en un clima de ambientes sub-húmedos a muy húmedo, con lluvias anuales superiores a 1.800 mm bien distribuidos, con una temperatura promedio anual superior a 22°C y una humedad relativa superior al 70% (VENTURIERI *et al.*, 1993; MULLER *et al.*, 1995; ROCHA *et al.*, 1999).

Según MULLER *et al.* (1995) cuando se somete al déficit hídrico, el copoazú presenta paralización del crecimiento, pérdida de las hojas, la desecación de la yema terminal, mayor susceptibilidad al ataque de plagas enfermedades y muerte de la planta, como la intensidad del déficit. Un buen sistema de raíces permite a la planta explorar suficiente volumen de suelo para obtener agua y nutrientes, lo que se traduce en un buen desarrollo vegetativo y buena producción (VALENCIA, 2005).

2.2.3. Temperatura

Las temperaturas varían de 21.6 a 27.5 °C (LEAL *et al.*, 1997). Las altas temperaturas afectan las raíces superficiales de las plantas limitando su capacidad de absorción de nutrientes. Las temperaturas muy altas provocan alteraciones fisiológica en toda la parte de la planta (SALVADOR *et al.*, 2012).

2.2.4. Viento

Fuertes vientos y de manera continua pueden provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas. Velocidades del viento del orden cuatro m/seg pueden producir problemas si no se cuenta con barreras vivas. Además, los vientos que inciden sobre una superficie ejercen un efecto desecante (HERNANDEZ, 1991).

2.2.5. Luz

La radiación solar es el principal factor que determina el microclima del cultivo, su energía condiciona la fotosíntesis, temperatura del aire, del suelo y la evapotranspiración, de tal manera que la intensidad de la radiación, el grado de interceptación y la eficiencia en el uso de la energía radiante son determinantes en la tasa de crecimiento de las plantas las cuales se verán

afectados por la calidad, la intensidad y la duración de luz dependiendo de la variedad, especie o cultivar (JARAMILLO *et al.*, 2006). BOTE, *et al.* (2018) y SCHNABEL, *et al.* (2017), la alta radiación estimula el incremento en el diámetro del tallo. La luz es probablemente el factor ambiental más complejo y variable que actúa sobre las plantas, desempeñando un papel crucial al proporcionar energía para la fotosíntesis y actuar como estímulo para el crecimiento y desarrollo. La fotomorfogénesis (crecimiento y desarrollo vegetal dependiente de la luz) abarca el conjunto de procesos mediante los cuales las plantas, adquieren información de la calidad, cantidad, dirección y fotoperiodicidad de la luz ambiental que controla su crecimiento y diferenciación (BERGARECHE y MOYSSE, 1993)

Consideramos al copoazú que pertenece al género *Theobroma* como una planta que sigue el proceso C-3 para fijación del CO₂, lo que permitiría su cultivo comercial bajo sombra controlada o pleno sol (ADRIAZOLA, 2007). EVANS y MURRAY (1951), para el caso en copoazú que pertenece al género *Theobroma* un árbol joven requieren de baja intensidades de luz, porque las intensidades altas se retrasan el crecimiento. Se considera que intensidades luminosas superior al 50 % son favorables para la producción de *Theobroma* (ICT, 2004).

2.2.6. Sombra

El copoazú requiere de sombra durante el primer año, posteriormente, la planta soporta sombra parcial o puede cultivarse a pleno sol. Esta característica posibilita su cultivo en áreas de sotobosque o en asociación con otras especies arbóreas (PRODAR, 1996). El sombreado es importante para

las plantas y la optimización de la productividad debe lograrse con un sombreado claro en la edad adulta (VENTURIERI *et al.*, 1993).

La exposición solar de las plantas en viveros, están estrechamente relacionados con la capacidad de absorción de elementos nutritivos por parte de la planta, pues a mayor exposición, esta, es más efectivo. Ello redundara en un mejor crecimiento y desarrollo de la planta, en cuanto han satisfecho sus necesidades. El objetivo de sombreado al inicio de la plantación es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo para reducir la actividad de la planta y proteger al cultivo de los vientos que le pueden perjudicar (ADRIAZOLA, 2007).

2.3. Variabilidad genética

Según VENTURIERI *et al.* (1993), existen diversos tipos de frutos, según la forma, cáscara o corteza y la presencia o no de semillas. Se tiene, los siguientes tipos:

- **Copoazú Redondo:** este es el común en la Región Amazónica. El fruto tiene un tamaño mediano, terminado en forma redonda, con cerca de 1.5 kg.
- **Copoazú Mamorana:** el fruto tiene gran tamaño. Fruto elongado, terminado en punta. Con cerca de 2.5 a 4.0 kg.
- **Copoazú Mamau:** es un fruto sin semillas (partenocárpico). Puede alcanzar 2.3 kg, con el 67 % de pulpa. La variedad Mamau fue localizada en solares de nativos residentes de las riberas del río Tocantins, en la Amazonia brasilera. Esta variedad tiene la ventaja de reducir los costos de labor al despulpado, pues carece de semillas, pero desafortunadamente, es susceptible a la “escoba de bruja” y tiene baja producción. Generalmente en los frutos partenocárpico se ve deteriorado fácilmente su sabor y aroma.

2.4. Composición química y nutricional del copoazú

El copoazú presenta más pulpa que semilla, en una relación de 2 a 1, así que se puede aprovechar la pulpa, aspecto que no es posible con el cacao. La pulpa del copoazú es de color blanco, con altos contenidos de fósforo, pectina y contenidos medios de calcio y vitamina C. Del fruto también se aprovecha su semilla, que contiene porcentajes altos de proteína y grasa, para la preparación del cupulate, un producto con características similares al chocolate. El copoazú realmente es un pariente del cacao, pero tienen diferencias en la cantidad de grasa del grano de cacao (62.5 %) y el copoazú (50.2 %) aproximadamente y en el contenido de la manteca de copoazú porque carece de teobromina y cafeína. En el Cuadro 1, se muestra que el valor nutricional de 100 g de pulpa de copoazú; mientras que en el Cuadro 2, se muestra el valor nutricional de 100 g de manteca de copoazú (CRUZ, 1996).

Cuadro 1. Valor nutricional a 100 g de pulpa de copoazú.

Componentes	Unidad	Valor
Acidez	g	2.15
°Brix		0.80
pH		3.30
Aminoácidos	mg	21.90
Estrato etéreo	g	0.53
Cenizas	g	0.67
Sólidos totales	g	11.00
Azúcares reductores	g	3.00
Pectina	mg	390.00
Almidón	mg	0.96
Fósforo	mg	310.00
Calcio	mg	40.00
Vitamina C	mg	23.10

Fuente: CRUZ (1996).

Cuadro 2. Valor nutricional a 100 g de manteca de copoazú.

Componentes	Unidad	Valor
Proteína	g	1.70
Calcio	mg	23.00
Fosforo	mg	26.00
Hierro	mg	30.00
Vitamina B ₁	mg	0.04
Vitamina B ₂	mg	0.04
Vitamina C	mg	33.00

Fuente: CRUZ (1996).

El rendimiento de pulpa varía de acuerdo con el tamaño del fruto, genotipo, localidad de producción y periodo de cosecha. En promedio, los frutos presentan 43% de cascara, 36% de pulpa, 17% de semilla y 4% de placenta. Con una tonelada de semillas frescas es posible obtener 160 kg de cupulate en polvo y 135 kg de manteca; o también, 348 kg de cupulate medio amargo, en la forma de tabletas y 65 kg en polvo (VIZCARRA, 2013).

2.5. Morfología de la semilla de copoazú

KELLY (1988), sostiene que una semilla de calidad contribuye a mayor eficiencia varietal productiva, ya que emerge de manera rápida y uniforme, bajo diferentes condiciones ambientales. La calidad de la semilla es un concepto basado en la valoración de diferentes atributos. La emergencia consiste en la aparición de las plántulas sobre la superficie del suelo. La velocidad de emergencia resulta muy importante desde que en esta etapa no fotosintética, el crecimiento de la plántula depende exclusivamente de las reservas de las semillas, siendo a la vez expuesta a infinidad de factores desfavorables.

Según CARAMBULA (1997), el proceso de germinación de la semilla de copoazú se caracteriza, por la aparición de la raíz primaria que rompe el tegumento en la porción basal de la semilla, más precisamente en la región próxima al hilo. Este proceso es muy rápido ocurriendo entre tres o cuatro días después de la siembra. En seguida, la raíz primaria presenta una fase de activo crecimiento. Posteriormente aparecen los nudos cotiledonares, desarrollo de gancho epicotilinar y del epicótilo y la apertura del primer par de metáfilos. La germinación es de tipo hipogea.

Asimismo, el mismo autor agrega que inicialmente la semilla de copoazú está constituida por la testa de color marrón, el eje embrional, el cual está formado por la plúmula, el hipocótilo, dos cotiledones y la radícula. La semilla posee endospermo; el complejo plúmula radícula está situada entre los cotiledones a un lado del grano contra la testa, de tal manera que la radícula este en contacto con el micrópilo y la plúmula está encerrada hacia el interior del grano. El complejo plúmula radícula, ocupa solo una parte muy reducida del espacio libre entre los cotiledones.

a. Descripción de la parte externa de la semilla de copoazú: El micrópilo, es una perforación a manera de canal de forma ovalada y de color café oscuro, ubicada en la parte superior del hilo, que comunica a la semilla con el exterior. Se origina en el óvulo y viene a ser el lugar donde penetra el tubo polínico hacia el saco embrionario. Después de la fertilización como respuesta al crecimiento y desarrollo del o de los tegumentos, el micrópilo se va cerrando hasta quedar en la semilla madura completamente obliterado o como un poro o fluido. El hilo, es una cicatriz de forma circular, de color café claro que queda en la semilla de

copoazú cuando esta se desprende del funículo. La semilla de copoazú al ser extraída del fruto se encuentra envuelta por el endocarpio que presenta color blanco, crema amarillento; al retirarlo de la semilla esta se sometió a proceso de beneficio y en los primeros días presento un color marrón rojizo, pasado ocho días se encuentra seca y su color ha pasado de color marrón rojizo a café claro amarillento.

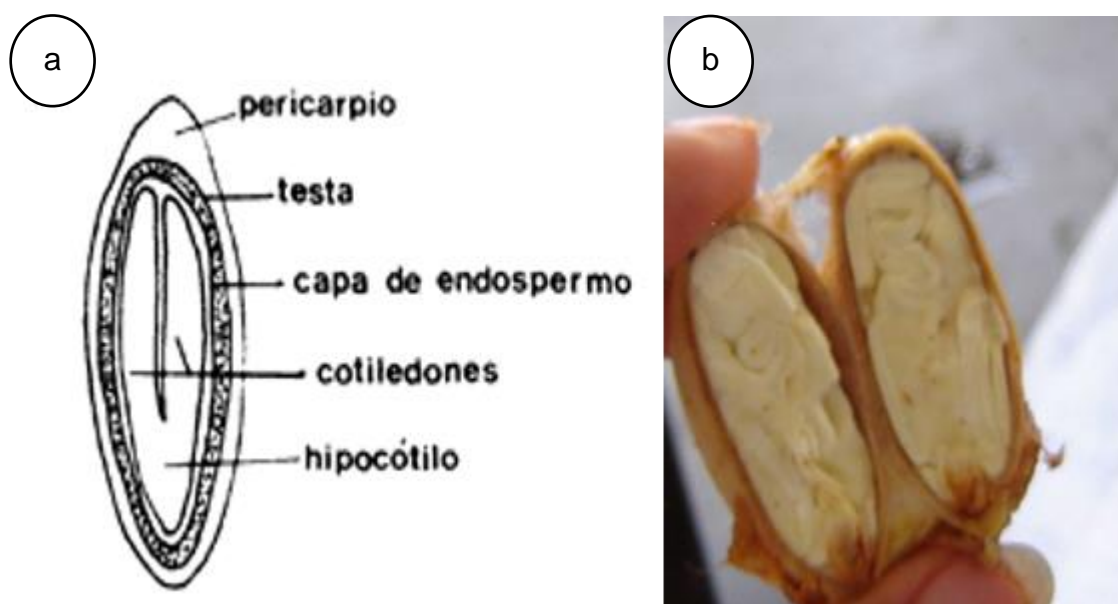


Figura 4. a. Partes de la semilla; b. semilla del copoazú.

b. Parte interna de la semilla de copoazú: El embrión de la semilla de copoazú presentaba una coloración blanca; es una pequeña planta en estado embrionario; cuando las condiciones son favorables (adecuada humedad, calor y oxígeno) se llega a desarrollar dando lugar a una nueva planta que contiene las siguientes partes: La radícula es de color blanco, es la primer parte del embrión que emerge. Una vez fuera se convierte en una auténtica raíz y su coloración cambia de blanco a café, produciendo raíces secundarias y pelos absorbentes. La plúmula, es una yema de color blanco se encuentra a lado

opuesto de la radícula. El hipocótilo, es el espacio entre la radícula y la plúmula. Asimismo, el hipocótilo, está situado a continuación de la radícula dando origen al tallo. Los cotiledones, adquieren la función de primeras hojas o de reserva alimenticia, que a veces ambas cosas a la vez. El copoazú es una planta dicotiledónea (dos cotiledones) y pertenecen al grupo de las angiospermas; por eso el endospermo o albumen, es la reserva alimentaría que está contenida en la semilla.

2.5.1. Caracterización de la semilla de copoazú

Según MORENO *et al.* (1968), la forma de las semillas del copoazú, vienen a ser estructuras planas o tridimensionales, que a su vez su forma queda definida por el tipo de figura geométrica. En el caso de las semillas de copoazú; estas semillas se encuentran envueltas por el endocarpio que es comestible y de color blanco amarillento, ácido y aroma agradable en estado de madurez; asimismo, son semillas planas en donde el largo y el ancho llegan a predominar notablemente sobre el grueso y además, sus formas pueden ser ovada, elíptica u oblonga.

Según BEDOYA (2003), el tamaño de la semilla de copoazú llega a variar notablemente dentro de la propia especie, y el tamaño está determinado por la posición que guarda dentro del fruto y por la cantidad de nutrientes que recibe durante su ontogenia; además, estas se pueden clasificar en grandes, medianas y pequeñas. Asimismo, el autor llega a caracterizar que las variables están relacionadas con el tamaño como la parte que corresponde al rafe (ancho máximo), y la parte que corresponde al eje embrional (ancho mínimo) de la semilla de esta especie (Figura 5).

Cuadro 3. Clasificación del tamaño de la semilla de copoazú (BEDOYA 2003).

Tamaño	Ancho máximo (cm.)	Ancho mínimo (cm.)	Longitud (cm.)
Grandes	3.40	2.40	2.90
Medianas	2.90	2.10	2.50
Pequeñas	2.10	1.50	1.80

Fuente: BEDOYA (2003).

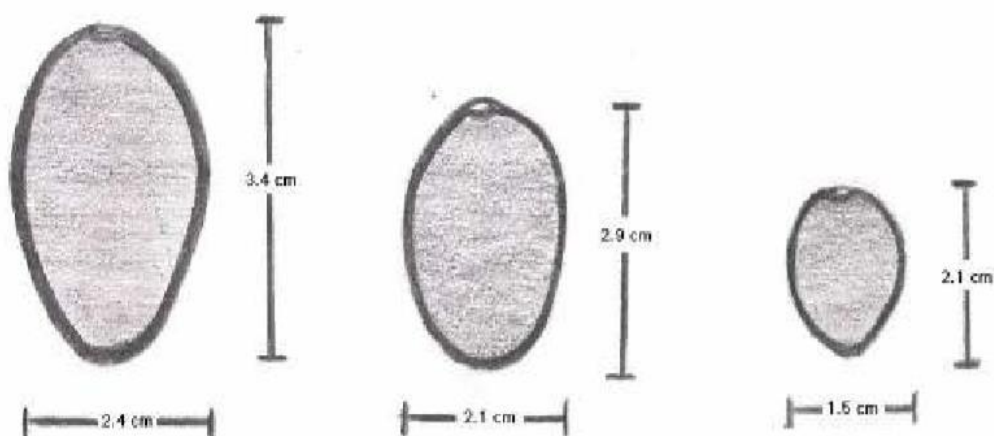


Figura 5. Dibujo representativo de los diferentes tamaños de la semilla de copoazú (BEDOYA, 2003).

El tamaño de semilla es uno de los factores que influyen en la germinación y el vigor de las plántulas (CAZETTA *et al.*, 1995). Según CARVALHO y NAKAGAWA (1988), las semillas de mayor tamaño son la que presenta mayor crecimiento durante su desarrollo y presenta mayor número de hoja. Las semillas pequeñas dan plántulas de menor desarrollo, principalmente cuando están en competencia con plántulas que son originadas de semillas

mayores (CARDOSO *et al.*, 2002). La variación del tamaño es un rasgo crítico que determina el tamaño temprano de las plántulas y aumenta las probabilidades de establecimiento bajo condiciones críticas (GALETTI *et al.*, 2013).

Según MONTELIU, (2010), las respuestas de la planta dependen del genotipo y del estado de desarrollo de la misma en el momento del estrés, de la duración, severidad del mismo y de los factores ambientales que lo provoquen. Una vez activadas estas respuestas, el crecimiento propiamente dicho, se verá limitado por el aporte de nutrientes, elementos minerales y carbohidratos; y sí la planta es capaz de, si las condiciones ambientales son favorables, reprimir las respuestas de crecimiento e incluso después de haberse iniciado el periodo de desarrollo y desencadenar mecanismos de protección y defensa que abortan el desarrollo y aseguran la supervivencia de la planta bajo condiciones ambientales adversas. FAIGUENBAUM y ROMERO (1991), señalan que la calidad fisiológica de la semilla para distintas especies se relaciona con el tamaño de la misma.

2.6. Propagación del copoazú

Se puede propagar por métodos sexuales y asexuales de acuerdo a los intereses que se persigan. Asexualmente por injerto para mejorar producción y calidad de frutos. La semilla sexual es de comportamiento recalcitrante, por ello debe ser despulpada y sembrada rápidamente, la viabilidad se conserva por 12 días si se mantiene dentro del fruto. La germinación y emergencia se inicia a los 15 días de sembradas (VARÓN y ROJAS, 2001).

Se recomienda recoger las mazorcas maduras de las ramas de árboles con características deseables. Se recomienda utilizar arboles de la zona con las siguientes características: plantas adultas (con cinco años de edad de edad

como mínimo), plantas con buen vigor vegetal, de buena producción y con mínima incidencia de plagas y enfermedades (PALENCIA *et al.*, 2009).

Para la producción de plántulas se deben seleccionar semillas provenientes de plantas con buena producción, con un porte bajo, con frutos grandes y libres de enfermedades. Para la propagación asexual del copoazú se pueden hacer dos tipos de injertos: de púa o yema terminal y de yema o escudo. Este tipo de propagación se utiliza para obtener plantas productivas en un menor tiempo, para propagar materiales resistentes o tolerantes a escoba de bruja (*Crinipellis pernicios*a Stahel Singer) y para obtener plantas de porte bajo que pueden producir frutos con mayor porcentaje de pulpa, menor porcentaje de cáscara y frutos sin semilla (partenocárpico). Asimismo, otro tipo de propagación del copoazú es el acodo aéreo, que sirve para multiplicar las plantas seleccionadas por algunas características deseables, lo cual es difícil de lograr por vía sexual debido a la alta alogamia que posee la especie, el método requiere un mínimo de insumos por la buena capacidad rizogénica de la especie, y es muy accesible para los productores por su manera fácil de hacer y su bajo costo (VARÓN y ROJAS, 2001).

2.7. Características de las semillas

Las semillas de diversas especies pueden variar en tamaño, forma, estructura del embrión y presencia de tejidos de almacenamiento (HARTMANN y KESTER, 1982). Se ha determinado que especies con semillas grandes producen plántulas más vigorosas en el sotobosque, mientras que especies con semillas pequeñas, con rápida germinación, estarían adaptadas a la colonización de nuevos espacios (SNOW, 1971).

La variación intraespecífica del tamaño de las semillas ha sido bien estudiada en otras latitudes, sin embargo en las zonas tropicales son escasos estos estudios (DALLING, 2002). Dentro de una misma especie, la variación en el tamaño de las semillas puede deberse a variaciones en el número de semillas producidas por cada fruto o a condiciones ambientales particulares como por ejemplo la humedad del suelo (DALLING, 2002). CUYA y LOMBARDI (1991) encontraron que el tamaño de las semillas puede estar inversamente correlacionado con la velocidad de germinación dentro de la misma especie.

Según MICHAELS *et al.* (1988) y VAUGHTON y RAMSEY, (1998), es más probable encontrar diferencias en el tamaño de la semilla dentro de una planta que entre plantas, indicando que la variación se debería más a efectos ambientales durante el desarrollo que a diferencias genéticas entre árboles parentales. Es así que, en algunas especies, la influencia del grado de desarrollo del embrión sobre la velocidad de germinación y tamaño de la plántula puede ser mayor que el efecto del tamaño de las semillas (WRZESNIEWSKI, 1982). Resultados similares sobre la relación entre el tamaño de semillas y sus variables en los plántones son reportados por QUIRÓS y ARCE (2000), quienes luego de investigar en encino (*Quercus costaricensis*), encontraron que semillas medianas y grandes superan a las muy pequeñas, tanto en su capacidad de germinación como en el crecimiento inicial durante los primeros cuatro meses.

Además ARTEAGA (2007), al analizar la variabilidad intraespecífica del tamaño de las semillas de *Vismia glaziovii* Ruhl y su efecto sobre la velocidad de germinación y el tamaño de las plántulas, concluyendo que el tamaño de la semilla no influye sobre la velocidad de germinación ni sobre el tamaño de las

plántulas; siendo un indicador que no en todas las especies el tamaño de semilla presenta relación con el crecimiento de los plantones.

2.8. La germinación

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de la semilla de las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables (WILLAN, 1991). La latencia es útil para habilitar la especie para sobrevivir como semilla hasta que se forme una brecha, por causas naturales o artificiales. La latencia se rompe cuando las semillas son expuestas a mayor luz y temperatura en espacios abiertos del bosque. Algunas especies en apariencia son sensibles a los cambios de luz otras a los cambios de temperatura (GUEVARA, 2000).

2.8.1. Tipos de germinación

GUEVARA (2000), lo describe de la forma siguiente:

a. Epigea

Las plantas epigeas, los cotiledones emergen del suelo debido de un considerable crecimiento del hipocótilo (porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones). Posteriormente, en los cotiledones se diferencia el cloroplasto, transformándolos en órganos fotosintéticos y, actuando como si fuera hojas. Finalmente, comienza el desarrollo del epicótilo (porción comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas). Presentan este tipo de germinación las semillas del cacao (*Theobroma cacao*).

b. Hipogea

Las plántulas hipogea, los cotiledones permanecen enterrados; únicamente la plúmula atraviesa el suelo. El hipocótilo es muy corto,

prácticamente nulo. A continuación, el epicótilo se alarga, apareciendo las primeras hojas verdaderas, que son, en este caso, los primeros órganos fotosintetizadores de la planta. Este tipo de germinación presentan las semillas de copoazú (*Theobroma grandiflorum*)

2.8.2. Fases en el procesos de germinación

GUEVARA (2000), lo describe de la forma siguiente:

- **La imbibición de agua:** la absorción de agua es el primer paso de la germinación, sin el cual el proceso no puede darse. Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla.

- **La síntesis activación de los sistemas enzimáticos:** en esta fase ocurre dos fenómenos fundamentales para germinación. El primero es la reactivación de las enzimas, inactivadas por la extrema desecación y, el segundo la síntesis de otras inexistentes. Para iniciar el crecimiento del embrión las reservas de la semilla se movilizan, convertidas de la forma insoluble a la soluble, o a formas derivadas transportables y/o metabolizables.

- **Degradación de las sustancia de reserva:** las enzimas degradan las reservas de la semilla y ponen a disposición del embrión no sólo los nutrientes, sino también energía generada por la fermentación y la respiración de los sustratos solubilizados. Es así como los hidratos de carbono insolubles (almidón, inulina) son degradados por hidrolasas a monosacáridos solubles, como la glucosa, fructosa, etc. Los triglicéridos, principales lípidos de reserva de muchas leguminosas, son degradados en tres orgánulos: cuerpos lipídicos, mitocondrias y glioxisomas, son descompuestos a glicerol y ácidos grasos. Las

proteínas de reserva son hidrolizadas a aminoácidos por proteinasas. En los cereales y otras gramíneas, las proteínas de reserva se encuentran en forma de cuerpos proteicos en la capa de aleurona y en menor cantidad, en el endospermo de la semilla.

- **Elongación de las células del embrión y emergencia de la radícula:** al final de la fase III, el embrión dispone de suficientes nutrientes para crecer normalmente, todos los productos de la hidrólisis nutren al embrión, para el inicio de su crecimiento.

2.9. Mallas de sombreamiento

Según ROBLEDO (2004) manifiesta que es un tejido de diferentes densidades de más, alta calidad, fabricado a partir de cintas de polietileno de alta densidad, tejido anudado de alta resistencia y duración, las rasgaduras no se corren, tratadas especialmente contra rayos ultravioleta, que da una duración de hasta cuatro temporadas de uso con excelentes propiedades mecánicas y gran estabilización de la luz y térmica. Además se puede emplear mallas de 50, 60 y 80 % de sombra, longitud de 4.20 m x 100m ligeras y económicas. Ideales para casas de sombra, viveros, invernaderos, cubiertas para sombreo de plantas forestales y agrícolas. Para la regulación de luz y temperatura en la producción de plántulas forestales y de hortalizas.

Asimismo Vela y Hernández (2002) citado por IBARRA (2011), manifiestan que los tipos de malla Raschel de color negra son las más utilizadas para ser utilizados como malla sombra en vivero para la producción de plantones forestales y agrícolas, siendo las de color rojo, utilizadas principalmente para la propagación de plantas ornamentales.

Según JUÁREZ *et al.* (2011), el objetivo del empleo de una malla sombra no sólo es reducir la cantidad de luz, también tiene como finalidad evitar el exceso de temperatura. Si se considera que el calor es producido por la radiación infrarroja cercana del espectro electromagnético o energía radiante del sol, una malla sombra ideal debería ser un filtro selectivo que detuviera esa radiación sin afectar la parte visible o útil para la fotosíntesis.

El mismo autor sostiene que las mallas sombras también se usan en los invernaderos para disminuir la luminosidad colocadas por encima de la cubierta de plástico con el propósito de proporcionar sombra y disminuir la cantidad de energía luminosa que penetra al interior, en este caso se requiere de una estructura de 30 a 40 cm encima del plástico; cuando se coloca debajo de la cubierta, disminuye la luminosidad pero aumenta la temperatura, ya que la energía retenida se transforma en calor que la malla irradia al interior del invernadero.

2.9.1. Tipo de mallas

Según CASTELLANO *et al.* (2008), las mallas se caracterizan de acuerdo al tipo de material del que están hechas, como las dimensiones, textura, porosidad, color, transmisibilidad, reflectividad, factor de sombreo, estrés de tensión; por eso, que el tipo de mallas se puede caracterizar según la durabilidad entre otros como se muestra a continuación:

a. Por el tipo de material

SCARASCIA *et al.* (2008), los caracteriza de la forma siguiente:

- **Polietileno de alta densidad (HDPE):** Es un material no tóxico, el cual puede ser usado en contacto directo con las plantas. Es

completamente reciclable, fácil de adaptar, a prueba de agua, durable, presenta agentes de protección de radiación ultra violeta (UV).

- **Polipropileno:** Este material es usado en la fabricación de membranas plásticas para la protección de la lluvia, granizo y viento, estas láminas se caracterizan por presentar baja resistencia estructural y no pueden ser usadas como coberturas de estructuras de marco.

- **Materiales biodegradables:** Materiales a base de almidón son usados en agricultura innovadora. Al final de su uso, son biodegradables se pueden dejar en el suelo o incorporar en procesos de compostaje con materia orgánica. No son comunes en el mercado debido a su alto costo comparado con otros materiales plásticos, y por su baja resistencia mecánica.

b. Por el tipo de tejido y textura

SHAHAK *et al.* (2002), sustentan que se distinguen tres tipos:

- **Tejido simple:** Se caracteriza por ser un tejido ortogonal de hebras simples, ligero, estable, relativamente rígido, resisten a deformaciones.

- **Tejido inglés:** Es una modificación del anterior, con doble hebra de tejido en uno de los lados de la unidad ortogonal. Proporcionan mayor rigidez ideal para resistir fuertes vientos.

- **Tejido Raschel:** Es un tipo de malla fabricada mediante cintas de polietileno de alta densidad. Estas fibras de la malla, se tejen en diferentes densidades y reciben un tratamiento para resistir el daño de los rayos UV.

c. Por la porosidad

Según CASTELLANO *et al.* (2008), el porcentaje de espacios libres sin tejido, es evaluada mediante el análisis de radiación que deja pasar.

d. Por las propiedades mecánicas

Según CASTELLANO *et al.* (2008), una variedad de aditivos son usados en la fabricación de mallas plásticas, los cuales mejoran características mecánicas, físicas y su durabilidad, así como la permeabilidad al agua, la resistencia al fuego y a la radiación ultravioleta.

e. Por el color

El color de las mallas se obtiene a través de la mezcla de aditivos cromáticos con los granos de HDPE antes de la producción del tejido, los colores más comunes son el negro, verde o transparente. Las mallas de colores tienen un objetivo específico y es que fueron creadas para modificar la transmisión del espectro de radiación solar; asimismo tienen el objetivo de inducir diferentes efectos en las plantas, como incrementar la medida de los frutos, y controlar el periodo de producción (SHAHAK *et al.*, 2002).

f. Transmisibilidad, reflectividad, y factor de sombreo

Según CASTELLANO *et al.* (2008), las propiedades radiométricas de las mallas agrícolas como; la transmisibilidad, reflectividad, factor de sombreo, la capacidad de modificar la calidad de radiación, también la forma de la estructura de cubierta, la posición del sol, las condiciones de clima, afectan el desempeño lumínico de las mallas plásticas. El total de la radiación transmitida por los materiales de cubierta es importante para cuantificar la cantidad de energía que entra al interior de las estructuras de sombreo, la cual influye directamente sobre el microclima. El color del material y la reflexión de la luz son un interesante criterio para determinar el valor estético de las estructuras y su impacto visual. El sombreo describe la capacidad de la malla de absorber o

reflejar una parte determinada de radiación solar que depende de su color, porosidad, y textura.

g. Permeabilidad de aire

Es la capacidad de la malla de transmitir aire a través de sí. Esta depende de la viscosidad, y rapidez del aire, dimensión, forma del tejido, espacios entre filamentos y la textura (CASTELLANO *et al.*, 2008).

2.9.2. Manejo, usos y aplicaciones

SAMANIEGO (2002), menciona que se usa como rompevientos, reduciendo los excesos de viento disminuyendo su velocidad, en invernaderos reduce los gastos de calefacción, es excelente para proteger los cultivos de las heladas, ya que tiene la propiedad de retener la temperatura y humedad durante la noche. Asimismo permite, reducir la evaporación y la transpiración o evapotranspiración potencial, incrementando la humedad relativa y aumentando la absorción de CO₂, ayuda a tener un buen nivel de humedad al limitar la evapotranspiración de las plantas, facilita el riego por aspersión y facilita los tratamientos sanitarios. Además mantiene la humedad de las semillas en el almácigo, y ésta se va retirando paulatinamente, hasta que las plantas puedan quedar totalmente expuestas al sol. De esta forma es conveniente usarlo por las noches para proteger a las plantas de las heladas y cuando se presentan granizadas. Es fácil de instalar, genera sombra uniforme, elimina el estrés de la planta, mallas tejidas con filamentos planos de polietileno de alta densidad, de gran resistencia, a prueba de deshilado, no se corroen, son muy frescas ya que reflejan los rayos solares y al mismo tiempo dejan pasar más aire, disponibles con distintos grados de sombreado (35, 50, 70 y 90 %).

2.10. Acción fisiológica de la luz en la planta

MARTÍNEZ y ENRÍQUEZ (1984), mencionan que para comprender la acción de la luz sobre la fisiología de la planta es necesario distinguir entre efectos térmicos y luminosos. La luz tiene efecto directo, una luz muy intensa reduce el crecimiento de la planta, especialmente la elongación de las células, por la influencia en la construcción de hormonas.

Cuando la luz es baja, la planta presenta síntomas etiolación o ahilamiento, que es un alargamiento excesivo de las células y entrenudo, reducción de superficie foliar y poca diferenciación, al existir una óptima fotosíntesis, habrá una energía disponible para la absorción activa de nutrientes (ADRIAZOLA, 2007). Las hojas son capaces de adaptarse también a ambientes con luz intensas, mostrando la alta versatilidad fisiológica de las plantas y su adaptabilidad con el entorno inmediato. Algunas plantas poseen la suficiente plasticidad como para adaptarse a un amplio rango de regímenes de luz, creciendo como plantas de sol en área soleadas o como plantas de sombra en habitas sombríos. Se puede encontrar características morfológicas en la hoja de una misma planta expuestas a distintos régimen de luz (TAIZ y ZEIGER, 2006).

Según MARTÍNEZ y ENRÍQUEZ (1984), indican que la luz es el principal factor ambiental que afecta los siguientes fenómenos fisiológicos de la planta: Crecimiento, transpiración, actividad metabólica. El pronunciado calentamiento de las hojas por efecto del sol trae como consecuencia aumento en la presión del vapor de agua dentro de los espacios intercelulares, forzando su escape a través de los estomas. La transpiración de un hoja al sol es considerablemente más acelerada, pudiendo ser dos o tres veces mayor que el de una hoja en

sombra. La sombra protege a las hojas contra el efecto directo del sol, el cual ejerce una acción restrictiva sobre el crecimiento de la misma. El sol produce quemaduras, facilitando que los vientos rompan, quemen y arranque las hojas.

Las plántulas crecen lentamente bajo plena luz del sol y cierto grado de sombra son beneficiosos para su establecimiento. El lento crecimiento de las plántulas bajo luz solar plena es debido a las limitaciones en la expansión de las hojas, probablemente causados por la transpiración excesiva que podría inducir la hoja de estrés hídrico. Por el contrario, las hojas sombreadas muestran un mayor contenido relativo de agua y menos estomas por unidad de área foliar de las hojas sombreadas (ALMEIDA y VALLE, 2007).

Los fenómenos afectados por acción directa de la luz propiamente dicha o luminosidad se puede citar: la fotosíntesis, crecimiento o alargamiento de las células (MARTÍNEZ y ENRÍQUEZ, 1984). Cada unidad de superficie foliar está abastecida por más unidades de superficie radicular, que exploran un mayor volumen de suelo y extraen más agua esto conlleva un agotamiento de recursos más rápido, que en ausencia de una disminución de la transpiración lleva a la marchitez (GAMBOA, 2010).

Un aumento en el número de células, como el que se produce en el meristemo apical, contribuye al crecimiento vegetal. Sin embargo, el principal componente del crecimiento vegetal es la rápida expansión celular que se produce en la región sub apical una vez ha cesado la división celular. Como todas las células del eje vegetal se alargan en condiciones normales, cuanto mayor sea el número de células producidas por el meristemo apical, más largo será el eje (TAIZ y ZEIGER, 2006).

La luz afecta el crecimiento de las plantas, pues altera la tasa de actividad fotosintética. A diferencia de la mayoría, algunas plantas no crecen bien bajo altas intensidades de luz, estas se denominan plantas de sombra y se les puede encontrar en el sotobosque, La intensidad de la luz afecta el tamaño y la forma de las hojas diferencialmente, en general, las hojas que crecen a bajas intensidades de luz (10 lux), presentan grandes áreas con respecto a las que crecen a altas intensidades de luz (50 lux) pero estas últimas tienden a ser más gruesas (Vespa, 2008; citado por GAMBOA, 2010).

La mayoría de los tejidos de plantas superiores son incapaces de sobrevivir a exposiciones de temperatura de 45°C. El stress por calor es un peligro potencial en los viveros e invernaderos donde la velocidad del aire es baja y la alta humedad reduce la velocidad de enfriamiento de la hoja. Un grado moderado por stress térmico reduce el crecimiento de toda la planta. La fotosíntesis y la respiración se inhibe por altas temperaturas, a medida que la temperatura aumenta la tasa fotosintética disminuye más rápido que la tasa de respiración.

A altas temperaturas el aumento de la intensidad respiratoria con respecto a la fotosíntesis es más perjudicial en las plantas C-3 por que los C-4 a altas temperaturas aumenta la intensidad de la respiración en oscuridad como la de la fotorespiración (TAIZ y ZEIGER, 2006). Las hojas de sombra suelen tener mayor área y son más delgadas que del sol, teniendo estas células en barreras más largas presentando a veces una capa adicional más (BARCELÓ *et al.*, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar del campo experimental

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el vivero del Fundo Agrícola N° 1 de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; ubicado en el km 1.21 de la carretera central de Tingo María y geopolíticamente ubicado en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco, cuyas coordenadas de UTM son:

Longitud este : 04106451 m.

Latitud norte : 8983244 m.

Altitud : 647 msnm.

La fase de laboratorio, se llevó a cabo en los ambientes del Laboratorio de semillas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, cuyas coordenadas geográficas son: UTM 390612,42 m, E., 8970334,96 m, N.

3.1.2. Zona de vida

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático propuesto por HOLDRIDGE (1994), la zona de Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh – PST).

3.1.3. Datos meteorológicos

El experimento se realizó entre el mes de junio 2015 hasta el mes de enero del 2016 (Cuadro 4), registrándose temperaturas que varían de 19.7 a

32.4 °C con una media de 25.8 °C; con una humedad relativa promedio de 82.4 %; con una precipitación mensual de 207.3 mm y con 1444.2 horas de sol, cuya media mensual fue 180.5 horas de sol. Estos datos meteorológicos registrados coinciden con LEAL *et al.* (1997), porque considera que el copoazú se desarrolla bien en temperaturas que varían entre 21.6 a 27.5 °C; humedad relativa promedio de 77 a 88 %; con un total anual de horas de luz solar entre 1.900 a 2.800 horas y con precipitaciones anuales 1,900 a 3,100 mm.

Cuadro 4. Datos meteorológicos registrados durante el experimento.

Meses	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Horas sol
	Máxima	Mínima	Media			
Junio	30.20	20.10	25.10	84.00	127.10	187.70
Julio	30.20	19.70	24.80	84.00	173.10	192.30
Agosto	31.10	19.80	25.40	83.00	50.80	217.00
Septiembre	32.40	20.10	26.20	80.00	43.50	197.00
Octubre	31.70	20.60	26.10	81.00	147.90	173.60
Noviembre	31.30	21.30	26.30	82.00	235.30	156.40
Diciembre	30.30	21.10	25.70	83.00	404.90	150.60
Enero	31.70	21.50	26.60	82.00	475.50	169.60
Suma	248.90	164.20	206.20	659.00	1658.10	1444.20
Promedio	31.10	20.50	25.80	82.40	207.30	180.50

Fuente: Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones de Tingo María (2016).

En Tingo María se observó la producción de la planta de copoazú a los alrededores de la ciudad y en la Universidad Agraria de la Selva (BRUNAS),

presentando un desarrollo con normalidad; con los resultados presentados en el informe y datos de clima (cuadro 4) podemos decir que la zona es apta para su producción.

3.1.4. Análisis del suelo utilizado como sustrato

Antes de la obtención de la tierra agrícola para hacer el sustrato; de ese lugar se extrajeron muestras de suelo con un tubo muestreador en forma de zigzag a un distanciamiento de 8 m entre cada punto por cada muestra en un área de 500 m²; los hoyos fueron de 30 cm de largo por 30 cm de ancho y de 30 a 40 cm de profundidad. Al final del muestreo se obtuvo muestra final de 1 kg del suelo, siendo la muestra representativa que fue llevada al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su respectivo análisis físico y químico. Cuyo análisis (Cuadro 5), indica que el suelo presenta un pH neutro, con contenido alto de materia orgánica y nitrógeno respectivamente; con alto contenido de fósforo disponible y bajo contenido de potasio disponible, estos resultados tienen todas las condiciones para su producción.

En condiciones naturales, el copoazú se desarrolla en tierras no inundables y de buen drenaje; pero, resiste períodos cortos de anegamiento; en ultisoles y oxisoles de textura arcillo-arenoso o francos, ricos en humus. En Putumayo se ha encontrado adaptación a suelos inundables, ácidos, con bajos porcentaje de materia orgánica y textura arcillosa (VÉLEZ, 1991)

Un suelo bueno para copoazú debe tener un pH de alrededor de 4.5 – 7.5, suma de bases de 12 meq/100 g, saturación de bases de 70 %, materia orgánica mayor de 3.5 % (HERNÁNDEZ, 1991).

Cuadro 5. Análisis físico y químico del suelo.

Elementos	Contenido	Método empleado
Análisis físico:		
Arena (%)	53.68	Hidrómetro
Limo (%)	25.28	Hidrómetro
Arcilla (%)	21.04	Hidrómetro
Clase textural	Franco arcillo arenoso	Triangulo textural
Análisis químico:		
pH (1:1) en agua	7.12	Potenciométrico
Materia orgánica (%)	3.52	Walkley y Black
Nitrógeno (%)	0.16	% M.O. x 0.05
Fósforo disponible (ppm)	27.22	Olsen modificado
Potasio disponible (ppm)	37.48	Absorción atómica
Ca cambiable (cmol ⁽⁺⁾ /kg)	5.29	EAA
Mg cambiable (cmol(+)/kg)	2.88	EAA
K cambiable (cmol(+)/kg)	0.22	EAA
Na cambiable (cmol(+)/kg)	1.55	EAA
Al cambiable (cmol(+)/kg)	0.00	EAA
H cambiable (cmol(+)/kg)	0.00	EAA
Bases cambiables (%)	100.00	xxx
Acidez cambiable (%)	0.00	xxx
Saturación de aluminio (%)	0.00	xxx
CIC (cmol(+)/kg)	6.84	Suma de cationes

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (2015)

3.2. Componentes en estudio

3.2.1. Factores en estudio

Los factores de estudio son:

a. Factor A (Porcentaje de sombreadamiento)

$$a_1 = 65 \%$$

$$a_2 = 75 \%$$

$$a_3 = 0 \%$$

b. Factor B (Tamaño de semilla del copoazú)

b_1 = Grande.

b_2 = Mediana.

b_3 = Pequeña.

3.2.2. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio son en base a las combinaciones del factor A (Porcentaje de sombreado) y el factor B con el (tamaño de la semilla del copoazú), descritos en el (Cuadro 6).

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamientos		
Clave	Interacción	Descripción
T ₁	a ₁ b ₁	65 % de sombreado para semilla grande
T ₂	a ₁ b ₂	65 % de sombreado para semilla mediana
T ₃	a ₁ b ₃	65 % de sombreado para semilla pequeña
T ₄	a ₂ b ₁	75 %. de sombreado para semilla grande
T ₅	a ₂ b ₂	75 %. de sombreado para semilla mediana
T ₆	a ₂ b ₃	75 %. de sombreado para semilla pequeña
T ₇	a ₃ b ₁	0 % de sombreado para semilla grande
T ₈	a ₃ b ₂	0 % de sombreado para semilla mediana
T ₉	a ₃ b ₃	0 % de sombreado para semilla pequeña

3.2.3. Diseño experimental

El diseño experimental empleado para los análisis estadísticos de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación fue parcelas divididas en bloques completamente al azar, con tres repeticiones; asignando en las parcelas al porcentaje de sombreado (A) y en la sub parcela el tamaño de semilla (B) (CALZADA, 1976).

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \lambda_{ik} + \rho_j + (\alpha\lambda)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Respuesta obtenida en el k – ésimo bloque, sujeta al i – ésimo porcentaje de sombreado (parcela) con el j- ésimo tamaño de semilla (sub parcelas).

μ = Efecto de media general.

α_i = Es el efecto del i-ésimo porcentaje de sombreado

β_j = Efecto del k – ésimo bloque.

λ_{ik} = Error aleatorio del error a nivel de parcelas.

ρ_j = Es el efecto j-ésimo del tamaño de semilla (sub parcela)

$(\alpha\lambda)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo porcentaje de sombreado con el j-ésimo tamaño de semilla.

ε_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental a nivel de sub parcela.

Para:

i = 1, 2,3..., t porcentaje de sombreado.

j = 1, 2,3..., r tamaño de semilla.

K = 1, 2,3..., k bloques.

3.2.4. Análisis estadístico

Se utilizará el software Microsoft Office Excel 2013 para hallar el análisis de variancia (F. tab. = 0.01 y 0.05) (Cuadro 7). Luego, se hallará las diferencias de las medias de los tratamientos en estudio mediante la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$).

Cuadro 7. Modelo del análisis de variancia.

Fuente de variación	Grado de libertad
Bloque	
A	2
Error (a)	6
Total de parcela	8
Sub parcela	
B	2
A x B	4
Error (b)	12
Total de subparcela	26

A = Porcentaje de sombreado. B = Tamaño de semilla.

3.2.5. Características del área experimental

En Anexo, Figura 9; se observa la descripción grafica el croquis del experimento, que a continuación describimos:

a. Bloques

Parcelas por tratamiento	= 3.
Total de plantas	= 540
Largo	= 15.00 m.
Ancho	= 2.20 m.
Distanciamiento entre camas	= 1.00 m.
Área total del experimento	= 33.00 m ² .

b. Parcelas

Parcelas por tratamiento	= 3
--------------------------	-----

Número total de parcelas	= 9
Largo de cada parcela	= 2.20 m.
Ancho de parcela	= 70 cm
Área de cada parcela	= 15.00 m.
Distanciamiento entre camas	= 1.00 m.
Área total del experimento	= 33.00 m ² .

c. De los tratamientos o sub parcelas

Parcelas por tratamiento	= 3
Número total de sub parcelas	= 27
Ancho del tratamiento	= 0.50 m.
Largo del tratamiento	= 0.70 m.
Distanciamiento entre tratamientos	= 0.20 m
Área del tratamiento	= 0.35 m ² .
Plantas por tratamiento	= 20
Plantas a evaluar por tratamiento	= 6

3.3. Ejecución del experimento

3.3.1. Construcción del tinglado y cercado de vivero

La instalación del experimento se realizó en el vivero de la Facultad de Agronomía, realizando el desmalezado manual, la limpieza se realizó con un rastrillo dejando completamente limpio la cama. La medida del área fue de 2.20 x 15 m de largo, luego se separaron por cada tratamiento de estudio, el techo fue sostenido con poste de bambú (1.80 m de altura; 1.00 m de ancho y 2.60 cm largo) a una profundidad de 20 cm, con ayuda de un poseador y machetes amarradas con alambre; el tinglado estuvo cubierta de malla Raschel negro.

Los tratamientos de estudio separados por camas fueron: 0 % de sombreamiento y las otras dos camas fueron de 65 % y 75 % de sombreamiento respectivamente. Para que exista la condiciones al 75 % de sombreamiento se revistió con la misma malla tanto en la parte superior como en los laterales quedando completamente cerrada, el caso de 65 % de sombreamiento únicamente se colocó la malla en la parte superior; finalmente el área fue cerrada con malla de metal para impedir la entrada de animales (silvestres) que existen en el vivero y evitar daños posteriores.

3.3.2. Preparación del sustrato y llenado de bolsas

La preparación de sustrato y llenado de bolsas se realizó en un aproximado nueve días, el material fue extraído del fundo agrícola de la facultad de agronomía, se utilizó el suelo superficial, con ayuda de una pala se excavó los primeros 15 cm de la superficie un aproximado de 3 m³ para un total de 540 bolsas, luego fueron llenado en sacos y traslado al vivero donde con la ayuda de un tamiz se separó todas las hojarascas, raíces, palos, piedras, etc.

Posteriormente a ese suelo se le agregó 100 g de superfosfato triple por cada carretilla de suelo, para que ayude en el enraizamiento de las plantas que se sembraran, se realizó la mezcla de los mismos con una pala hasta obtener un sustrato uniforme quedando lista para el llenado.

Para el llenado del sustrato se usó bolsas de polietileno de 7" x 14" x 0.02 mm con una capacidad de 3.700 kg color negro con cuatro a ocho agujeros distribuidos en la base de la bolsa, las cuales fueron llenadas con la mano el sustrato hasta la tercera parte, luego se soltaba suavemente tres a cuatro veces contra el suelo para que la tierra se acomode a la bolsa, evitando que quede una

cintura de aire, esta operación se realizaba hasta llenar la bolsa obteniendo un llenado homogéneo y con una compactación adecuada del suelo. Por último, se llenó un total de 540 bolsas; estas bolsas fueron distribuidas posteriormente en la cama.

3.3.3. Acomodo de las bolsas

La instalación de los tratamientos y repeticiones se realizó en el vivero de la Facultad de Agronomía, distribuidos al azar ubicados en un área de 70 cm de largo y 50 cm de ancho separados una repetición de la otra por 20 cm para realizar las labores culturales necesarias.

Se ordenó tres tratamientos, cada tratamiento tenía tres repeticiones y cada repetición constaba de 20 unidades haciendo un total de 540 plantones por todo el experimento.

3.3.4. Obtención de los frutos de copozú

Se realizaron colecta aleatoria de frutos sanos y maduros de copozú en la finca del señor Jorge Rodríguez Sinarahua en la ciudad Pucallpa, región Ucayali. Estos frutos fueron recolectados cuando se cayeron al suelo de plantas libres de plagas y enfermedades.

Se usó un total de 20 frutos porque cada fruto tenía 30 semillas aproximadamente teniendo un total de 600 semillas de la cuales se seleccionaron las mejores semillas descartando 30 porque presentaban anomalías (semillas deformes, malogradas y vanas) a pesar de ser seleccionadas en la recolección de frutos y los otras 30 semillas se sacó longitud, peso fresco y seco. De los frutos colectados, se seleccionaron diez frutos al azar donde se registró su peso, largo y ancho del fruto (Cuadro 33).

3.3.5. Extracción de semilla de los frutos de copoazú

Para la extracción de las semillas de copoazú se sometió al fruto a un proceso mecánico en el cual se utilizó un arco de sierra, seguidamente se extrajo la semillas que se encuentra envuelta por el endocarpio que presenta un color crema amarillento. Además se eliminó el endocarpio que rodea a la semilla mediante extracción manual con ayuda de una tijera, en donde se tuvo cuidado de no dañar a la semilla, después se frotó con aserrín seco y de madera blanca para eliminar el mucilago que aún quedaba en la semilla; este proceso facilita la germinación de la semilla. Finalmente listas se sumergieron en una solución de Homai a una dosis de 5 g/kg de semilla, el desinfectado de las semillas se realizó para prevenir y eliminar hongos que causen la pudrición de las mismas al momento de la germinación.

3.3.6. Clasificación de semilla

En este proceso se seleccionó un total 60 semillas seleccionadas al azar de 20 frutos en el cual fueron clasificadas visualmente y categorizadas según rangos establecidos por BEDOYA (2003) y adaptado al presente estudio en investigación. Las mediciones a la semilla se realizaron sobre el largo y el ancho de cada semilla seleccionada sin endocarpio debido a que son características que predominan notablemente sobre el grosor y la forma (ovada, elíptica u oblonga), para el cual se contó con ayuda de un vernier mecánico y asimismo con ayuda de una balanza de alta precisión en donde se registraron medidas del peso forma en grupal e individual (Cuadros 30,31 y 32). Toda esta actividad fue desarrollada en el laboratorio de semilla de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Cuadro 8. Biometría de la semilla de copoazú.

Tamaño de semilla	Biometría de semilla		
	Peso (g)	Longitud (cm)	Ancho (cm)
Grande	6.27	2.92	2.47
Mediana	5.61	2.69	2.27
Pequeño	4.01	2.29	1.89

3.3.7. Pre germinado de semillas

La pre germinación se realizó en el laboratorio de semillas de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; para ello, se realizó la desinfección de la arena fina, mediante medio físicos sometiendo a temperaturas de 100 °C por 48 horas. La arena desinfectada fue usada como sustrato, se distribuyó en envases de helado de colores blancos y amarillos donde se puso arena fina la tercera parte del envase, se realizó riego y en cada bandeja, se le colocó 50 semillas por tratamiento (tamaño de semilla) para iniciar el proceso de germinación, finalmente se hecho arena tapando completamente la semilla; en total para las 540 semillas se usaron diez bandejas.

En el proceso de germinación se observó la presencia del embrión al cuarto día de ser colocada la semilla en las bandejas y tuvo una duración de siete días lo que nos permitió realizar el registro del poder germinativo y energía germinativa. Los resultados de la prueba de germinación (Cuadro 39) y se llevó al vivero de la facultad de Agronomía para realizar la siembra.

3.3.8. Siembra de la semilla de copoazú

En el laboratorio de semillas de la Universidad Nacional Agraria de la Selva se realizaron la selección de semilla de acuerdo al tamaño, para ser llevado al vivero y realizar la siembra, estas fueron distribuidas según los tratamientos y repeticiones correspondientes.

Para realizar la siembra de la semilla, se regó a capacidad de campo e inmediatamente con ayuda de un repicador, se hizo un hoyo en el centro de la bolsa aproximadamente con una profundidad de la altura de la semilla con el embrión hacia el suelo para evitar plantas en forma de rabo de chanco, donde se colocó la semilla en forma horizontal teniendo en cuenta el nacimiento de la radícula y finalmente se cubrieron con sustrato.

3.3.9. Labores culturales en el vivero

a. Riego: Se usó una regadora donde se realizó con una frecuencia de tres veces por semana durante los dos primeros meses que fueron época seca (julio a agosto). Luego se redujo la frecuencia a dos veces por semana.

b. Control de malezas: Se efectuó el desmalezado en las bolsas de forma manual y con ayuda de un machete, se desmalezó alrededor la cama del vivero. Esta actividad se realizó cada ocho días después de la siembra y durante el experimento, la presencia las malezas más comunes fueron el coquito (*Cyperus rotundus*), pata de gallina (*Digitaria sanguinalis*), yuyo (*Amaranthus quitensis*), arrocillo (*Rottboellia exaltata*), y kudzu (*Pueraria phaseoloides*).

c. Fertilización foliar: Se aplicó por única vez fertilizante foliar compuesto Aquamaster N a una dosis de 100 g/mochila 20 L.

d. Control fitosanitario: Se aplicó de forma preventiva insecticida Pyrinex (5 g/mochila de 20 L) y un fungicida Azoxystrobin (5 g/mochila de 20 L). Sin embargo, durante el experimento no se observó presencia de plagas y enfermedades.

3.4. Características evaluadas

3.4.1. Porcentaje de sombra

Para determinar estos porcentajes de sombra se utilizó luxómetros digitales, siendo la unidad de medida en luxes a una escala de 5,000 lux (lx) en cada tratamiento en estudio, los cuales fueron colocados de manera simultánea a pleno sol y dentro de las instalaciones los cuales proporcionaron la intensidad de la luz y por comparaciones con el dato de pleno sol se estableció el porcentaje de sombreamiento. La medición se hizo cada 15 días después de la siembra hasta finalizar el experimento.

3.5. Características vegetativas

3.5.1. Altura de planta

Con una wincha metálica se midió la altura de planta de seis plantones por tratamiento en centímetros; esta medición se hizo desde el cuello del tallo, hasta el ápice vegetativo de la planta. Las evaluaciones se hicieron cada 15 días desde del primer mes después de la siembra.

3.5.2. Determinación del diámetro del tallo

Para determinar el diámetro de tallo, se utilizó un vernier digital ubicando la cicatriz cotiledonal como referencia para evitar variación de medición, las evaluaciones de realizaron cada 15 días a partir del primer mes después de la siembra.

3.5.3. Número de hojas

Se hizo el conteo de hojas emitidas por planta de seis plantones por tratamiento. La evaluación se hizo cada 15 días desde del primer mes después de la siembra.

3.5.4. Área foliar

Al final del experimento, se utilizó la metodología propuesta por CHÁVEZ (2012), donde se seleccionó al azar tres plantones por tratamiento para determinar el área foliar por el método de la silueta, que consiste realizar dibujos de las siluetas de todas las hojas de un plantón en una hoja de papel uniforme y recortados para luego ser pesados en una balanza. Para tener relación entre el área y el peso, se procedió a cortar 1 dm² del mismo papel y pesarlo. Finalmente, para determinar el área foliar se halló mediante la siguiente fórmula:

$$AFP = \frac{PSTHP \times AFSH (1 \text{ dm}^2)}{PSH (1 \text{ dm}^2)}$$

Dónde:

AFP = Área foliar del plantón.

PSTHP = Peso de las siluetas de todas las hojas del plantón.

AFSH = Área foliar de 1 dm² de la silueta de una hoja.

PSH = Peso de 1 dm² de la silueta de una hoja.

3.5.5. Determinación de la longitud de la raíz

Para esta variable, se seleccionaron al azar tres plantones por tratamiento para la cual se apartó el sustrato de las bolsas de polietileno y las raíces, las raíces extraídas sin daños se lavaron, se registraron medidas de longitudes de la raíz laterales o secundarias desde el cuello de la planta hasta la raíz más larga.

3.5.6. Determinación de volumen radicular

Para determinar el volumen radicular se utilizó raíces limpias de la evaluación anterior, se realizó sumergiendo en una probeta con agua las raíces de los plantones y por diferencia de nivel (final – inicial) se determinó el volumen radicular.

3.5.7. Determinación de peso fresco y seco de los plantones

Al final del experimento, se seleccionaron al azar tres plantones por tratamiento para la determinar el peso fresco y seco de los plantones, las cuales fueron pesadas inicialmente frescas y posteriormente llevadas a estufa a 110 °C por dos horas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Efecto del tamaño de semilla y el porcentaje de sombreado sobre el crecimiento de copoazú

4.1.1. Altura de planta del copoazú

El análisis de varianza no mostró diferencia estadísticas entre los bloques en estudio; es decir, que no existe influencia de los bloques en estudio sobre el carácter altura de planta del copoazú durante toda la investigación. Asimismo, el análisis de varianza no mostró diferencia estadísticas en el carácter de altura de planta para el factor A (porcentaje de sombreado), en los bloques generados en la parcela experimental, lo cual demuestra que el porcentaje de sombreado no tiene una influencia directa sobre el carácter altura de las plantas de copoazú.

Además, teniendo en consideración el factor B (tamaño de semilla), no se encontró diferencias significativas para la variable en mención. Para el efecto principal de la interacción del porcentaje de sombreado (A), con el tamaño de semilla (B) no se encontró diferencias significativas sobre la altura de plántones de copoazú (Cuadro 9).

Los valores de los coeficientes de variabilidad de los factores A y B fueron iguales a 20.47 % y 13.12 % respectivamente, estos valores según CALZADA (1986) significa que los valores menores de 20 % presentan buena homogeneidad de varianza en las unidades experimentales de cada tratamiento obteniendo un comportamiento similar en cada una de las repeticiones de cada tratamiento.

Cuadro 9. Análisis de variancia para la altura total en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento y tamaño de semillas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ftab	Sig.
Bloque	2	11.785	5.892	0.127	0.884	NS
A (% Sombreamiento)	2	12.544	6.272	0.135	0.878	NS
Error (a)	4	185.86	46.465			
B (Tamaño de la semilla)	2	18.637	9.318	0.488	0.626	NS
A x B	4	86.213	21.553	1.129	0.389	NS
Error (b)	12	229.15	19.096			
Total	26	544				
C.V. E(a):		20.47 %				
C.V. E(b):		13.12 %				

NS: no presenta diferencias estadísticas significativas.

Asimismo la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 para la variable altura manifiesta que no existe diferencia significativas entre las medias; aunque en la comparación de medias, se puede observar que los plantones que se encontraban bajo condiciones de sombreamiento con 65 % y 75 % de sombreamiento fueron numéricamente superiores en la altura total con promedios de 34.24 y 32.92 cm respectivamente al compararse con los que se encontraban a 0 % de sombreamiento que presenta promedio de 32.70 cm de altura (Cuadro 10).

Frente a estos resultados podemos afirmar que existe una serie de caracteres que se ve afectado por el porcentaje de sombreamiento, esto porque las plantas buscan de una mayor luminosidad haciendo que crezcan en altura de la planta bajo niveles de sombra. Estos resultados corroboran lo mencionando

por EVANS y MURRAY (1951), quien indica que las especies que pertenece al género *Theobroma* que un árbol joven requieren de baja intensidades de luz, y que intensidades altas se retrasa el crecimiento. Coincidiendo con URANO *et al.*, 1999, quien indica que la especie estudiada se desarrolla bien en ambientes sombreadas, debido que no tolera luz directa durante.

Cuadro 10. Prueba Tukey para la altura total en plántulas de copoazú por efecto del porcentaje de sombreadamiento.

Mérito	Sombreadamiento	Media (cm)	Significancia
1	65 %	34.24	a
2	75 %	32.92	a
3	0 %	32.70	a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

La prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 para la variable altura manifiesta que no existe diferencia significativa al factor tamaño de semillas, pero numéricamente se reporta ligera superioridad en la variable altura procedentes de semillas con tamaño mediano con promedio de 34.33 cm. En comparación a las semillas de tamaño grande y pequeña que presentan promedios en alturas de 33.24 cm y 32.29 cm respectivamente (Cuadro 11).

Cabe mencionar que estos resultados contradicen a lo que indica CARVALHO y NAKAGAWA (1988), que las semillas de mayor tamaño son la que presenta mayor crecimiento durante su desarrollo; y según CARDOSO *et al.* (2002), las semillas pequeñas originan plántulas de menor desarrollo, cuando están en competencia con las plántulas originadas de semillas mayores.

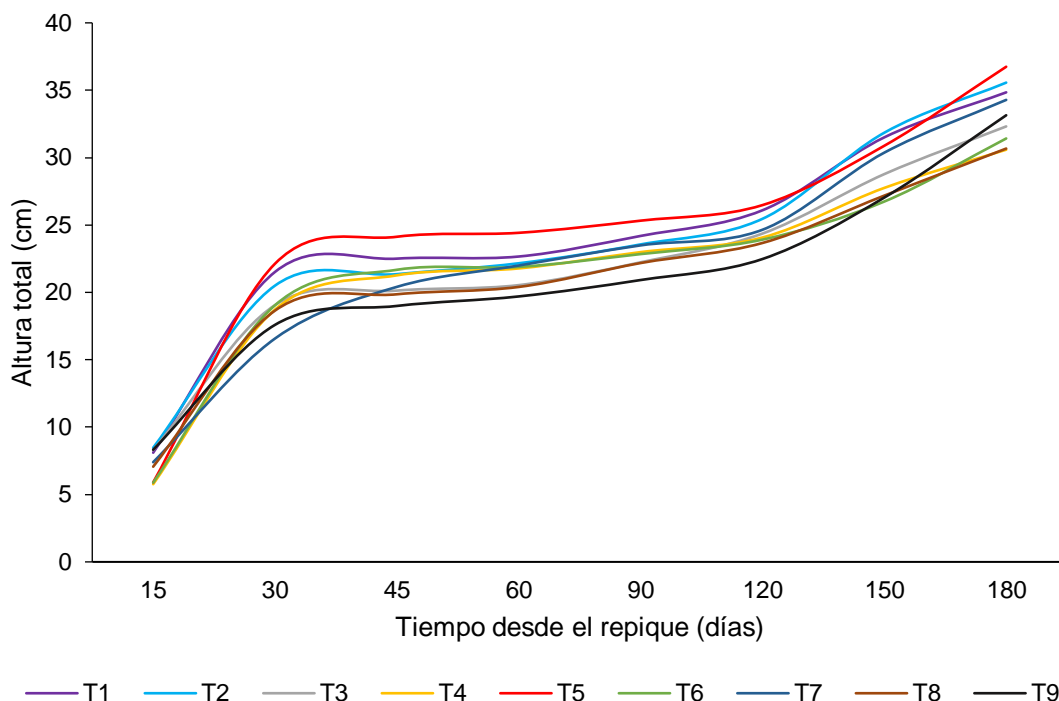
Cuadro 11. Prueba Tukey para la altura total en plántones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.

Mérito	Tamaño de semilla	Media (cm)	Significancia
1	Mediano	34.33	a
2	Grande	33.24	a
3	Pequeño	32.29	a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

Resultados similares sobre la relación entre el tamaño de semillas y sus variables en los plántones son reportados por QUIRÓS y ARCE (2000), quienes luego de investigar en encino (*Quercus costaricensis* Liebmann), encontraron que semillas medianas y grandes superan a las muy pequeñas, tanto en su capacidad de germinación como en el crecimiento inicial durante los primeros cuatro meses. Además ARTEAGA (2007), al analizar la variabilidad intraespecífica del tamaño de las semillas de *Vísmia glaziovii* Ruhl y su efecto sobre la velocidad de germinación y el tamaño de las plántulas, concluyendo que el tamaño de la semilla no influye sobre la velocidad de germinación ni sobre el tamaño de las plántulas; siendo un indicador que no en todas las especies el tamaño de semilla presenta relación con el crecimiento de los plántones. Según GALETTI *et al.*, (2013). La variación del tamaño de la semilla es un rasgo crítico que determina el tamaño temprano de las plántulas y aumenta las probabilidades de establecimiento bajo condiciones críticas.

Para variable altura (Figura 6) un crecimiento muy acelerado durante los 30 días posteriores al repique, posterior a eso se mantuvo casi constante dicho crecimiento hasta los 120 días de repicado.



Leyenda:

T ₁ = 65 % de sombreado para semilla grande.	T ₆ = 75 % de sombreado para semilla pequeña.
T ₂ = 65 % de sombreado para semilla mediana.	T ₇ = 0 % de sombreado para semilla grande.
T ₃ = 65 % de sombreado para semilla pequeña.	T ₈ = 0 % de sombreado para semilla mediana.
T ₄ = 75 % de sombreado para semilla grande.	T ₉ = 0 % de sombreado para semilla pequeña.
T ₅ = 75 % de sombreado para semilla mediana.	

Figura 6. Comportamiento de la altura total en plántones de copoazú.

Además en los 60 últimos días del periodo de evaluación se reportó mayor crecimiento en la combinación codificada como T₅ (75 % de sombreado y semilla de tamaño mediano) seguido del T₂ (65 % de sombreado y semilla de tamaño mediano), mientras que los plántones que se encontraban a 0 % de sombreado y procedían de semillas medianas (T₈) alcanzaron la menor dimensión de la altura total; esto indica que no existe una estrecha relación con el tamaño de la semilla y la altura del plánton si no también podría verse afectado por factores medioambientales.

Según MONTELIU, (2010), las respuestas de la planta dependen del genotipo y del estado de desarrollo de la misma en el momento del estrés, de la

duración, severidad del mismo y de los factores ambientales que lo provoquen. Una vez activadas estas respuestas, el crecimiento propiamente dicho, se verá limitado por el aporte de nutrientes, elementos minerales y carbohidratos; y sí la planta es capaz de, si las condiciones ambientales son favorables, reprimir las respuestas de crecimiento e incluso después de haberse iniciado el periodo de desarrollo y desencadenar mecanismos de protección y defensa que abortan el desarrollo y aseguran la supervivencia de la planta bajo condiciones ambientales adversas. VAUGHTON y RAMSEY (1998), dicen que es más probable encontrar diferencia en el tamaño de la semilla dentro de una planta que entre plantas, indicando que la variación se debería más a efectos medioambientales en el desarrollo que a diferencias genéticas entre árboles parentales.

4.1.2. Diámetro del tallo de plantones copozú

A los 180 días después de repicado, se reportó que los niveles de sombreado a que fueron sometidas a los plantones en estudio presentaron efectos significativos para la variable en mención, lo cual indica que al menos un porcentaje de sombreado favoreció en mayor medida sobre el crecimiento de diámetro del tallo. Mientras que el uso de los diferentes tamaños de semillas no repercutió de manera significativa sobre la variable mencionada. Al analizar la interacción entre los niveles de estudios, no se reportó interacción estadística entre los dos factores en estudio.

En coeficientes de variabilidad de los factores A y B fueron 6.3 % y 5.3 % respectivamente, hubo excelente homogeneidad, lo que nos indica que los resultados obtenidos son aceptables (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de variancia para el diámetro del tallo en plantones de copoazú por efecto de porcentaje de sombreamiento y tamaño de semillas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ftab	Sig.
Bloque	2	0.008	0.004	0.046	0.956	NS
A (% Sombreamiento)	2	2.499	1.249	14.432	0.015	S
Error (a)	4	0.346	0.087			
B (Tamaño de la semilla)	2	0.295	0.148	2.327	0.14	NS
A x B	4	0.413	0.103	1.625	0.232	NS
Error (b)	12	0.762	0.063			
Total	26	4				
C.V. E(a):		6.3 %				
C.V. E(b):		5.3 %				

S: Presenta diferencias estadísticas significativas; NS: no presenta diferencias estadísticas significativas.

En la prueba de comparación de medias para la producción de los plantones de copoazú empleando diferentes porcentaje de sombreamiento, se determinó que los plantones que se encontraban en 0 % de sombreamiento y 65 % de sombreamiento tuvieron similares efectos sobre el diámetro del tallo, mientras que en caso de los plantones que están a un 75 % de sombreamiento tuvieron efectos inferiores a los demás niveles en estudio (Cuadro 13). El 0 % de sombreamiento supero estadísticamente en crecimiento de diámetro del tallo de la planta a los demás niveles de sombreamiento con 5.02 mm como media en diametro, la cual concuerda con BOTE, *et al.* (2018) y SCHNABEL, *et al.* (2017), por la alta radiación estimula el incremento en el diámetro del tallo. En el estudio

realizado RODRÍGUEZ *et al.* (2014), concuerdan que con los datos obtenidos en esta investigación en donde la relación diámetro es mayor en planta de los tratamientos con menor porcentaje de sombra en las plantas de cafeto.

Cuadro 13. Prueba Tukey para el diámetro del tallo en plántones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreado.

Mérito	Sombreamiento	Media (mm)	Significancia
1	0 %	5.02	a
2	65 %	4.70	a
3	75 %	4.27	b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

La luz es probablemente el factor ambiental más complejo y variable que actúa sobre las plantas, desempeñando un papel crucial al proporcionar energía para la fotosíntesis y actuar como estímulo para el crecimiento y desarrollo. La fotomorfogénesis (crecimiento y desarrollo vegetal dependiente de la luz) abarca el conjunto de procesos mediante los cuales las plantas, adquieren información de la calidad, cantidad, dirección y fotoperiodicidad de la luz ambiental que controla su crecimiento y diferenciación (BERGARECHE y MOYSSE, 1993). Estos resultados, tienen relación con la práctica común en viveros comerciales donde en la etapa final se realiza el endurecimiento o rusticación de los plántones, en la cual se causará un “shock” que detenga el crecimiento en pocos días, a fin de que las plantas no se excedan en tamaño. Esto se logra mediante el agregado de potasio en la nutrición y reduciendo las cantidades de nitrógeno.

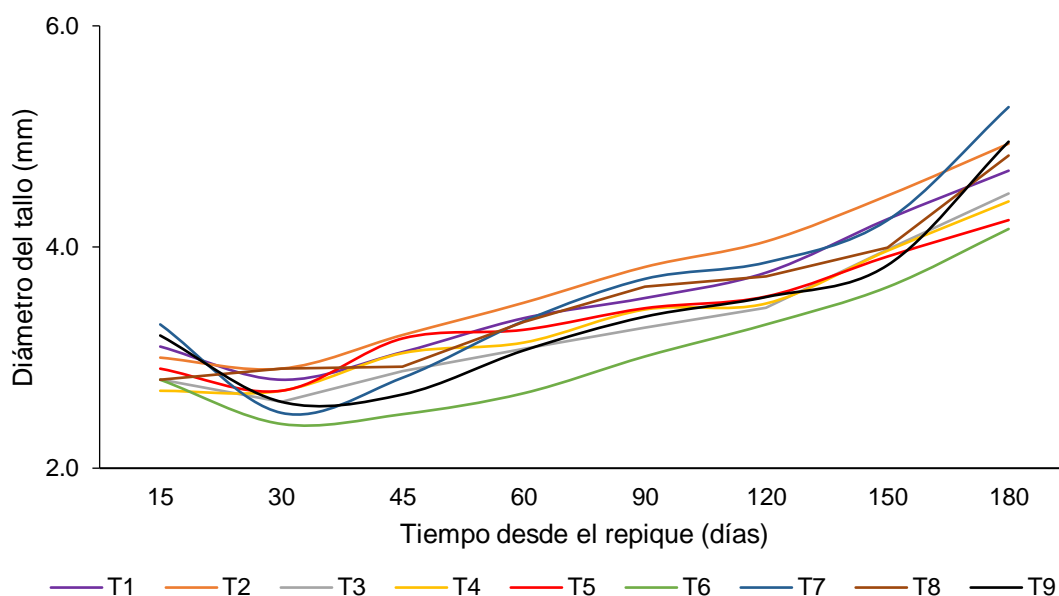
Debido a que no se registró diferencias estadísticas significativas, se consideró la comparación en base a los valores del promedio, en donde mayor valor se reportó en el diámetro de tallo de los plántones procedentes de semilla grandes (Cuadro 14). Cabe mencionar que estos resultados son similares a los que obtuvo CARVALHO y NAKAGAWA (1988) quien indica que las semillas de mayor tamaño son la que presenta mayor crecimiento durante su desarrollo.

Cuadro 14. Prueba Tukey para el diámetro del tallo en plántones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.

Mérito	Tamaño de semilla	Media (mm)	Significancia
1	Grande	4.79	a
2	Mediano	4.67	a
3	Pequeño	4.53	a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

Debido a que los diámetros del tallo fueron más suculentos, se reportó que a los 30 días de repicado disminuyó en poca cantidad los valores del diámetro en comparación a los valores obtenidos a los 15 días de repicado, en adelante, fue notorio un crecimiento del diámetro hasta los 180 días de repicado que se consideró como límite del experimento, en ello fue notorio que el mayor promedio lo alcanzaron los plántones que se encontraban con 0 % de sombreado y procedían de semillas grandes (T₇) con una media de 5.02 mm; mientras que los plántones que se encontraban con 75 % de sombreado y procedían de semilla pequeña (T₆) alcanzaron una media de 4.16 mm (Figura 7).



Leyenda:

T ₁ = 65 % de sombreado para semilla grande.	T ₆ = 75 % de sombreado para semilla pequeña.
T ₂ = 65 % de sombreado para semilla mediana.	T ₇ = 0 % de sombreado para semilla grande.
T ₃ = 65 % de sombreado para semilla pequeña.	T ₈ = 0 % de sombreado para semilla mediana.
T ₄ = 75 % de sombreado para semilla grande.	T ₉ = 0 % de sombreado para semilla pequeña.
T ₅ = 75 % de sombreado para semilla mediana.	

Figura 7. Comportamiento del diámetro del tallo en plántones de copoazú.

4.1.3. Número de hojas en plántones de copoazú

Los bloques generados en la parcela experimental no tuvieron efectos significativos sobre el número de hojas que presentaban los plántones de copoazú. El sombreado que se sometió a los plántones de copoazú tuvo efectos significativos sobre el número de hojas por plánton, mientras que el uso de diferentes tamaños de semillas no repercutió de manera significativa sobre el número de hojas. No se registró interacción estadística significativa entre los niveles de los factores de sombreado y tamaño de las semillas (Cuadro 15).

En coeficientes de variabilidad de los factores A y B fueron 14.96 % y 14.54% respectivamente, es decir según CALZADA (1986) significa que los valores menores o igual de 15 % presentan muy buena homogeneidad de

varianza en las unidades experimentales de cada tratamiento obteniendo un comportamiento similar en cada una de las repeticiones de cada tratamiento

Cuadro 15. Análisis de variancia para la cantidad de hojas en plántones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento y tamaño de semillas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	F_{tab}	Sig.
Bloque	2	10.31	5.156	1.919	0.26	NS
A (% Sombreamiento)	2	92.33	46.163	17.18	0.011	S
Error (a)	4	10.75	2.687			
B (Tamaño de la semilla)	2	15.33	7.664	3.02	0.087	NS
A x B	4	11.65	2.913	1.148	0.381	NS
Error (b)	12	30.46	2.538			
Total	26	171				
C.V. E(a):		14.96 %				
C.V. E(b):		14.54 %				

S: Presenta diferencias estadísticas significativas; NS: no presenta diferencias estadísticas significativas.

Los plántones de copoazú que se encontraban ubicadas con 0 % de sombreamiento generaron mayor cantidad de hojas a los 180 días de repicado, alcanzando en promedio 13.54 hojas por plantón; y en caso de los plántones que estaban a 65 % y 75 % de sombreamiento registraron los menores promedios con valores de 10.02 y 9.31 hojas por plantón respectivamente (Cuadro 16), lo que contradice lo que menciona ALMEIDA y VALLE (2007), quienes indican que las plántulas que crecen lentamente bajo pleno sol, tienen un lento crecimiento de las plántulas bajo por las limitaciones en la expansión de las hojas.

Cuadro 16. Prueba Tukey para el número de hojas en plántones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreado.

Mérito	Sombreado	Media	Significancia
1	0 %	13.54	a
2	65 %	10.02	b
3	75 %	9.31	b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

TAIZ y ZEIGER, (2006), mencionan que las hojas son capaces de adaptarse también a ambientes con luz intensas, mostrando la alta versatilidad fisiológica de las plantas y su adaptabilidad con el entorno inmediato, se puede encontrar características morfológicas en la hoja de una misma planta expuestas a distintos régimen de luz. Según MULLER *et al.* (1995) cuando se llega a someter al déficit hídrico, el copoazú presenta paralización del crecimiento, pérdida de las hojas, la desecación de la yema terminal, mayor susceptibilidad al ataque de plagas enfermedades y muerte de la planta, como la intensidad del déficit

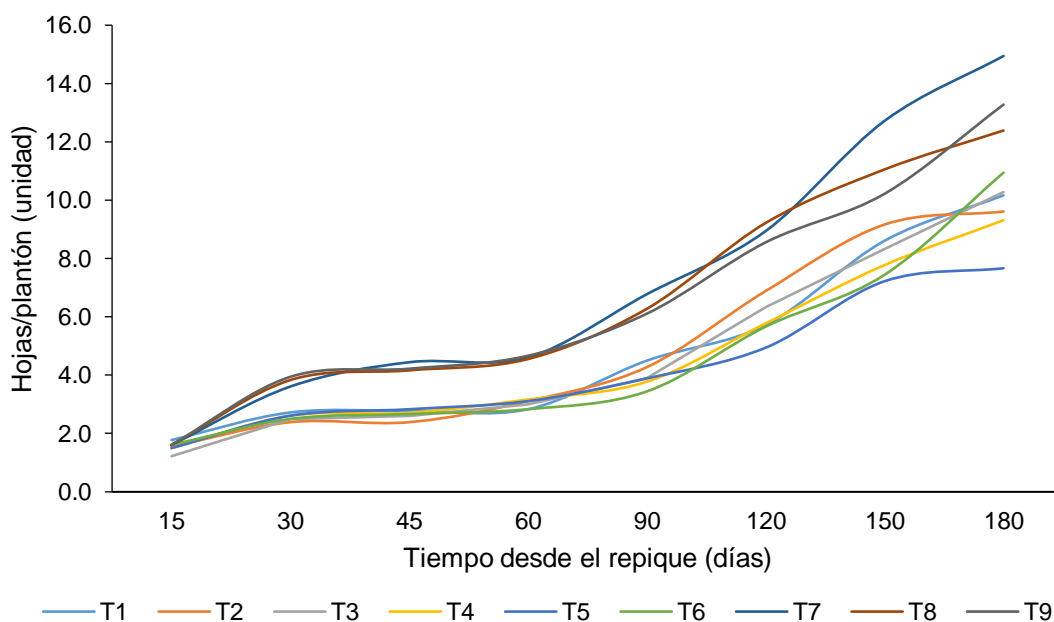
El análisis numérico de las medias indica que hubo mayor cantidad de hojas en los plántones que procedían de semillas pequeñas y el menor promedio se observó en plántones procedentes de semillas de tamaño medianas (Cuadro 17), contradiciendo a PINEDO (2000), quien indico que las semillas de mayor tamaño son los que presenta mayor número de hojas.

Cuadro 17. Prueba Tukey para el número de hojas en plantones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.

Mérito	Tamaño de semilla	Media	Significancia
1	Pequeño	11.50	a
2	Grande	11.47	a
3	Mediano	9.89	a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

La cantidad de hojas aumentó de manera exponencial a partir de los 90 días del repicado hasta los 180 días se observó la mayor acumulación de hojas en los plantones; además, los plantones con 0 % de sombreamiento (T₇, T₈ y T₉) reportaron las mayores cantidades de hojas que los plantones que se encontraban con algún porcentaje de sombreamiento (Figura 8).



Leyenda:

- T₁ = 65 % de sombreamiento para semilla grande.
- T₂ = 65 % de sombreamiento para semilla mediana.
- T₃ = 65 % de sombreamiento para semilla pequeña.
- T₄ = 75 % de sombreamiento para semilla grande.
- T₅ = 75 % de sombreamiento para semilla mediana.
- T₆ = 75 % de sombreamiento para semilla pequeña.
- T₇ = 0 % de sombreamiento para semilla grande.
- T₈ = 0 % de sombreamiento para semilla mediana.
- T₉ = 0 % de sombreamiento para semilla pequeña.

Figura 8. Comportamiento del número de hojas en plantones de copoazú.

4.2. Efecto del tamaño de semilla y el porcentaje de sombreamiento del área foliar del copoazú

En caso del área foliar de los plántones, se registró que el porcentaje de sombreamiento sometida no tuvo efectos significativos, de la misma manera se observó que el tamaño de las semillas utilizadas en la producción de plántones no afectó de manera significativa al área foliar. Además, no se reportó interacción estadística significativa entre los factores en estudio (Cuadro 18).

En coeficientes de variabilidad de los factores A y B fueron 25.12 % y 23.91 % respectivamente, es decir según CALZADA (1986) significa que los valores menores de 25 % presentan regular homogeneidad de varianza en las unidades experimentales de cada tratamiento obteniendo un comportamiento similar en cada una de las repeticiones de cada tratamiento.

Cuadro 18. Análisis de variancia para el área foliar en plántones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento y tamaño de semillas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ftab	Sig.
Bloque	2	852.3	426.16	0.631	0.578	NS
A (% Sombreamiento)	2	2550	1275.1	1.889	0.264	NS
Error (a)	4	2700	675.05			
B (Tamaño de la semilla)	2	1180	590.08	0.968	0.407	NS
A x B	4	2809	702.28	1.153	0.379	NS
Error (b)	12	7312	609.34			
Total	26	17404				
C.V. E(a):			25.12 %			
C.V. E(b):			23.91 %			

NS: no presenta diferencias estadísticas significativas.

Se reporta mayor promedio de área foliar en los plantones que presentaron 65 % de sombreamiento; mientras que el menor valor se reportó en plantones con 0 % sombreamiento (Cuadro 19), coincidiendo con BARCELÓ *et al.* (2005), quienes mencionan que las hojas de sombra suelen tener mayor área y son más delgadas que del sol, teniendo estas células empalizadas más largas y a veces una capa adicional más. Posiblemente el menor porcentaje de sombreamiento originó la disminución del contenido hídrico de las células y por consiguiente una menor presión de turgencia reduciendo el volumen celular y por lo tanto el área foliar tal como lo menciona TAIZ y ZEIGER (2006). GAMBOA (2010), indica que la intensidad de la luz afecta el tamaño y la forma de las hojas diferencialmente, en general, las hojas que crecen a bajas intensidades de luz, presentan grandes áreas con respecto a las que crecen a altas intensidades de luz pero siendo más gruesas UHART (1995), indica que el efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo, puede afectar las tasas de aparición y expansión foliar, modificando el área foliar y la intercepción de radiación solar por el cultivo, por lo tanto menciona que es necesario considerar que la cantidad de nitrógeno disponible para la planta depende directamente del manejo de agua.

Cuadro 19. Prueba Tukey para el área foliar en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento.

Mérito	sombreamiento	Media (cm ²)	Significancia
1	65 %	116.73	a
2	75 %	98.77	a
3	0 %	94.22	a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

MARTÍNEZ y ENRÍQUEZ (1981), señalan que el calentamiento de las hojas por efecto del calor trae como consecuencia aumento en la presión del vapor de agua dentro de los espacios intercelulares, forzando su escape a través de los estoma y en consecuencia la transpiración de un hoja es más acelerada, disminuyendo el desarrollo de la hoja, trae como consecuencia una menor área foliar. Además, numéricamente hubo mayor área foliar y se reportó en plántones que procedían de las semillas grandes, mientras que el menor valor se reportó en los plántones procedentes de semillas pequeñas (Cuadro 20).

Cuadro 20. Prueba Tukey para el área foliar en plántones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.

Mérito	Semillas	Media (cm ²)	Significancia
1	Grande	112.18	a
2	Mediano	101.16	a
3	Pequeño	96.39	a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

4.3. Efecto del tamaño de semilla y el porcentaje de sombreamiento sobre el crecimiento del sistema radicular de copoazú

4.3.1. Longitud radicular

Teniendo en consideración los 180 días posteriores al repique, el sombreamiento sometida a los plántones de copoazú generó efectos estadísticos significativos sobre la longitud radicular, mientras que el factor tamaño de las semillas no repercutió de manera significativa sobre la dimensión de la raíz. Además, no se obtuvo efecto de la interacción estadística significativa

entre los niveles de sombreamiento y los niveles del tamaño de las semillas sobre la longitud radicular (Cuadro 21).

En cuanto al coeficientes de variabilidad a nivel de factores A (16.31 %) presento buena homogeneidad mientras que a nivel de factor B (9.08 %) se encontro excelente homogeneidad, es decir según CALZADA (1986) significa que los valores menores de 10 % presentan excelente homogeneidad de varianza en las unidades experimentales de cada tratamiento obteniendo un comportamiento similar en cada una de las repeticiones de cada tratamiento

Cuadro 21. Análisis de variancia para la longitud radicular en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento y tamaño de semillas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ftab	Sig.
Bloque	2	53.56	26.778	0.514	0.633	NS
A (% Sombreamiento)	2	747.1	373.53	7.164	0.048	S
Error (a)	4	208.6	52.142			
B (Tamaño de la semilla)	2	43.63	21.815	1.362	0.293	NS
A x B	4	111.2	27.809	1.736	0.207	NS
Error (b)	12	192.2	16.021			
Total	26	1356				
C.V. E(a):		16.39 %				
C.V. E(b):		9.08 %				

S: Presenta diferencias estadísticas significativas; NS: no presenta diferencias estadísticas significativas.

Los plantones que se encontraban con 0 % de sombreamiento presentaron mayor longitud radicular (51.44 cm) en comparación a los plantones que estaban a 65 y 75 % de sombreamiento (Cuadro 22). Contradiendo a

SALVADOR *et al.* (2012), quienes indican que las altas temperaturas afectan las raíces superficiales de las plantas limitando su capacidad de absorción de nutrientes. Por su parte, VALENCIA (2005) afirma que un buen sistema de raíces permite a la planta explorar suficiente volumen de suelo para obtener agua y nutrientes, lo que se traduce en un buen desarrollo vegetativo.

Cuadro 22. Prueba Tukey para la longitud radicular en plántones de copozú por efecto del porcentaje de sombreado.

Mérito	Sombreado	Media (cm)	Significancia
1	0 %	51.44	a
2	65 %	40.93	b
3	75 %	39.74	b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

Debido a que no hubo significancia estadística entre los niveles del tamaño de semillas, se determina que hubo mayor longitud radicular en los plántones procedentes de semillas pequeñas, mientras que el menor valor promedio lo registraron los que procedían de semillas medianas (Cuadro 23). Una semilla de calidad contribuye a mayor eficiencia varietal productiva, ya que es capaz de emerger de manera rápida y uniforme, bajo diferentes condiciones ambientales.

Según KELLY (1988), la calidad de la semilla es un concepto basado en la valoración de diferentes atributos. Por su parte CARVALHO y NAKAGAWA (1988), mencionan que las semillas de mayor tamaño son la que presenta mayor crecimiento en su desarrollo. FAIGUENBAUM y ROMERO (1991), señalan que

la calidad fisiológica de la semilla para distintas especies se relaciona con el tamaño de la misma.

Cuadro 23. Prueba Tukey para la longitud radicular en plántones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.

Mérito	Semillas	Media (cm)	Significancia
1	Pequeño	45.78	a
2	Grande	43.56	a
3	Mediano	42.78	a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

4.3.2. Volumen radicular

A los 180 días de repicado, el sombreado considerada en el estudio presentó efectos significativos sobre el volumen radicular de los plántones de copoazú, mientras que en caso del factor denominado como los tamaños de las semillas, no tuvieron efectos significativos sobre el volumen radicular. Además, no se encontró efectos significativos de la interacción entre los niveles del factor de sombreado y los niveles del factor tamaño de semillas sobre el volumen radicular que presentaban los plántones de copoazú durante la evaluación (Cuadro 24).

En coeficientes de variabilidad de los factores A y B fueron 29.27 % y 26.04 % respectivamente, es decir según CALZADA (1986) significa que los valores menores de 30 % presentan regular homogeneidad de varianza en las unidades experimentales de cada tratamiento obteniendo un comportamiento similar en cada una de las repeticiones de cada tratamiento.

Cuadro 24. Análisis de variancia para el volumen radicular en plantones por efecto del porcentaje de sombreadamiento y el tamaño de semillas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F _c	F _{tab}	Sig.
Bloque	2	1.852	0.926	0.187	0.836	NS
A (% Sombreamiento)	2	122.800	61.420	12.440	0.019	S
Error (a)	4	19.750	4.938			
B (Tamaño de la semilla)	2	2.469	1.235	0.316	0.735	NS
A x B	4	19.140	4.784	1.224	0.352	NS
Error (b)	12	46.910	3.909			
Total	26	213.000				
C.V. E(a):		29.27%				
C.V. E(b):		26.04%				

S: Presenta diferencias estadísticas significativas. SN: no presenta diferencias estadísticas significativas.

Los plantones con 0 % de sombra presentaron mayor promedio de volumen radicular (10.37 cm³) que los plantones con 65 y 75 % de sombra (Cuadro 25). Cada unidad de superficie foliar está abastecida por más unidades de superficie radicular, que exploran un mayor volumen de suelo y extraen más agua; esto conlleva según GAMOBA (2010), un agotamiento de recursos más rápido y en ausencia de una disminución de la transpiración lleva a la marchitez.

Cuadro 25. Prueba Tukey para el volumen radicular en plantones de copozú por efecto del porcentaje de sombreadamiento.

Mérito	Sombreamiento	Media (cm ³)	Significancia
1	0 %	10.37	a
2	65 %	7.22	b
3	75 %	5.19	b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

Numéricamente, se reporta mayor promedio del volumen radicular (7.96 cm^3) en los plantones de copoazú que procedían de semillas grandes, mientras que el menor volumen se reportó en plantones procedentes de semillas pequeñas y medianas con un valor medio de 7.59 y 7.22 cm^3 respectivamente (Cuadro 26).

Cuadro 26. Prueba Tukey para el volumen radicular en plantones de copoazú por efecto del tamaño de semillas.

Mérito	Semillas	Media (cm^3)	Significancia
1	Grande	7.96	a
2	Pequeño	7.59	a
3	Mediano	7.22	a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

4.4. Efecto del tamaño de semilla y el porcentaje de sombreado sobre el peso fresco y seco de los plantones copoazú

A los 180 días posteriores del repique, se reportó que los niveles de sombreado sometidas a los plantones de copoazú tuvieron efectos significativos sobre el peso fresco y seco total; mientras que de manera contraria, los niveles del factor tamaño de semillas no mostraron efectos significativos sobre la variable en mención. Además, no se reportó efectos estadísticos significativos de la interacción entre los niveles del factor sombreado con los niveles del factor tamaño de semilla sobre la biomasa total de los plantones de copoazú (Cuadro 27).

En coeficientes de variabilidad para los niveles de factores A (21.72 %) presenta regular homogeneidad, mientras los niveles de factor B (20.02 %) presenta buena homogeneidad, es decir según CALZADA (1986) significa que los valores menores de 20 % presentan buena homogeneidad de varianza en las unidades experimentales de cada tratamiento obteniendo un comportamiento similar en cada una de las repeticiones de cada tratamiento.

Cuadro 27. Análisis de variancia para el peso fresco y seco a total en plántones por efecto del porcentaje de sombreado y tamaño de semillas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ftab	Sig.
Bloque	2	2.976	1.488	0.299	0.757	NS
A (% Sombreamiento)	2	92.82	46.411	9.34	0.031	S
Error (a)	4	19.88	4.969			
B (Tamaño de la semilla)	2	10.52	5.261	1.246	0.322	NS
A x B	4	16.65	4.162	0.986	0.452	NS
Error (b)	12	50.66	4.222			
Total	26	194				
C.V. E(a):		21.72 %				
C.V. E(b):		20.02 %				

S: Presenta diferencias estadísticas significativas. NS: no presenta diferencias estadísticas significativas.

Los plántones que se encontraron con 0 % de sombra presentaron mayor peso fresco y seco total seguida de los plántones con 65 % de sombra (Cuadro 28). A mayor luminosidad, más actividad fotosintética y mayor cantidad de fotosintatos que se manifiestan en el peso de la planta, porque según ICT (2004), la alta intensidad de la luz favorece la diferenciación de los tejidos lo que resulta en un mayor peso seco, que una planta crecida con poca intensidad de luz.

Cuadro 28. Prueba Tukey para el peso fresco y seco total en plantones de copoazú por efecto del porcentaje de sombreamiento.

Mérito	Sombreamiento	Media (g)	Significancia
1	0 %	12.12	a
2	65 %	10.94	a
3	75 %	7.73	b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

Debido a que no se reportó significancia estadística, el análisis realizado refiere al criterio numérico, en donde se observa que los plantones procedentes de semillas grandes presentaron mayor cantidad de peso fresco y seco (11.05 g), superando a los plantones que procedieron de semillas medianas y pequeñas (Cuadro 29).

Cuadro 29. Prueba Tukey para el peso fresco y seco total en plantones de por efecto del tamaño de semillas.

Mérito	Semillas	Media (g)	Significancia
1	Grande	11.05	a
2	Mediano	10.22	a
3	Pequeño	9.52	a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas

V. CONCLUSIONES

1. No se encontró interacción entre porcentaje de sombreado y tamaño de semillas sobre el área foliar de los plántones de copoazú.
2. El sombreado y el tamaño de semilla utilizada no originó efectos estadísticos significativos en el crecimiento de copoazú. Los plántones que se encontraban con 0 % de sombreado presentaron mayor diámetro del tallo (5.02 mm) y mayor cantidad de hojas (13.54 hojas/plánton), mientras que al someterse a 65 % de sombreado se obtuvo solo mayor altura del tallo (34.24 cm). En cuanto al tamaño de semilla se encontró mayor altura de tallo en la semilla mediana (34.33 cm); mayor diámetro en la semilla grande (4.79 mm) y mayor cantidad de hojas la semilla pequeña (11.50 hojas/plánton).

VI. RECOMENDACIONES

1. Repetir el trabajo de tesis, en futuras investigaciones con la finalidad de confirmar y consolidar resultados obtenidos.
2. Considerar la posición de la semilla dentro de los frutos para próximos estudios.
3. Realizar trabajos similares en campo definitivo en diferentes zonas para ver el comportamiento del cultivo copoazú.

VII. RESUMEN

La presente investigación se realizó en el vivero del Fundo Agrícola N° 1, en la provincia de Leoncio Prado, entre los meses de junio del 2015 y enero del 2016, con el objetivo de evaluar el crecimiento de las plantas de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Will ex Spreng Schum) en vivero, cultivados con diferentes porcentajes de sombreamiento y tamaño de semilla. La investigación utilizó un Diseño experimental de parcelas divididas en bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los factores en estudio fueron porcentaje de sombreamiento (A) cuyo niveles fueron 65 %, 75 % y 0 % de sombreamiento; y el factor (B) cuyos niveles fueron el tamaño de semilla grande, mediano y pequeño, que originaron nueve combinaciones. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), número de hojas (hojas), área foliar, longitud radicular (cm), volumen radicular (cm), peso fresco y seco (cm). Los análisis estadísticos nos muestran que no existió interacción en el porcentaje de sombreamiento y el tamaño de semilla; el 0 % de sombreamiento favoreció a los caracteres vegetativos: diámetro de tallo (5.02 mm), número de hojas (13.54 hojas), longitud radicular (51.44 cm), volumen radicular (10.37 cm), peso fresco y seco (12.12 cm); y el 65 % de sombreamiento se obtuvo mejores resultados para la altura total de planta (34.24 cm), área foliar (116.73). Al utilizar el tamaño de semilla grande favoreció a los caracteres vegetativos: área foliar (112.18), diámetro (4.79 mm), peso fresco y seco (11.05 g), volumen radicular (7.96); al utilizar la semilla mediana obtuvo mejores resultados para la altura (34.33 cm), y las semillas pequeñas tuvieron mejores resultados para el número de hojas (11.50 hojas), longitud radicular (45.78 cm).

ABSTRACT

The present research was done at the Fundo Agrícola N° 1 nursery in the Leoncio Prado province, Peru, between the months of June 2015 and January 2016, with the objective of evaluating the growth of cupuazú (*Theobroma grandiflorum* Will ex Spreng Schum) plants in a nursery, cultivated with different percentages of shade and seed sizes. The research utilized the experimental design of divided parcels in completely randomized blocks with three repetitions. The factors in study were the percentage of shade (A), the levels of which were 65 %, 75 % and 0 % shade; and factor (B), the levels of which were large, medium and small seed sizes, which generated nine combinations. The evaluated variables were: plant height (cm), stalk diameter (mm), number of leaves (leaves), foliar area, root length (cm), root volume (cm), fresh and dry weight (cm). The statistical analysis reveals that no interaction exists between the percentage of shade and the seed size; the 0% shade favored the vegetative characteristics: stalk diameter (5.02 mm), number of leaves (13.54 leaves), root length (51.44 cm), root volume (10.37 cm) and fresh and dry weight (12.12 cm); and the 65 % shade obtained better results for the total plant height (34.24 cm) and foliar area (116.73). The use of the large seed size favored the vegetative characteristics: foliar area (112.18), diameter (4.79 mm), fresh and dry weight (11.05 g) and root volume (7.96); the use of the medium seed size obtained better results for the height (34.33 cm); and the small seeds had the best results for the number of leaves (11.50 leaves), root length (45.78 cm).

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ADRIAZOLA, J. 2007. Cultivo de cacao. En: Diplomado cultivos industriales tropicales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. Pp. 22-25.
2. ALMEIDA, A., y VALLE, R. 2007. Ecofisiología del árbol de cacao. Revista brasileña de fisiología vegetal, 19 (4): 425 -448.
3. ALVERSON, W.; WHITLOCK, B.; NYFFELER, R.; BAYER C., y BAUM D. 1999. Filogenia del orden Malvales: evidencia de datos de secuencias. Diario Americano de botánica, 86 (10): 1474-1486.
4. ARTEAGA, L. 2004. Ecología de poblaciones de especies forestales escogidas. Informe Técnico. Estación Biológica Tunquini – Instituto de Ecología. La Paz, Bolivia. Pp. 14 -16.
5. BARCELÓ, J.; LLUGANY, M.; LOMBINI, A., y POSCHENRIEDER, C. 2005. *Glycine max* contribuye to the protection of *Silene armeria* against excess copper. In: C.J. Li (Eds). Plant nutrition for food security, human health and environmental protection. Tsinghua University Press. Beijing, China. Pp. 634-635.
6. BEDOYA, C. 2003. Efecto del tipo de propagación sexual y asexual sobre la germinación de algunas especies promisorias: Arazá, *Eugenia stipitata* MacVaugh; Copoazú, *Theobroma grandiflorum* Wild ex Spreng (SHUM) y Camu camu, *Myrciaria dubia*, (H.B.K.) MacVaugh. Tesis de Posgrado. Universidad de la Amazonia. Caquetá, Colombia. Pp. 4 - 20.

7. BERGARECHE, C., y MOYSSE, L. 1993. Illuminating phytochrome functions there is light at the end of the Tunnel. *Plant Physiol. USA.* Pp 393-394.
8. BINKLEY, D. 1993. *Nutrición forestal: Prácticas de manejo.* Trad. Por Manuel Guzman. Editorail Limusa S.A de C.V. Mexico. 518 p.
9. BOTE, A.; ZANA, Z.; OCHO, F., y VOS, J. 2018. Analysis of coffee (*Coffea arabica* L.) performance in relation to radiation level and rate of nitrogen supply II. Uptake and distribution of nitrogen, leaf photosynthesis and first bean yields. *European Journal of Agronomy*, 92 (1): 107-114.
10. CALZADA, J. 1976. *Métodos estadísticos. Bloque completamente randomizado, cuadrado latino y otros diseños similares.* tercera edición. Edición Jurídica S. A. Lima, Perú. 645 p.
11. CALZAVARA, B.; MULLER, C., y KAWAGE, O. 1984. *Fruta tropical o copoazú, cultivo, tratamiento y la utilización de la fruta: Belém: Embrapa-CPATU. Brasil.* 181 p.
12. CARAMBULA, M. 1997. *Producción y manejo de cultivos amazónicos.* Montevideo, UR: Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 464 p.
13. CARDOSO, A.; NOMURA, E., y SILVEIRA, V. 2002. Influencia do tamanho de sementes de repolho na produção de mudas em bandejas de poliestireno expandido. *Científica*, 3: 53-61.
14. CARVALHO, N., y NAKAGAWA, J. 1988. *Semillas ciencias, tecnología y producción.* Campinas, BR: Hemisferio Sur. Brasil. 406 p.

15. CASTELLANO, S.; SCARASCIA, G.; RUSSO G.; BRIASSOULIS, D.; MISTRIOTIS, A.; HEMMING, S., y WAAIJENBERG, D. 2008. Plastic Nets in Agriculture: A General Review of Types and Applications. Published in Applied Engineering in Agriculture, 24 (6): 799-808.
16. CAZETTA, J.; SADER, R., y IKEDA, M. 1995. Efecto del tamaño en el desempeño de semillas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*). Científica (BR), 23: 65-73.
17. CHÁVEZ, J. 2012. Manual de laboratorio de fisiología vegetal. Editado por la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. 71 p.
18. CLEMENT, C. 1991. Recursos genéticos de especies fructíferas da Amazonía Brasileira. Revista Acta Amazónica, 12 (4): 132 – 141 p.
19. CRUZ, F. 1996. Determinación de algunas propiedades físico mecánicas y químicas de las semillas de copoazú (*Theobroma grandiflorum Wild ex Spreng Schum*) y obtención de pasta de copoazú. Convenio Instituto SINCHI Universidad Nacional de Colombia ICTA. Facultad de Ingeniería Agronómica. Tesis de pregrado. Colombia. 86
20. CUYA, O., y LOMBARDI, I. 1991. Influencia del tamaño de semilla en la germinación y crecimiento de plántulas de *Schinus molle*. Revista Forestal del Perú, 18 (2): 17-27.
21. CUMANA, L. y RONDÓN, R. 2005. Revisión taxonómica del género theobroma (*Sterculiaceae*) en Venezuela. Acta Botánica Venezolánica, 28 (1): 113-133.

22. DALLING, J. 2002. Ecología de semillas. En: M. Guariguata y G. Catan, eds. Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Libro Universitario Regional. Cartago, Costa Rica. Pp. 345-375.
23. EMBRAPA, 2007. Buenas prácticas agrícolas del cultivo de copoazú. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Manaus, Brasil. Pp. 17-30.
24. ENRÍQUEZ, A. 2003. El cultivo orgánico de cacao bajo el concepto de calidad total. Estación experimental Tropical Pichilingue. INIAP. En: Normativa, procesos y tecnologías para la producción orgánica de cacao. Seminario Taller. Quito, Ecuador. 27 p.
25. EVANS, H., y MURRAY, D.B. 1951. Ashade and fertilizer experimento n Young cacao. Eport in cocoa Research. 1945 -1951. ICTA. Trinidad. 10 p.
26. FAIGUENBAUM, M., y ROMERO A. 1991. Efecto del tamaño de semilla sobre la germinación, el vigor y el rendimiento en un híbrido de maíz (*Zea mays L*). Ciencia e Investigación Agraria. 18 (3):111-117.
27. GALETTI, M.; GUEVARA, R.; CORTES, M.; FADINI, R.; VON MATTER, S.; LEITE, A.; RIBEIRO, T.; CARVALHO, C.; COLLEVATTI, R.; PIRES, M.; GUIMARÃES, P.; BRANCALION, P.; RIBEIRO, M, y JORDANO, P. 2013. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. SCI, 340 (6136):1086–1090.
28. GAMBOA, M. 2010. Efecto de las condiciones hídricas del suelo sobre el intercambio gaseoso y el crecimiento en plantas de *Theobroma cacao*

- L. Tesis para optar título de ingeniero agrónomo. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá. Colombia. Pp. 11-75.
29. GUEVARA, R. 2000. Técnicas para la germinación de semillas forestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 54 p.
30. HARTMANN, H., y KESTER, D. 1982. Propagación de plantas y principios básicos. Tercera edición. CECOSA. México. 814 p.
31. HERNÁNDEZ, T. 1991. Cacao: sistemas de producción en la amazonia peruana. Proyecto de promoción agroindustrial AD/PER/86/459 UNFDAC – PNUD/OSP. Tingo María, Perú. 70 p.
32. HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
33. ICT. 2004. Manejo integrado del cultivo de cacao y transferencia de tecnología en la amazonia peruana. Primera edición. Instituto de Cultivos Tropicales (ICT). Perú. 167 p.
34. IBARRA, Y. 2011. Influencia de las mallas Raschel negra y roja en la germinación y crecimiento de shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins), en Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Forestales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 96 p.
35. JARAMILLO, A.; ARCILA, J.; MONTOYA, E., y QUIROGA, P. 2006. La radiación solar; consideraciones para su estudio en las plantaciones de café (*Coffea arabica* L.). Meteorología Colombiana, 10: 12 -22.

36. JUÁREZ, P.; BUGARÍN, M.; CASTRO, R.; SÁNCHEZ, M.; CRUZ, E.; JUÁREZ, R.; ALEJO, G., y BALOIS, R. 2011, Estructuras utilizadas en la agricultura protegida, Unidad académica de agricultura. México. Pp. 22-23.
37. KELLY, A. 1988. Seed production of agricultural crops. Longman Scientific and Technical-John Wiley and Sons. New York, USA. 227 p.
38. LEAL, F.; SERRA, A., y VALDERRAMA, E., 1997. El copoazú (*Theobroma grandiflorum*) familia Sterculiaceae, pariente del cacao. Memorias del I Congreso Venezolano del Cacao y su Industria. FUNDACITE. Maracay, Venezuela. 160 p.
39. LEISHMAN, M.; WRIGHT, I.; MOLES, A., y WESTOBY, M. 2000. The evolutionary ecology of seed size. En: M. Fenner, ed. Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities, 2nd edition. CAB International, Redwood Press. Melksham, England. Pp. 31-57.
40. MARTÍNEZ, A., y ENRÍQUEZ, G. 1984. La sombra para el cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. Pp. 2-5.
41. MEJIA M, 1985. Los frutales amazónicos., pp 23. Bogota
42. MONTELIU, A. 2010. Respuestas fisiológicas de los cítricos sometidos a condiciones de estrés biótico y abiótico. Aspectos comunes y específicos. Tesis doctoral. Universitat Jaume I. Castellón de la Plana. España. 213 p.

43. MORENO, L.; ZULETA, L., y LAURENT, AUREL. 1968. Manual para el cultivo del cacao. Compañía Nacional de Chocolates S.A. Colombia. 127 p.
44. MULLER, C.; FIGUEREDO, F.; NASCIMENTO, W.; GALVAO, E.; STEIN, R.; SILVA, A.; RODRIGUES, J.; CARVALHO, J.; NUNES, A.; NAZARÉ, R., y BARBOSA, W. 1995. Cultivo de copoazú. DF: Embrapa-SPI; Embrapa-CPATU (Embrapa –SPI. Colección de plantas, 24. Los árboles frutales). Brasíla, Brasil. 61 p.
45. PALENCIA, C.; GÓMEZ, S., y GUIZA, P. 2009. Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Bogotá, Colombia. 32 p.
46. PRODAR, C.1996. Productos promisorios de la agroindustria rural. IICA Biblioteca. Venezuela. Pp. 17-1.
47. QUIRÓS, L., y ARCE, J. 2000. Influencia del tamaño de la semilla en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de encino (*Quercus costaricensis* Liebmann). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza .Talamanca, Costa Rica. 6 p.
48. REÁTEGUI, M. 2010. Evaluación del efecto de tres abono orgánicos para el crecimiento de *Colubrina glandulosa* (Shaina), en fase vivero en Tingo María. Tesis para optar el título de ingeniero en Recursos Renovables, Mención Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 66 p.

49. ROBLEDO, R. 2004. Usos de tinglados tipo Raschel. Manual técnico para uso en invernaderos. Brasil. 156 p.
50. ROCHA, O.; OLIVEIRA, R.; CARVALHO, J.; LAMEIRA, O.; SOUZA A. y MARADIAGA, J. 1999. Copoazú. En: principales productos forestales de la Amazonia y sus coeficientes técnicos. Brasilia: Instituto Brasileño del Medio Ambiente y Recursos Naturales Renovables. Centro Nacional para el Desarrollo Sostenible de las poblaciones tradicionales. Pp. 24-40.
51. ROJAS, H.; ZAPATA, J.; PEREIRA, A.; VARÓN, E.; CÁRDENAS, C., CADENA, F. 1996. El cultivo de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el Piedemonte Amazónico colombiano. Editorial Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Bogotá, Colombia. 19 p.
52. RODRÍGUEZ, N.; MARTINS, S.; CAVATTE, P.; SILVA, P.; MORAIS, L.; PEREIRA, L.; REIS, J.; ÁVILA, R.; GODOY, A.; LAVINSKI, A., y DAMATTA, F. 2014. Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. *Environmental and Experimental Botany*, 102 (1): 1-10.
53. SALVADOR, N.; ESPINOZA, E., y ROJAS, J. 2012. Manual de cultivo de cacao blanco en Piura. Ministerio de Agricultura. Perú. Pp. 20-30.
54. SAMANIEGO, D. 2002. Manejo, usos y aplicaciones de mallas tipo Raschel para sombra y producción de plántones forestales. Manual Técnico. Brasilia, Brasil. 258 p.

55. SCHNABEL, F.; VIRGINIO. E.; XU, S.; FISK, I.; ROUPSARD, O., y HAGGAR, J. 2017. Shade trees: a determinant to the relative success of organic versus conventional coffee production. *Agroforestry Systems*, 1 (1): 1-15.
56. SHAHAK, Y.; LAHAV, T.; SPIEGEL E.; PHILOSOPH-HDAS, S.; MEIR, S.; ORENSTEIN, H.; GAL, Z., y GANELEVIN, R. 2002. Growing *Aralia* e *Monstera* under colored shade nets. *Olam Poreah*, 13: 60-62.
57. SNOW, D. 1971. Evolutionary aspect of fruit –eating by birds. *IBIS*, 133 (2): 194 - 202
58. TAIZ, L., y ZEIGER, E. 2006. *Fisiología vegetal*. 3ra Edición. Editorial Publicacions de la Universitat Jaume. USA. Pp. 269-689.
59. UHART, S. 1995. Efecto de la disponibilidad de nitrógeno carbono sobre la determinación del número de granos y el rendimiento en maíz. Tesis para obtener el grado de Doctor. Universidad Nacional Mar de Plata. Buenos Aires, Argentina. 20 p.
60. URANO, J.; MULLER, C.; BENCHIMOL, R.; KOUZO, A., y ALVES, R., 1999. Manual técnico copoazú (*Theobroma grandiflorum* Will Ex Spreng Schum): Cultivo y Utilización. FAO. Costa Rica. 45 p.
61. VARÓN, E., y ROJAS, S. 2001. Especies promisorias de la Amazonía. Conservación, Manejo y Utilización del Germoplasma. Editorial CORPOICA C.I. Caquetá, Colombia. Pp. 112 - 118.
62. VAUGHTON, G., y RAMSEY. M. 1998. Sources and consequences of seed mass variation in *Banksia marginata* (Proteaceae). *Journal of Ecology*, 86: 563-573.

63. VÉLEZ, G. 1991. Los frutales amazónicos cultivados por las comunidades indígenas de la región del Medio Caquetá (Amazonia Colombiana). *Revista Colombia Amazónica*, 5 (2): 163-193.
64. VENTURIERI, G.; RONCHI-TELES, B.; FERRAZ, I.; LOURDE, M., y HAMADA, N. 1993. Copoazú: la especie, su cultivo, sus usos y procesamiento. Belém: Cupu Club. Brasil. 108 p.
65. VALENCIA, G. 2005. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Consultor privado. Colombia. 10 p.
66. VIZCARRA, A. 2013. El copoazú. Vizcarra Proyectos. Boletín técnico N° 144. Lima, Perú. Pp. 13–20.
67. WILLSON, M. 1983. *Plant reproductive ecology*. Wiley, New York. USA. Pp. 11-30.
68. WILLAN, R. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. Danida-FAO. Roma, Italia. 502 p.
69. WRZESNIEWSKI, W. 1982. Physiology of Scots pine seedlings grown from seed of different weight. I. Differentiation of seed characteristics. *Acta Physiological Plant*, 4 (1): 31-42 p.
70. ZAPATA, J.; PEREIRA, A., y VARÓN, E. 1996. El cultivo de copoazú. CORPOICA Regional 10. Florencia, España. Pp. 3-12.

IX. ANEXO

Cuadro 30. Datos biométricos registrados para los caracteres vegetativos en el bloque I.

Clave	AP (cm)	DT (mm)	NH	PF (g)	PS (g)	LR (cm)	VR (cm ³)	AF (cm ²)	MS (%)	H (%)
T ₁	28.28	4.60	11.17	32.40	11.58	36.00	8.33	150.95	35.74	64.26
T ₂	34.18	5.26	8.17	30.50	10.87	39.33	6.67	106.05	35.64	64.36
T ₃	27.58	4.44	10.00	18.50	7.33	33.67	3.33	92.15	39.60	60.40
T ₄	34.73	4.49	8.33	26.47	9.02	35.67	5.00	55.99	34.08	65.92
T ₅	35.77	4.41	7.33	16.57	5.73	29.33	3.33	89.80	34.61	65.39
T ₆	28.57	4.06	7.67	19.93	5.64	41.67	5.00	84.59	28.28	71.72
T ₇	37.52	5.28	14.50	42.17	14.94	58.00	13.33	105.73	35.44	64.56
T ₈	31.90	4.58	13.50	32.33	12.29	54.33	10.00	114.95	38.01	61.99
T ₉	36.27	5.06	13.50	28.87	11.41	53.33	10.00	80.90	39.52	60.48

AP = Altura de planta., DT = Diámetro de tallo., NH = Número de hojas por planta., PF = Peso fresco., PS = Peso seco., LR = Longitud radicular., VR = Volumen radicular., AF = Área foliar., MS = Materia seca., H = Humedad.

Leyenda:

T₁ = 65 % de sombreado para semilla grande.
T₂ = 65 % de sombreado para semilla mediana.
T₃ = 65 % de sombreado para semilla pequeña.

T₄ = 75 % de sombreado para semilla grande.
T₅ = 75 % de sombreado para semilla mediana.
T₆ = 75 % de sombreado para semilla pequeña.

T₇ = 0 % de sombreado para semilla grande.
T₈ = 0 % de sombreado para semilla mediana.
T₉ = 0 % de sombreado para semilla pequeña.

Cuadro 31. Datos biométricos registrados para los caracteres vegetativos en el bloque II.

Clave	AP (cm)	DT (mm)	NH	PF (g)	PS (g)	LR (cm)	VR (cm ³)	AF (cm ²)	MS (%)	H (%)
T ₁	39.55	4.85	9.33	37.90	12.75	40.00	5.00	129.96	33.63	66.37
T ₂	34.10	4.77	11.17	38.60	12.72	47.33	10.00	142.87	32.95	67.05
T ₃	31.42	4.56	10.17	31.73	9.74	42.33	10.00	86.94	30.70	69.30
T ₄	22.78	3.93	9.60	15.77	5.45	39.33	3.33	123.39	34.57	65.43
T ₅	42.17	4.24	7.83	18.80	7.08	38.33	3.33	78.37	37.64	62.36
T ₆	32.87	4.00	15.83	24.73	8.12	43.33	6.67	89.80	32.82	67.18
T ₇	33.25	5.30	15.67	32.70	10.05	44.33	10.00	71.12	30.72	69.28
T ₈	35.12	5.29	12.83	32.83	12.58	46.00	10.00	91.79	38.30	61.70
T ₉	36.72	4.86	14.00	37.30	13.68	54.33	11.67	93.12	36.67	63.33

AP = Altura de planta., DT = Diámetro de tallo., NH = Número de hojas por planta., PF = Peso fresco., PS = Peso seco., LR = Longitud radicular., VR = Volumen radicular., AF = Área foliar., MS = Materia seca., H = Humedad.

Leyenda:

T₁ = 65 % de sombreado para semilla grande.
T₂ = 65 % de sombreado para semilla mediana.
T₃ = 65 % de sombreado para semilla pequeña.

T₄ = 75 % de sombreado para semilla grande.
T₅ = 75 % de sombreado para semilla mediana.
T₆ = 75 % de sombreado para semilla pequeña.

T₇ = 0 % de sombreado para semilla grande.
T₈ = 0 % de sombreado para semilla mediana.
T₉ = 0 % de sombreado para semilla pequeña.

Cuadro 32. Datos biométricos registrados para los caracteres vegetativos en el bloque III.

Clave	AP (cm)	DT (mm)	NH	PF (g)	PS (g)	LR (cm)	VR (cm3)	AF (cm2)	MS (%)	H (%)
T ₁	36.70	4.63	10.00	32.87	10.94	46.33	8.33	112.80	33.29	66.71
T ₂	38.42	4.78	9.50	34.47	12.19	41.67	6.67	130.48	35.38	64.62
T ₃	37.95	4.46	10.67	33.13	10.36	41.67	6.67	98.41	31.27	68.73
T ₄	34.25	4.82	10.00	25.67	9.01	38.67	6.67	124.65	35.09	64.91
T ₅	32.30	4.08	7.83	25.17	8.28	45.67	5.00	88.92	32.91	67.09
T ₆	32.83	4.43	9.33	35.10	11.24	45.67	8.33	153.42	32.01	67.99
T ₇	32.08	5.22	14.67	41.07	15.70	53.67	11.67	135.02	38.24	61.76
T ₈	25.00	4.61	10.83	25.60	10.20	43.00	10.00	67.19	39.86	60.14
T ₉	26.45	4.94	12.33	19.77	8.19	56.00	6.67	88.18	41.43	58.57

AP = Altura de planta., DT = Diámetro de tallo., NH = Número de hojas por planta., PF = Peso fresco., PS = Peso seco., LR = Longitud radicular., VR = Volumen radicular., AF = Área foliar., MS = Materia seca., H = Humedad.

Leyenda:

T₁ = 65 % de sombreado para semilla grande.
T₂ = 65 % de sombreado para semilla mediana.
T₃ = 65 % de sombreado para semilla pequeña.

T₄ = 75 % de sombreado para semilla grande.
T₅ = 75 % de sombreado para semilla mediana.
T₆ = 75 % de sombreado para semilla pequeña.

T₇ = 0 % de sombreado para semilla grande.
T₈ = 0 % de sombreado para semilla mediana.
T₉ = 0 % de sombreado para semilla pequeña.

Cuadro 33. Peso, ancho, largo tomado de diez frutos de copoazú.

Número de fruto	Peso (g)		Longitud (cm)		Número de semillas	Índice de mazorca
	Mazorca	Pulpa + mazorca	Ancho	Largo		
1	1239.40	600.50	10.70	18.60	30.00	12.03
2	1001.80	537.40	11.10	15.80	23.00	15.70
3	1164.50	624.40	11.20	16.50	30.00	12.03
4	966.50	511.00	10.60	15.60	26.00	13.89
5	826.70	392.50	9.30	20.00	24.00	15.04
6	1168.10	577.30	10.90	20.40	34.00	10.62
7	1099.20	530.50	10.50	20.60	32.00	11.28
8	1610.60	787.30	11.90	19.30	32.00	11.28
9	1350.80	575.00	11.80	21.60	38.00	9.50
10	1511.40	674.30	11.20	24.00	39.00	9.26
Suma	11939.00	5810.20	109.20	192.40	308.00	120.63
Promedio	1193.90	581.02	10.92	19.24	30.80	12.06

Cuadro 34. Biometría de la semilla grande de copoazú.

Semilla fresca	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	7.30	3.70	1.85
2	5.90	3.00	1.90
3	5.90	2.80	2.30
4	5.90	2.90	1.80
5	5.70	2.90	1.80
6	5.40	2.90	1.80
7	6.40	3.10	1.85
8	7.80	3.10	2.00
9	6.50	2.80	1.90
10	6.30	2.00	1.75
11	5.90	3.00	1.80
12	6.40	2.80	1.85
13	6.80	3.10	1.85
14	6.60	3.10	1.90
15	6.10	3.00	1.95
16	6.30	3.00	1.90
17	6.00	2.90	1.80
18	6.40	2.90	1.95
19	6.20	2.90	1.85
20	5.60	2.40	1.75

Cuadro 35. Biometría de la semilla mediana de copoazú.

Semilla fresca	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	5.30	2.90	1.80
2	6.30	2.70	1.95
3	6.40	2.80	1.80
4	5.70	2.70	1.80
5	6.30	2.80	1.75
6	6.00	2.60	1.80
7	6.50	2.90	1.95
8	5.50	2.60	1.95
9	5.40	2.90	1.85
10	6.20	2.40	1.85
11	5.40	2.60	1.80
12	5.40	2.50	1.80
13	6.20	2.90	1.85
14	5.40	2.60	1.70
15	2.60	2.60	1.85
16	5.70	2.60	1.85
17	5.20	2.80	1.80
18	6.40	2.70	1.90
19	5.20	2.60	1.75
20	5.00	2.60	1.75

Cuadro 36. Biometría de la semilla pequeña de copoazú.

Semilla fresca	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	4.50	2.20	1.65
2	2.80	2.00	1.55
3	4.50	2.30	1.80
4	3.30	2.10	1.55
5	3.90	2.00	1.55
6	4.60	2.50	1.60
7	3.70	2.50	1.55
8	4.40	2.40	1.70
9	4.70	2.40	1.85
10	3.70	2.20	1.60
11	4.80	2.70	1.70
12	3.60	2.40	1.40
13	4.00	2.00	1.60
14	4.70	2.40	1.75
15	3.90	2.20	1.80
16	4.90	2.20	1.85
17	3.00	2.20	1.45
18	3.40	2.20	1.65
19	3.10	2.40	1.55
20	4.60	2.40	1.75

Cuadro 37. Datos registrados con el luxómetro (lux).

Clave	Meses					
	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
T ₁	236.50	236.00	141.00	61.00	104.00	65.50
T ₂	230.00	234.50	160.00	64.00	96.00	87.50
T ₃	226.00	237.00	145.00	59.50	88.00	95.50
T ₄	153.50	184.50	62.00	33.50	68.50	107.50
T ₅	152.50	187.50	71.50	37.50	79.00	79.00
T ₆	159.00	189.00	65.50	34.50	72.50	89.50
T ₇	650.00	700.00	360.50	173.50	237.50	200.00
T ₈	0	0	0	0	0	0
T ₉	0	0	0	0	0	0
Suma	1807.50	1968.50	1005.50	463.50	745.50	724.50
Promedio	258.21	281.21	143.64	66.21	106.50	103.50

Leyenda:

T₁ = 65 % de sombreamiento para semilla grande. T₆ = 75 % de sombreamiento para semilla pequeña.
T₂ = 65 % de sombreamiento para semilla mediana. T₇ = 0 % de sombreamiento para semilla grande.
T₃ = 65 % de sombreamiento para semilla pequeña. T₈ = 0 % de sombreamiento para semilla mediana.
T₄ = 75 % de sombreamiento para semilla grande. T₉ = 0 % de sombreamiento para semilla pequeña.
T₅ = 75 % de sombreamiento para semilla mediana.

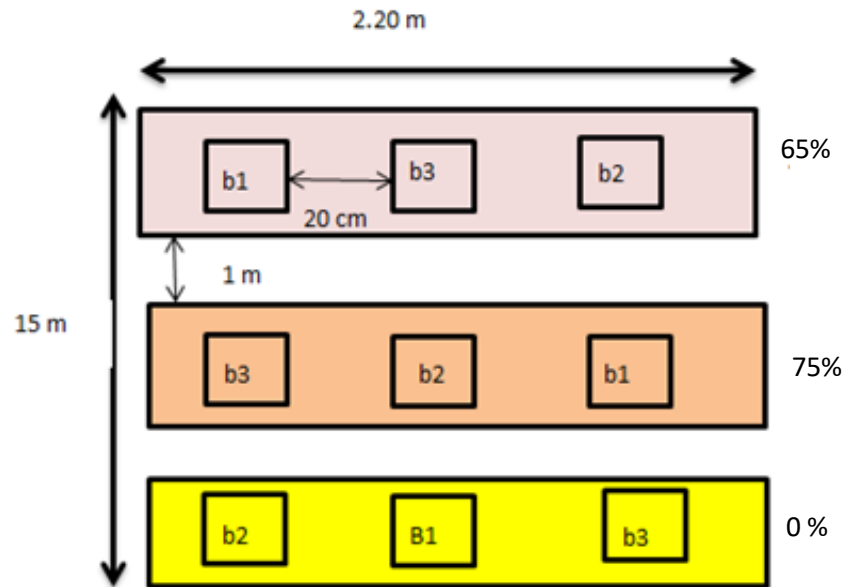
Cuadro 38. Ensayo de germinación.

Tamaño de semilla	Semillas		Poder germinativo	Energía germinativa
	Total	Germinadas		
Grande	50	49	98.00%	Mala
Mediano	50	47	94.00%	Mala
Pequeño	50	40	86.00%	Mala

Cuadro 39. Presupuesto detallado utilizado en la investigación.

Rubro	Unidad		Costo (S/)		
	Medida	Cantidad	Unidad	Parcial	Total
Mano de obra					
Acondicionamiento	Jornal	2	25.00	50.00	
Diseño	Jornal	2	25.00	50.00	
Preparación de sustrato	Jornal	2	25.00	50.00	
Deshierbo y limpieza	Jornal	2	25.00	50.00	
Acomodo de bolsas	Jornal	2	25.00	50.00	
Siembra de semillas	Jornal	2	25.00	50.00	
					<u>300.00</u>
Insumos					
Semillas	Mazorcas	50	4.00	200.00	
Fungicida	litro	1	45.00	45.00	
Homai	kg	1	10.00	10.00	
Superfosfato triple	Saco	1	53.00	53.00	
					<u>308.00</u>
Materiales de campo					
Machete	Unidad	2	8.00	16.00	
Wincha	Unidad	2	26.00	52.00	
Bolsa de polietileno	Millar	1	48.00	48.00	
Regadora	Unidad	1	30.00	30.00	
Malla Raschel 75 %	Metros	30	9.00	270.00	
Malla metálica	Metros	40	3.00	120.00	
					<u>536.00</u>
Escritorio					
Papel bond A4 de 80 g	Millar	5	25.00	125.00	
Libreta de campo	Unidad	1	5.00	5.00	
Regla	Unidad	1	1.00	1.00	
Lapicero	Unidad	1	1.00	1.00	
Encuadernación	Volumen	8	20.00	160.00	
Impresiones	Unidad	400	0.20	80.00	
Fotocopias	Unidad	200	0.10	20.00	
					<u>392.00</u>
Transporte					
Flete de frutos	Sacos	10	6	60.00	
					<u>60.00</u>
Total parcial					<u>1596.00</u>
Imprevisto (10 %)					<u>159.60</u>
Presupuesto total					<u>1755.60</u>

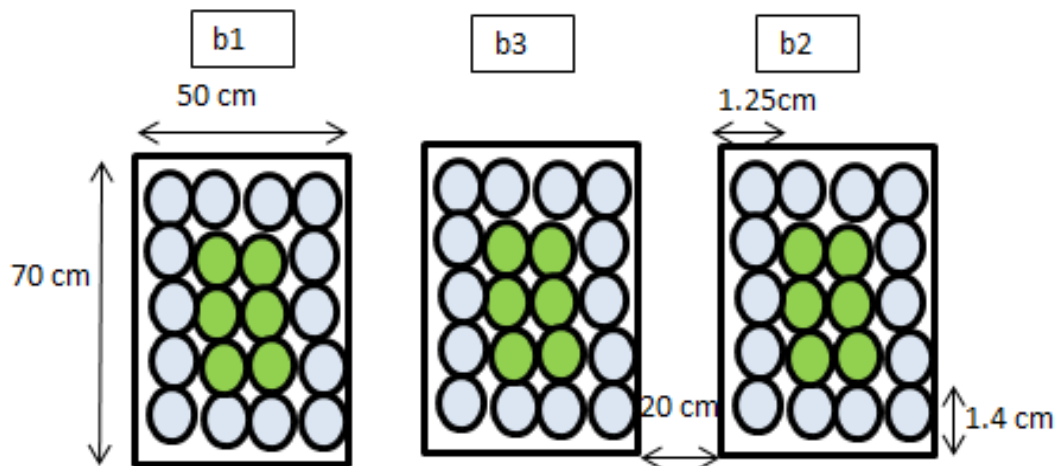
Croquis del experimento del factor A porcentaje de sombreamiento



Leyenda:

- : Tratamientos con 0 % de sombreamiento.
- : Tratamiento de 75 % de sombreamiento
- : Tratamientos con 65 % de sombreamiento.

Croquis del experimento del factor B tamaño de la semilla



Leyenda:

- : Plántulas de borde no evaluadas
- : Plántulas a evaluar.

Figura 9. Croquis de la instalación del experimento de los tratamientos.

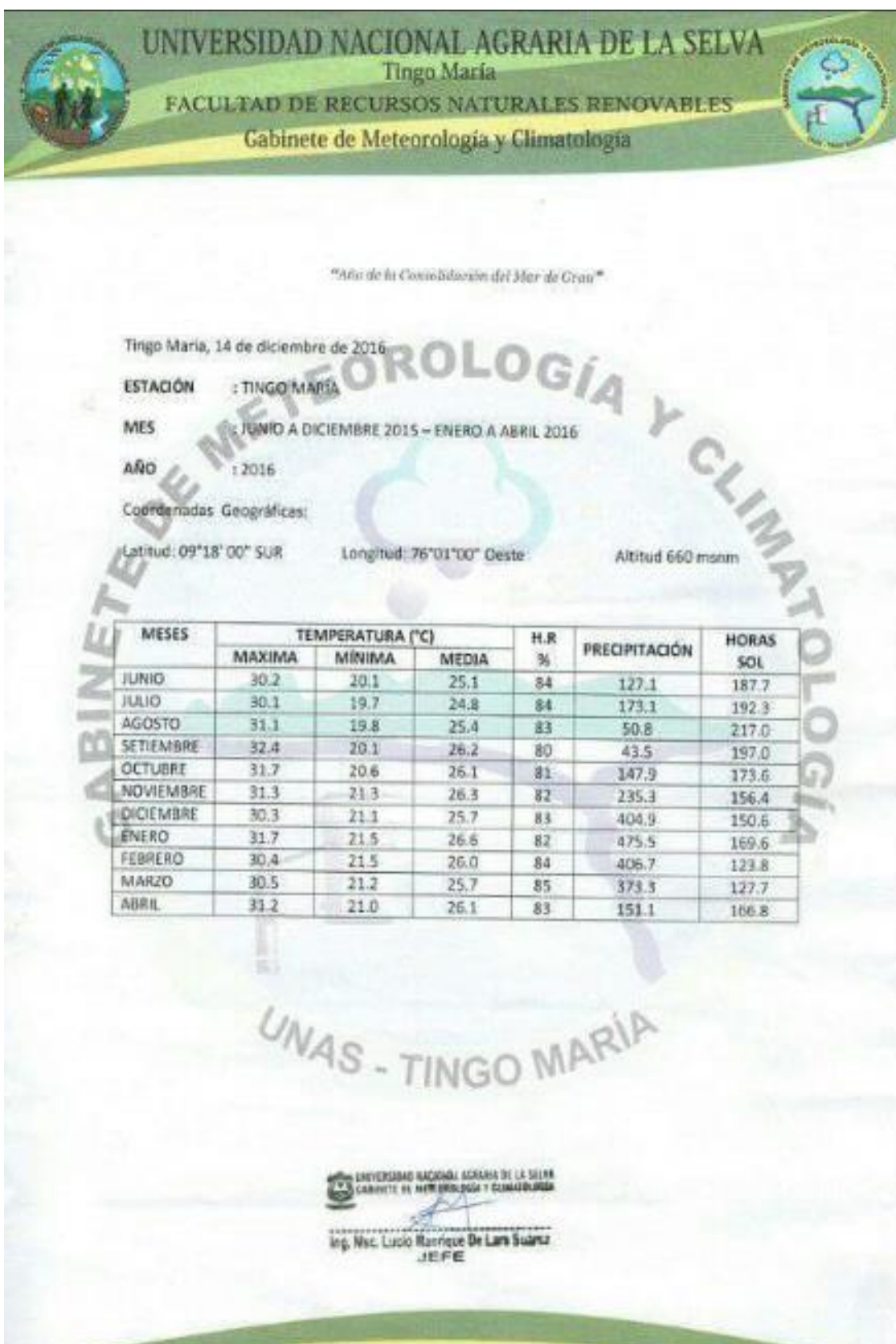


Figura 10. Datos meteorológicos.



Figura 11. Proceso de preparación y obtención de semillas de copoazú, y caracterización y selección de semilla de copoazú por tamaño, peso, longitud, ancho.



Figura 12. Proceso de desinfección y pre germinación de semillas copozú.



Figura 13. Acondicionamiento del área en estudio y siembra de semilla de copoazú, distribución de bloques y tratamientos, y labores culturales.



Figura 14. Características evaluadas (altura, diámetro de tallo, área foliar y volumen radicular) de las plantas de copoazú.