UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMIA

EFECTO DE DIFERENTES HORMONAS ENRAIZANTES Y TIPOS DE PLÁSTICOS PARA COBERTURA EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CACAO CCN-51

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: FRICKSON FERNANDO FERREIRA FERNANDEZ

DIRECTOR: ING. BORIS LENIN ROMERO SANDOVAL

LA TRONCAL - ECUADOR

2026

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

EFECTO DE DIFERENTES HORMONAS ENRAIZANTES Y TIPOS DE PLÁSTICOS PARA COBERTURA EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CACAO CCN-51

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: FRICKSON FERNANDO FERREIRA FERNANDEZ

DIRECTOR: ING. BORIS LENIN ROMERO SANDOVAL

LA TRONCAL - ECUADOR

2026

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Universidad Católica de Cuenca

La Troncal, 30 de septiembre del 2026

Asunto: Aprobación de Trabajo de Titulación

Ing. Luis Merino Jaramillo, MSc.
Responsable de Titulación
Universidad Católica de Cuenca, Carrera de Agronomía Extensión San Pablo de La Troncal.

De mi consideración:

Con un atento y cordial saludo me dirijo a usted para desearle éxitos en sus funciones diarias.

El suscrito tutor del trabajo de titulación, certifica que el trabajo titulado **"Efecto de diferentes hormonas enraizantes y tipos de plásticos para cobertura en la propagación vegetativa de cacao CCN-51",** desarrollado por el estudiante: **Frickson Fernando Ferreira Fernández**, con número de cédula **094031228-3.** Ha sido guiado, revisado periódicamente y cumple con las normas estatutarias establecidas por la Universidad Católica de Cuenca.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales consiguientes.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
BORIS LENIN ROMERO SANDOVAL

Ing. Boris Romero Sandoval, MSc.
DOCENTE TUTOR

Universidad Católica de Cuenca

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Yo, **Frickson Fernando Ferreira Fernandez** portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º **0940312283**. Declaro ser el autor de la obra: **"Efecto de diferentes hormonas enraizantes y tipos de plásticos para cobertura en la propagación vegetativa de cacao CCN-51",** sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

La Troncal, **30 de septiembre del 2026**

F: .....

Frickson Fernando Ferreira Fernandez

C.I. **0940312283**

Agradecimientos

Se expresa un sincero agradecimiento al Ing. Boris Lenin Romero Sandoval, docente de la Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Extensión La Troncal, por su orientación, acompañamiento y conocimientos brindados durante el desarrollo de la presente investigación.

De manera especial, se agradece a mis padres, por su apoyo incondicional y por facilitar el terreno utilizado para la instalación del vivero, contribuyendo de manera significativa al desarrollo y ejecución del trabajo experimental.

Asimismo, se agradece a todas las personas que colaboraron directamente en las actividades de campo y en la toma de datos, cuyo apoyo fue fundamental para llevar a cabo satisfactoriamente las diferentes etapas de la investigación.

Dedicatoria

En primer lugar, dedico este logro a Dios, por acompañarme durante todo este camino, darme fortaleza en los momentos difíciles y permitirme seguir adelante hasta alcanzar una de mis metas más importantes.

A mis padres, César Ferreira y Norma Fernández, por ser pilares fundamentales en mi vida y por brindarme siempre su amor, confianza y apoyo incondicional. Gracias por sus consejos, por creer en mí y por estar presentes en cada etapa de este proceso. Su cariño, esfuerzo y palabras de aliento fueron una fuente de fortaleza para continuar y no rendirme ante las dificultades.

A mi esposa, por ser mi compañera de vida, por su amor, paciencia, comprensión y apoyo incondicional durante todo este proceso. Gracias por estar a mi lado en los momentos de cansancio, por motivarme a seguir adelante y por creer en mí incluso cuando las cosas se volvieron difíciles. Tu compañía fue fundamental para alcanzar esta meta y compartir contigo este logro hace que tenga un significado aún más especial.

A mi hijo, quien se ha convertido en una de mis mayores inspiraciones y en una de las razones para seguir esforzándome cada día. Cada sonrisa, cada abrazo y cada momento a su lado me dieron la motivación necesaria para continuar y superar los obstáculos. Este logro también está dedicado a él, con la esperanza de que algún día pueda comprender que cada esfuerzo realizado tuvo como propósito construir un mejor futuro para nuestra familia.

Resumen

La propagación vegetativa del cacao (*Theobroma cacao* L.) permite obtener plantas con buenas características; sin embargo, el prendimiento, enraizamiento y desarrollo de las estacas pueden verse afectados por el tipo de enraizante y las condiciones ambientales durante la propagación. Ante esta problemática, la presente investigación tuvo como objetivos: Determinar la influencia de hormonas enraizantes en la formación de raíces y desarrollo de esquejes de cacao CCN-51; identificar el efecto de los colores de cobertura sobre el enraizamiento y desarrollo; y establecer la mejor combinación de enraizante y cobertura, y su relación beneficio-costo. El estudio se realizó en el sector San José, La Troncal, mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 × 3 más testigo y tres repeticiones. Se evaluaron Hormodin 2, Hormodin 3 y Hormonagro, combinados con coberturas celeste, blanca y transparente. Se evaluó número de estacas prendidas, altura y número de brotes y longitud de raíz mediante ANOVA y Tukey al 5 % mediante Statistix 10. Hormodin 2 presentó mayor prendimiento y longitud de raíz, mientras que Hormodin 2 y Hormodin 3 registraron mayor altura. La cobertura transparente presentó mayor prendimiento, y la celeste favoreció altura de brote y longitud de raíz. El número de brotes no presentó diferencias estadísticas, T3 (Hormodin 2 + cobertura transparente) presentó el mayor número de estacas prendidas y mayor producción. Económicamente, T3 obtuvo el mayor beneficio neto ($498,00/ha) y relación beneficio-costo (5,44). Se concluye que esta combinación favoreció el prendimiento y rentabilidad de las estacas bajo las condiciones del estudio.

Palabras clave: Cacao CCN-51, hormonas, cobertura, estacas.

Abstract

Vegetative propagation of cacao (*Theobroma cacao* L.) enables the production of plants with desirable characteristics; however, cutting establishment, rooting, and subsequent development may be affected by the type of rooting hormone and environmental conditions during propagation. Therefore, this study aimed to (a) determine the influence of rooting hormones on root formation and the development of CCN-51 cacao cuttings, (b) identify the effect of cover colors on rooting and plant development, and (c) establish the most effective combination of rooting hormone and cover, together with its benefit–cost ratio. The study was conducted in the San José sector of La Troncal using a completely randomized design with a 3 × 3 factorial arrangement plus a control treatment and three replications. Hormodin 2, Hormodin 3, and Hormonagro were combined with light-blue, white, and transparent covers. The number of successfully established cuttings, shoot height, number of shoots, and root length were evaluated using analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's test at the 5% significance level, using Statistix 10. Hormodin 2 resulted in greater cutting establishment and root length, whereas Hormodin 2 and Hormodin 3 resulted in greater shoot height. The transparent cover resulted in greater cutting establishment, while the light-blue cover promoted shoot height and root length. No statistically significant differences were observed in the number of shoots. Treatment T3 (Hormodin 2 + transparent cover) resulted in the highest number of successfully established cuttings and the highest production. Economically, T3 yielded the highest net benefit (US$498.00/ha) and benefit–cost ratio (5.44). It is concluded that this combination promoted cutting establishment and profitability under the study conditions.

Keywords: CCN-51 cacao; rooting hormones; cover; cuttings.

ÍNDICE

Certificación ..... *III*

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad ..... *IV*

Agradecimientos ..... *V*

Dedicatoria ..... *VI*

Resumen ..... *VII*

Abstract ..... *VIII*

1. INTRODUCCIÓN *1*

2. MARCO TEÓRICO *2*

2.1 Antecedentes de la investigación **2**

2.2 Definición teórica de términos claves **4**

2.2.2 Taxonomía del cultivo 4

2.2.3 Descripción botánica 4

2.2.4 Propagación vegetativa 6

2.2.5 Factores que influyen en la propagación por esqueje 6

2.2.6 Hormonas 7

2.2.7 Ácido naftalenacético (NAA) (Hormonagro) 8

2.2.8 El ácido indol-3- butírico (AIB) (hormonagro 2 y 3) 8

2.2.9 Cobertura de vivero 9

3. MATERIALES Y MÉTODOS *11*

3.1 Localización **11**

3.2 Diseño del experimento **11**

3.3 Tratamientos evaluados **11**

3.4 Variables del estudio **12**

3.4.1 Variable independiente 12

3.4.2 Variables dependientes y métodos de medición 13

3.5. Desarrollo del experimento **14**

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN *16*

4.1 Variables agronómicas para el Factor A (Hormonas) 16

4.1.1 Número de estacas prendidas 16

4.1.2 Altura de brote 17

4.1.3 Número de brotes 18

4.2 Variables agronómicas para el Factor B (Color de cobertura) 20

4.2.1 Número de estacas prendidas 20

4.2.2 Altura de brote 21

4.2.3 Número de brotes 22

4.2.4 Longitud de raíz 23

4.3 Variables agronómicas para la interacción Ax B (Hormonas x Colores de cobertura). 24

4.3.1 Número de estacas prendidas 24

4.3.2 Altura de brote 26

4.3.3 Numero de brotes 28

4.3.4 Longitud de raíz 29

4.4 Análisis económico 30

5. CONCLUSIONES 32

6. RECOMENDACIONES 33

7. BIBLIOGRAFÍA 34

1. INTRODUCCIÓN

La propagación vegetativa del cacao es una técnica clave para la producción masiva de plantas con características genéticas deseables, especialmente en variedades de alto valor como el cacao CCN-51 (Ledesma, 2023). Sin embargo, su establecimiento se ve afectado por la baja capacidad de enraizamiento, la emisión irregular de brotes y la variabilidad en el desarrollo de las estacas, estos problemas están relacionados con el uso de reguladores de crecimiento y las condiciones de humedad, temperatura y luminosidad durante el proceso de propagación (Ferreira, 2026).

Para reducir las pérdidas durante la propagación vegetativa, es importante considerar el uso de hormonas que estimulen el enraizamiento de los esquejes, promoviendo la formación de un sistema radicular sano y vigoroso que facilite su establecimiento y posterior desarrollo (GeaSeeds, 2025).

De la misma manera, el uso de cobertura ayuda a mantener un microclima favorable con temperaturas adecuadas que favorecen el desarrollo de los esquejes, al modificar factores como temperatura, humedad relativa y disponibilidad de luz. Kim et al. (2025) demostraron que las variables ambientales influyen en el enraizamiento adventicio de estacas, evidenciando la importancia de mantener condiciones adecuadas durante el proceso de propagación.

Por lo que, con en la base en la problemática identificada, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿La aplicación de diferentes hormonas enraizantes y tipos de plásticos para cobertura influye en el desarrollo vegetativo de las estacas de cacao variedad CCN-51?.

En este sentido Vásquez et al. (2022) señalan que la propagación del cacao mediante estacas requiere condiciones ambientales favorables de humedad temperatura y luz las cuales, junto con la aplicación de reguladores de crecimiento, favorecen el establecimiento y desarrollo del material vegetal. En consecuencia, evaluar conjuntamente diferentes hormonas enraizantes y tipos de cobertura plástica resulta oportuno para determinar las condiciones que favorezcan el prendimiento, enraizamiento y desarrollo vegetativo de las estacas de cacao CCN-55.

Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos: Determinar la influencia de distintas hormonas enraizantes en la formación de raíces y desarrollo de los esquejes de cacao CCN-51 e identificar el efecto de los colores de plástico de cobertura en el enraizamiento de desarrollo de las estacas y establecer la mejor combinación de enraizante y cobertura para maximizar el enraizamiento y calidad de plantas, evaluando su costo-beneficio.

1. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Para sustentar la presente investigación, se revisó estudios relacionados con la propagación vegetativa del cacao, con énfasis en el uso de hormonas enraizantes y tipos cobertura encontrando que:

Curipoma et al. (2024) evaluaron el efecto de diferentes reguladores de crecimiento en la propagación de cacao clon EETP-800. En la propagación asexual mediante esquejes utilizaron ácido naftalenacético (ANA), comercializado como Hormonagro 1,72 %**,** en dosis de 0, 100, 200 y 400 ppm, el

estudio utilizó un diseño completamente al azar y análisis de varianza con comparación de medias mediante Tukey al 5%. Y como resultado los autores reportaron que no se obtuvo prendimiento de los esquejes, incluido el testigo**,** por lo que recomendaron evaluar otros métodos de propagación y hormonas.

Vásquez et al. (2022) valoraron la propagación de *Theobroma cacao* L. mediante estacas enraizadas en mini-túneles, aplicando un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos de ácido indol-3-butírico (AIB): 0, 1000, 2000 y 3000 ppm. Las estacas fueron colocadas en mini-túneles cubiertos con plástico blanco translúcido y sistema de nebulización. Los resultados mostraron que el tratamiento con 1000 ppm de AIB alcanzó el mayor porcentaje de enraizamiento (90 %), seguido del testigo con 87,7 %, mientras que las dosis superiores presentaron valores bajos. Concluyeron que el uso de mini-túneles permitió mantener condiciones favorables de humedad y temperatura para el enraizamiento de las estacas de cacao.

Osorio (2017) evaluó diferentes dosis de reguladores de crecimiento en la propagación vegetativa del clon de cacao CCN-51 mediante ramillas, utilizando ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB). El estudio se realizó bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro dosis: 0, 3500, 4000 y 4500 ppm. Los resultados mostraron que el tratamientolos tratamientos con hormonas alcanzon resultados favorables para las variables evaluadas destacandose T1: (3500 ppm de ANA + 3500 ppm de AIB), mientras que el tratamiento T0 presentó la mayor mortalidad a los 30 y 45 días. Concluyendo que la dosis más baja de reguladores de crecimiento evaluada favoreció el desarrollo vegetativo de las estacas de cacao CCN-51.

2.2 Definición teórica de términos claves

2.2.1 Origen del cacao

El género Theobroma es originario de la cuenca alta del río Amazonas que comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil, siendo en esta región donde la especie presenta la mayor variación (Silva et al., 2024).

Estudios arqueogenómicos recientes indican que *Theobroma cacao* fue traído por poblaciones humanas hace aproximadamente 5.000 años y que su dispersión hacia otras regiones estuvo relacionada con el intercambio y movimiento de poblaciones humanas, favoreciendo la mezcla genética y adaptación de la especie a nuevos ambientes (Nieves et al.,2023).

2.2.2 Taxonomía del cultivo

Tabla 1*. Descripción taxonómica del cultivo de cacao*

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Género	Theobroma
Especie	*Theobroma cacao L*

Fuente: (Méndez, 2023)**.**

2.2.3 Descripción botánica

El árbol de cacao puede alcanzar hasta 20 metros de altura cuando crece de forma silvestre en los bosques tropicales húmedos de América del Sur, en condiciones de cultivo, generalmente presenta una altura entre 6 y 8 metros, aunque algunas plantas pueden alcanzar hasta los 12 metros. Durante la

primera fase de desarrollo, el tallo crece de forma vertical durante aproximadamente 12 a 15 meses, para luego emitir de cuatro a cinco ramas secundarias con crecimiento horizontal, aunque el ángulo de desarrollo puede variar (Goñas, 2024).

Como especie cauliflora, el cacao presenta flores que brotan directamente del tronco y de las ramas más viejas, su sistema radicular puede alcanzar hasta 2 metros de profundidad y extenderse lateralmente hasta 6 metros, pero la mayor concentración de raíces secundarias se encuentra en los primeros 30 centímetros del suelo. Las hojas adultas son simples, membranosas, de borde entero y color verde coriáceo, tienen una base obtusa o atenuada, un ápice largamente acuminado y generalmente superan los 15 centímetros de largo y los 5 de ancho (Quirumbay, 2021).

Las flores son hermafroditas, de simetría radial, compuestas por cinco sépalos, cinco pétalos, estaminodios, estambres y lóculos, pueden aparecer solas o en racimos, y con el paso del tiempo forman cojinetes florales. El ovario tiene forma oblongo-ovoide, es pentagonal y está cubierto de vellosidades, debido a la naturaleza pegajosa del polen, la polinización depende de insectos específicos, aunque también puede realizarse de forma controlada (Aquino et al., 2026).

Los frutos, conocidos como mazorcas, son bayas que varían en forma, color, tamaño, rugosidad y grosor, según el genotipo, el ambiente y el manejo del cultivo. Pueden clasificarse en tipos como amelonado, calabacillo, angoleta o cundeamor (Cook, 2026).

2.2.4 Propagación vegetativa

Esquejes

La reproducción asexual de plantas mediante esquejes consiste en obtener brotes a partir de plantas madre, los cuales son sometidos a condiciones controladas en camas o cámaras enraizadoras para inducir la formación de raíces y el desarrollo de la parte aérea hasta consolidar una nueva planta. Sin embargo, no todos los brotes generados por la planta donadora son aptos para este proceso, los más adecuados para el enraizamiento son aquellos que provienen de ramas adultas con más de un año, especialmente los que se encuentran en la parte basal, ya que presentan mayor vigor y potencial de desarrollo (Reyes et al., 2023).

Siembra de los esquejes

Este procedimiento debe llevarse a cabo de forma inmediata tras la inmersión de los esquejes en sustancias enraizantes a una profundidad de entre 2 y 3 cm, procurando compactar el sustrato para proporcionar estabilidad al esqueje. Es fundamental evitar que las hojas basales queden en contacto con el sustrato, ya que la humedad puede inducir procesos de deterioro o pudrición (Arango et al., 2020).

2.2.5 Factores que influyen en la propagación por esqueje

Sombra. - Para la propagación vegetativa mediante ramillas, las condiciones de sombra deben ser de 85-95 % para estimular la formación de los primordios radiculares para que el establecimiento de la estaca de cacao sea

adecuado, es requisito fundamental que exista sombra que regule la luminosidad, las condiciones de temperatura que rodean la planta, el viento excesivo y evite deficiencias extremas de humedad en épocas de sequía (Osorio, 2017).

Humedad relativa y temperatura. – La humedad relativa es un factor crítico y determinante en la propagación asexual (o vegetativa) del cacao influyendo de forma directa en el enraizamiento de esquejes o estacas, estudios previos han indicado que el porcentaje óptimo de humedad relativa varía entre el 80 % y el 100 %. Mientras que la temperatura óptima para el crecimiento del cacao es cercana a los 25 °C (Vásquez et al., 2022).

Sustrato. - Los sustratos con alta retención de humedad y buenas propiedades de aireación son ideales para mejorar las tasas de germinación y el desarrollo inicial de las raíces. En estudios con cacao, se ha observado que la cascarilla de arroz, en combinación con materia orgánica, optimiza el crecimiento de las plántulas debido a su capacidad de aireación (Quiroz, 2024).

2.2.6 Hormonas

Se definen como sustancias químicas generadas dentro de las células vegetales que estimulan y modifican el crecimiento, el desarrollo y la diferenciación celular y tisular a bajas concentraciones. Se clasifican en auxinas, etileno, ácido abscísico, giberelinas y citoquininas, así como moléculas de señalización multifuncionales más recientes como el ácido salicílico y el ácido jasmónico (Agronotips, 2025).

Algunas de estas hormonas tienen un efecto más favorable que otras, dependiendo del proceso en el que intervienen, por ejemplo, las auxinas, son especialmente eficaces en la estimulación del enraizamiento de estacas, ya sea en especies con raíces preformadas o en aquellas que no las desarrollan de forma espontánea. Además, estas hormonas promueven el alargamiento celular, el crecimiento en longitud del tallo y la formación de raíces adventicias (Bailón, 2020).

Las sustancias más usadas y que ofrecen un buen enraizamiento dentro de un elevado índice de seguridad son:

2.2.7 Ácido naftalenacético (NAA) (Hormonagro)

Desempeña un papel fundamental en el desarrollo de raíces fuertes, ya que promueve la división celular y el crecimiento radicular, su capacidad para acelerar y potenciar el enraizamiento lo convierte en una herramienta valiosa, asegurando que las plantas recién propagadas desarrollen rápidamente una estructura radicular sólida. Además de sus beneficios para el enraizamiento, el NAA también ayuda a prevenir la caída prematura de frutos al estabilizar los niveles de auxina en las plantas, lo que permite una mejor retención de frutos y una mayor salud general de la planta, esto lo convierte en una hormona esencial tanto para la propagación como para aplicaciones agrícolas (Hormex, 2026).

2.2.8 El ácido indol-3- butírico (AIB) (hormonagro 2 y 3)

Es altamente efectivo para inducir la formación de raíces, especialmente en esquejes semileñosos, que suelen ser más difíciles de enraizar, estimula el crecimiento de nuevas raíces al promover la diferenciación celular en el sitio de

corte, facilitando así el establecimiento de las plantas. Gracias a su fiabilidad y consistencia en la promoción del desarrollo radicular, el AIB se ha convertido en una de las hormonas de enraizamiento más utilizadas en una amplia gama de especies vegetales, su capacidad para potenciar la formación de raíces, incluso en variedades difíciles de enraizar, lo convierte en una solución ideal tanto para cultivadores comerciales como para aficionados que buscan una propagación exitosa de plantas (Dora Agri, 2026).

2.2.9 Cobertura de vivero

Los plásticos usados son, en su mayoría, materiales poliméricos desarrollados para proporcionar propiedades específicas como durabilidad, transmisión de luz, aislamiento térmico y resistencia a los factores climáticos se clasifican por colores ya que este tiene un impacto significativo en la transmisión de luz y espectro de radiación que llega a las plantas (Frutícola, 2024).

Las coberturas modifican la luz, la temperatura, el viento y la humedad del entorno de la planta, factores que en cacao son determinantes porque la especie es de sotobosque y responde de forma diferenciada al régimen de temperatura y radiación (Aldana, 2023).

Plásticos transparentes: Estos son los más comunes porque permiten una alta transmisión de luz solar, esencial para el proceso de fotosíntesis, son ideales para cultivos que requieren mucha luz, como tomates, pimientos y pepinos (Vasyl, 2026).

Plásticos blancos o reflectantes: El blanco es uno de los colores con menor absorción de radiación solar, por tanto, menor conductividad térmica, lo

cual permite retener más de humedad en el suelo. Aunado a la reducción de temperatura, el acolchado también funcionó como una barrera que evitó la pérdida del vapor de agua, lo que ocasiona que este no escape y regrese a la superficie del suelo (Amare & Desta, 2021).

Plástico celeste: Actúa como cobertura fotoselectiva capaz de filtrar selectivamente la radiación solar interceptada, además de su función protectora, debido a que incorporan diversos cromóforos y elementos dispersores y reflectantes de la luz durante su fabricación, estas mallas están diseñadas para filtrar diversas bandas espectrales de la radiación solar y/o transformar la luz directa en luz dispersa. La manipulación espectral busca promover respuestas fisiológicas específicas, reguladas por la luz, mientras que la dispersión mejora la penetración de la luz modificada en el interior del follaje de la planta (Shahak, 2022).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El trabajo de investigación se realizó en el sector San José, cantón La Troncal, provincia de Cañar, a una altitud de 135 msnm, temperatura promedio de 20°C y 83% de humedad relativa. A una Latitud de -2,473830°, Longitud -79,390698° presenta un clima tropical mega térmico húmedo, caracterizado por una precipitación media anual de 1.548,6 mm.

3.2 Diseño del experimento

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3x3 más un testigo por 3 repeticiones, dando un total de 30 unidades experimentales

Tabla 2. *Esquema de análisis de varianza*

Fuentes de variación	Grados de libertad
Factor A (a-1)	2
Factor B (b-1)	2
Interacción A x B (a-1) (b-1)	4
Error Experimental (axb) (r-1)	18
Total (axbxr)-1	26

Fuente: (Ferreira, 2026).

3.3 Tratamientos evaluados

Los tratamientos que se evaluaron en este estudio salen de la combinación de factores dando un total de 9 unidades experimentales más 1 testigo absoluto

FA: Hormonas	**FB: Color de cobertura**
A1: Hormodin 2	B1: Celeste
A2: Hormodin 3	B2: Blanco
A3: Hormonagro	B3: Transparente

Tabla 3. *Descripción de los tratamientos experimentales utilizados en el estudio.*

Tratamientos	Código	Descripción
T1	A1B1	Hormodin 2 + cobertura celeste
T2	A1B2	Hormodin 2 + cobertura blanca
T3	A1B3	Hormodin 2 + cobertura transparente
T4	A2B1	Hormodin 3 + cobertura celeste
T5	A2B2	Hormodin 3 + cobertura blanca
T6	A2B3	Hormodin 3 + cobertura transparente
T7	A3B1	Hormonagro + cobertura celeste
T8	A3B2	Hormonagro + cobertura blanca
T9	A3B3	Hormonagro + cobertura transparente
T10	Testigo absoluto	Sin hormona y sin cobertura

Fuente: (Ferreira,2026).

3.4 Variables del estudio

3.4.1 Variable independiente

Tipos de hormonas y diferentes colores de cobertura.

3.4.2 Variables dependientes y métodos de medición

Número de estacas prendidas

Se contabilizo las estacas prendidas de los tratamientos luego del destape de los guachos que se realizó a los 60 días, las medidas se tomaron con una frecuencia de 60, 70, 80 y 90 días.

Altura de brote

Para la evaluación se seleccionaron al azar 10 plantas dentro del área de muestreo de cada tratamiento. La altura de las plantas se midió utilizando una cinta métrica desde la base del tallo hasta la punta del brote apical. Esta medición se realizó a los 75 días después de la siembra.

Número de brotes por estaca

Esta actividad se realizó mediante conteo directo en 10 plantas tomadas al azar de cada unidad experimental a los 75 días después de la siembra.

Longitud de raíz

Para la medición de la longitud de la raíz, se seleccionaron 10 plantas al azar dentro del área de muestreo correspondiente a cada tratamiento. La longitud radicular se midió a los 75 días después de la siembra utilizando una cinta métrica, desde la base del tallo hasta la punta de la raíz adventicia. Para esta evaluación, se retiró cuidadosamente el sustrato con el propósito de evitar daños en la estructura radicular y obtener una medición precisa.

a. Análisis estadístico

El análisis estadístico incluyó análisis de varianza (ANOVA), prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A, B y tratamientos (AXB) y análisis económico beneficio-costo para determinar la rentabilidad de cada combinación y para el análisis se utilizó el software statistix 10.

3.5. Desarrollo del experimento

Instalación del vivero: Se construyó una estructura de 15x10 m con malla de sombra al 75%, antes de establecer el vivero, se eliminó cualquier tipo de rastrojo del terreno y se niveló la superficie manteniendo una pendiente entre el 3% y el 5%, lo cual facilita el drenaje y evita acumulaciones de agua. La estructura del vivero tuvo una altura de aproximadamente 2,20 metros, se implementaron medidas para controlar el ingreso de animales y barreras contra el viento.

Mezclado de sustrato y llenado de fundas: Se mezcló el sustrato con tamo de arroz para obtener un buen sustrato con abono, posterior se llenaron las fundas de polietileno (dimensiones de 5 x 8 pulgadas) con el sustrato obtenido, armando pequeños tramos de 1000 fundas. Las camas de siembra tuvieron un ancho mínimo de 1,2 metros y una longitud máxima de 15 metros.

Riego, huequeado y arenado: Se procedió a regar cada tramo para que la funda con el sustrato se ponga suave para poder hacer el respectivo hueco en cada funda y así proceder con el último paso que es el arenado y esperar el día de la siembra.

Selección y clasificación de esquejes: Se seleccionó una finca en óptimas condiciones sanitarias y se seleccionaron los esquejes en mejor estado, provenientes de ramas adultas con más de un año.

Aplicación de hormonas y siembra: Se aplicó la hormona correspondiente según tratamiento, después de todo el procedimiento del riego, huequeado y arenado se necesita hacer un pequeño hueco con el dedo índice para poder sembrar el esqueje y después taparlo para que quede firme y sea una buena siembra.

Cobertura con plástico: Se cubrió cada tratamiento con el plástico de color asignado (celeste, blanco o transparente) para formar un microclima durante 2 meses. El calor dentro del plástico genera vapor que mantiene húmedos los esquejes y favorece la formación de raíces.

Evaluación: Se registraron las variables a los 60, 70, 80 y 90 días después de la siembra una vez retiradas las coberturas. Se contabilizaron las estacas prendidas, se midió la altura de brote con cinta métrica desde la base hasta el ápice, se contabilizaron los brotes por estaca, y se midió la longitud de la raíz adventicia desde la base hasta la punta.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables agronómicas para el Factor A (Hormonas)

4.1.1 Número de estacas prendidas

Tabla 4*. Promedio de estacas prendidas en función de la hormona aplicada y el tiempo de evaluación.*

Factor A (Hormonas)	Números de estacas prendidas Días de evaluación			
	60	**70**	**80**	**90**
A1: Hormodin 2	42,89 a	41,00 a	38,88 a	38,88 a
A2: Hormodin 3	37,44 b	30,77 b	30,55 b	30,55 b
A3: Hormonagro	34,00 c	26,44 c	26,22 c	26,22 c

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes (p<0.05). Fuente: (Ferreira,2026).

La variable número de estacas prendidas presentó diferencias entre las hormonas aplicadas. A1: Hormodin 2 obtuvo los mayores promedios durante todo el periodo de evaluación, seguido por A2: Hormodin 3 mientras que A3: Homonagro registro los valores más bajos en todo el periodo de evaluación. Las diferencias entre Hormonas evaluadas dependen del tipo y concentración de auxinas presentes en cada producto, debido a que estas sustancias influyen directamente en la formación y desarrollo de raíces. En este sentido, se deduce que Hormodin 2, al contener una mayor concentración de auxinas, presentó una respuesta superior en la variable evaluada en comparación con Hormodin 3 y Hormonagro, bajo las condiciones en las que se desarrolló el ensayo.

Estos resultados coinciden con Zamora et al, (2022) quienes señalaron que la respuesta de las estacas de cacao a las auxinas depende de la concentracion aplicada, encontrando mejores resultados en dosis bajas de AIB, mientras que concentraciones superiores disminuyeron el enraizamiento.

4.1.2 Altura de brote

Tabla 5. *Promedios de altura de brote en respuesta a las hormonas aplicadas.*

Factor A (Hormonas)	**Altura de brote (cm) Días de evaluación 75 días**
A1: Hormodin 2	12,00 a
A2: Hormodin 3	12,00 a
A3: Hormonagro	10.22 b

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($p<0.05$). Fuente: (Ferreira,2026).

A los 75 días de evaluación, la variable altura de brote mostró un comportamiento diferente según la hormona utilizada, A1: Hormodin 2 y A2: Hormodin 3, registraron el mayor promedio con 12,00 cm. Mientras que A3: Hormonagro presentó el menor promedio alcanzando 10,22 cm. La diferencia se debe a la composición y concentración de auxinas presentes en cada hormona, las cuales generan una respuesta fisiológica diferente en las plantas.

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con lo mencionado por Méndez (2023) quien evaluó el efecto de enraizadores que contenían ácido indolbutírico (AIB) en la propagación vegetativa de cacao, considerando variables relacionadas con el crecimiento de las plantas entre ellas la altura, al

finalizar el estudio concluyeron que la aplicación del ácido indolbutírico influye en el enraizamiento y el crecimiento vegetativo.

Asimismo, Bailón, (2020) menciono que las hormonas tienen efectos diferentes, dependiendo del proceso en el que intervienen, por ejemplo, las auxinas, son especialmente eficaces en la estimulación del enraizamiento de estacas y alargamiento celular. Deduciendo que los resultados obtenidos se relacionan con lo mencionado por el autor, debido a que se registró diferencias entre las hormonas evaluadas.

4.1.3 Número de brotes

Tabla 6*. Promedios de número de brotes en respuesta a las hormonas evaluadas.*

Factor A **(Hormonas)**	**Número de brotes** **Días de evaluación** **75 días**
A1: Hormodin 2	1 a
A2: Hormodin 3	1 a
A3: Hormonagro	1 a

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($p<0.05$). Fuente: (Ferreira,2026).

La variable número de brotes no presentó diferencias estadísticas es decir que las hormonas evaluadas no influyeron en la estimulación de brotes.

Estos resultados coinciden con Aquino et al, (2026) quienes realizaron una investigación sobre tres hormonas con el mismo ingrediente activo utilizadas en esta investigacion, en la propagación asexual de *Hippophae rhamnoides*, al analizar la variable número de brotes los autores no encontraron diferencias significativas entre las hormonas sinteticas evaluadas lo que respalda los resultados obtenidos en el presente estudio.

4.1.4 Longitud de raíz

Factor A (Hormonas)	Longitud de raíz Días de evaluación 75 días
A1: Hormodin 2	15,33 a
A2: Hormodin 3	15,00 a
A3: Hormonagro	12,00 b

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes (p<0.05). Fuente: (Ferreira,2026).

El análisis estadístico de este variable registró diferencias entre las hormonas evaluadas obteniendo que A1: Hormodin 2 alcanzo la mayor longitud de raíz con un promedio de 15,33 cm, seguido por A2: Hormodin 3 con 15,00 cm. Por otro lado, A3: Hormonagro presentó un menor desarrollo radicular con 12,00 cm mostrando diferencias entre las hormonas evaluadas.

Estos resultados coiciden con lo reportado por Flores et al. (2024) quienes reportaron que el desarrollo de la longitud de la raiz depende de la composicion y concentracion de las hormonas, encontrando que los mayores valores obtuvieron con el ácido indolbutírico en dosis bajas. En esta investigacion Hormodin 2 tiene baja concentracion de ácidoindol butirico y obtuvo la mayor longitud de raíz.

4.2 Variables agronómicas para el Factor B (Color de cobertura)

4.2.1 Número de estacas prendidas

Tabla 7*. Resultados de la prueba de tukey para el factor b (color de cobertura) en la variable número de estacas prendidas a los 60,70,80,90 días.*

Factor B (Color de cobertura)	Números de estacas prendidas Días de evaluación			
	60	**70**	**80**	**90**
B1: Cobertura celeste	42,56 a	34,22 b	32,44 b	32,44 b
B2: Cobertura Blanco	28,33 b	24,89 c	24,67 c	24,67 c
B3: Cobertura transparente	43,44 b	39,11 a	38,56 a	38,56 a

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes (p<0.05). Fuente: (Ferreira,2026).

El análisis de los diferentes colores de cobertura mostro diferencias significativas en la variable evaluada indicando que el mayor número de estacas prendidas correspondió B3: Cobertura transparenté alcanzando 43,44 los 60 días y manteniéndose con 38,56 a los 80 y 90 días. La cobertura celeste mostro valores intermedios, mientras que la cobertura blanca presentó el menor número de estacas prendidas durante todo el periodo de evaluación. El mayor numero de estacas prendidas bajo la cobertura transparente se atribuye a la mayor transmisión de radiación solar, favoreciendo condiciones adecuadas de luz, temperatura y humedad que influyen y desarrollo de las estacas, en cambio la cobertura blanca y celeste reducen la radiación que llega a las estacas lo que explica el menor porcentaje de prendimiento observado (Ferreira, 2026).

Los resultados de esta investigacion coinciden con lo señalo por Gardini et al. (2021) quienes encontraron que modificar la cantidad de luz produce

respuestas diferentes en el crecimiento y fisiologia del cacao. Asi mismo Kim et al. (2025) determinaron que la luz, la temperatura y la humedad relativa son factores ambientales que influyen en el enraizamiento de estacas, destacando que las condiciones ambientales adecuadas favorecen la formacion de raices adventicias.

4.2.2 Altura de brote

***Tabla 8**. Resultados de la prueba de tukey para el factor b (color de cobertura) en la variable altura de brote a los 75 días.*

Factor B **(Color de cobertura)**	**Altura de brote (cm)** **Días de evaluación** **75 días**
B1: Cobertura celeste	12,44 a
B2: Cobertura Blanco	10,44 b
B3: Cobertura transparente	11,33 b

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($p<0.05$). Fuente: (Ferreira,2026).

Los colores de cobertura evaluados presentaron diferencias a los 75 días en la altura de brote, indicando que la cobertura celeste presentó la mayor altura de brote con un promedio de 12,44 cm, seguido de B3: Cobertura transparente con 11,33 cm mientras que el B2: Cobertura blanco obtuvo un 10,44 cm siendo el valor más bajo en relación a la altura del brote.

Este comportamiento está relacionado con las condiciones de humedad y radiación generadas bajo la cobertura celeste, las cuales pudieron favorecer el desarrollo radicular y, consecuentemente, una mayor disponibilidad de agua y nutrientes para el crecimiento de los brotes. Este resultado tiene relación con lo reportado por Shahak (2022), quien indica que las coberturas fotoselectivas pueden modificar la calidad y distribución de la radiación solar mediante la

filtración y dispersión de determinadas bandas espectrales, generando respuestas fisiológicas diferenciadas en las plantas y favoreciendo determinados procesos de crecimiento, lo que podría explicar la mayor elongación de los brotes observada bajo la cobertura celeste en las condiciones de la presente investigación.

4.2.3 Número de brotes

Tabla 9. *Resultados de la prueba de tukey para el factor b (color de cobertura) en la variable Numero de brotes a los 75 días.*

Factor B **(Color de cobertura)**	**Número de brotes** **Días de evaluación** **75 días**
B1: Cobertura celeste	1,22 a
B2: Cobertura Blanco	1,11 a
B3: Cobertura transparente	1,11 a

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($p<0.05$). Fuente: (Ferreira,2026).

La variable número de brotes no presentó diferencias estadísticas es decir que los colores de cobertura no influyeron en esta variable. Esto podría explicarse porque la emisión de brotes está determinada principalmente por factores fisiológicos propios de la estaca, como su estado de madurez y disponibilidad de reservas.

Contrastando con lo mencionado por Widiayani et al.(2024) que la respuesta de brotación depende de diversos factores fisiológicos y de manejo, además de las condiciones proporcionadas por la cobertura.

4.2.4 Longitud de raíz

Tabla 10*. Resultados de la prueba de tukey para el factor b (color de cobertura) en la variable Longitud de raíz a los 75 días.*

Factor B **(Color de cobertura)**	**Longitud de raíz** **Días de evaluación** **75 días**
B1: Cobertura celeste	15,00 a
B2: Cobertura Blanco	13,57 b
B3: Cobertura transparente	13,78 b

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes (p<0.05). Fuente: (Ferreira,2026).

Los resultados de longitud de raíz obtenidos a los 75 días muestran diferencias significativas entre los colores de cobertura, registrando que B1: Cobertura celeste destacó con un promedio de longitud de 15,00 cm, seguido del B3: cobertura transparente con 13,78 cm, siendo el B2: Cobertura blanca el que obtuvo el menor promedio de13,57 cm. Estos resultados podrían estar relacionados con la entrada de luz y microclima generados por cada cobertura.

Sin embargo, este comportamiento coincide con lo reportado por Kohl et al (2024) quienes mencionaron que la disponibilidad de radiación y las condiciones ambientales influyen en el desarrolllo de las raices. Asi mismo, Zamora et al. (2022) manifestaron que la longitud de las raíces en estacas de cacao, varían según las condiciones de propagación y el tratamiento aplicado. Confirmando que el desarrollo radicular responde a múltiples factores y no únicamente al tipo de cobertura.

4.3 Variables agronómicas para la interacción Ax B (Hormonas x Colores de cobertura).

4.3.1 Número de estacas prendidas

Tabla 11*. Resultados de la prueba de tukey para tratamientos A x B en la variable número de estacas prendidas a los 60,70,80,90 días.*

Tratamiento (AxB)	Números de estacas prendidas Días de evaluación			
	60	**70**	**80**	**90**
T1: A1B1	44,33 ab	42,33 ab	37,67 ab	37,67 ab
T2: A1B2	37,67 b	36,00 abcd	35,33 b	35,33 abcd
T3: A1B3	46,67 a	44,67 a	43,67 a	43,67 a
T4: A2B1	41,00 ab	27,67 d	27,33 cd	27,33 cd
T5: A2B2	29,33 c	27,00 d	27,00 d	27,00 d
T6: A2B3	42,00 ab	37,67 abc	37,33 ab	37,33 abc
T7: A3B1	42,33 ab	32,67 cd	32,33 bcd	32,33 bcd
T8: A3B2	18,00 d	11,67 e	11,67 e	11,67 e
T9: A3B3	41,67 ab	35,00 bcd	34,67 bc	34,67 abcd
T10: Testigo	00,00 e	00,00 f	00,00 f	00,00 f
MG	38,11	32,74	31,89	31,89
CV%	7,00	9,66	8,34	11,29

MG = Media general, CV = Coeficiente de variación; Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes (p<0.05). Fuente: (Ferreira,2026).

La interacción entre hormonas y color de cobertura (AxB) mostró diferencias en el número de estacas prendidas durante el periodo de evaluación. Registrando que el tratamiento T3:A1B3 (Hormodin 2 + cobertura transparente) presentó los valores más altos a los 60, 70, 80 y 90 días. Seguidos de lo demás tratamientos como se muestra en la tabla 11, mientras que el menor número de estacas prendidas correspondió al T10 (testigo) durante todo el periodo de evaluación. El resultado obtenido podría explicarse por el efecto combinado de la auxina presente en hormodin 2 y las condiciones ambientales generadas por la cobertura trasparente.

Los resultados de esta investigación presentan similitud con los obtenidos por Vásquez et al (2022) quienes manifestaron que el uso de mini-túneles cubiertos con plástico, junto con un adecuado control de humedad y temperatura, permitió obtener altos porcentajes de supervivencia y enraizamiento en estacas de cacao. De manera complementaria Hormex (2026) señala que las auxinas desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de raíces, ya que promueve la división celular y el crecimiento radicular, asegurando que las plantas recién propagadas desarrollen rápidamente una estructura radicular sólida.

4.3.2 Altura de brote

Tabla 12. *Resultados de la prueba de tukey para tratamientos A x B en la variable Altura de brote a los 75 días.*

Tratamiento AxB	Altura de brote Días de evaluación 75 días
T1: A1B1	13,667 a
T2: A1B2	10,000 d
T3: A1B3	12,333 abc
T4: A2B1	13,000 ab
T5: A2B2	11,33 bcd
T6: A2B3	11,667 abcd
T7: A3B1	10,667 cd
T8: A3B2	10,000 d
T9: A3B3	10,000 d
T10: Testigo	00,00 e
MG	11,41
CV%	6,96

MG = media general, CV = coeficiente de variación; Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($p<0.05$). Fuente: (Ferreira,2026).

A los 75 días de evaluación, se evidenció una diferencia en la altura de los brotes entre los tratamientos evaluados. El T1:A1B1 (Hormodin 2 + cobertura celeste) presentó la mayor una altura promedio de 13,67 cm seguido de los otros tratamientos evaluados, que presentaron valores inferiores, mientras que T10 (testigo) no presentó estacas prendidas durante la evolución, por esta razón no fue posible evaluar altura de brote.

La diferencia observada en el tratamiento 1 se debe a la combinación de los factores estudiados ya que las auxinas presentes en hormodin 2 influyeron directamente en el desarrollo de los brotes. En este sentido, Widiayani et al.

(2024), al evaluar diferentes concentraciones de auxina y citocinina en estacas de cacao, encontraron que la aplicación de auxina favoreció el éxito del enraizamiento y parámetros relacionados con el crecimiento de los brotes, lo que respalda la influencia de este regulador en el desarrollo vegetativo de las estacas.

Así mismo, Aldana (2023) mencionó que las coberturas modifican la intensidad de luz, la temperatura, el viento y la humedad del entorno de la planta, factores que en cacao son determinantes. Estos antecedentes permiten deducir que la mayor altura del brote registrada en el T1:A1B1 (Hormodin 2 + cobertura celeste) está influenciada por la concentración de auxina y las condiciones microambientales generadas por la cobertura evaluada.

4.3.3 Numero de brotes

Tabla 13. *Resultados de la prueba de tukey para tratamientos A x B en la variable Número de brote a los 75 días.*

Tratamiento A*B	Número de brotes Días de evaluación 75 días
T1: A1B1	1,33 a
T2: A1B2	1,00 a
T3: A1B3	1,33 a
T4: A2B1	1,33 a
T5: A2B2	1,33 a
T6: A2B3	1,00 a
T7: A3B1	1,00 a
T8: A3B2	1,00 a
T9: A3B3	1,00 a
T10: Testigo	00,00 a
MG	1,15
CV%	33,52

MG = media general, CV = coeficiente de variación; Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($p<0.05$). Fuente: (Ferreira,2026).

En cuanto al número de brotes los resultados obtenidos a los 75 días mostraron similitud entre los tratamientos evaluados, es decir que las hormonas y los colores de cobertura no influyeron en esta variable estudiada.

4.3.4 Longitud de raíz

Tabla 14*. Resultados de la prueba de tukey para tratamientos A x B en la variable Longitud de raíza los 75 días.*

Tratamiento A*B	Longitud de raíz Días de evaluación 75 días
T1: A1B1	16,33 a
T2: A1B2	14,33 ab
T3: A1B3	15,33 a
T4: A2B1	16,33 a
T5: A2B2	14,33 ab
T6: A2B3	14,33 ab
T7: A3B1	12,33 bc
T8: A3B2	12,00 bc
T9: A3B3	11,67 c
T10: Testigo	00,00 d
MG	14,11
CV%	6,10

MG = media general, CV = coeficiente de variación; Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($p<0.05$). Fuente: (Ferreira,2026)

El análisis estadístico para la variable longitud de la raíz a los 75 días registró diferencias entre los tratamientos evaluados. T1:A1B1 (Hormodin 2 + cobertura celeste) y T4:A2B1 (Hormodin 3 + cobertura celeste) registraron la mayor longitud de raíz, con un valor promedio de 16,33 cm seguido de los demás tratamientos evaluados, mientras que el testigo no presento desarrollo radicular.

Los resultados obtenidos permiten inferir que la acción de las auxinas presentes en Hormodin 2 y Hormodin 3, las cuales favorecen la formación y

elongación de raíces adventicias, más las condiciones ambientales generadas por la cobertura celeste, contribuyeron a mantener un ambiente favorable para el enraizamiento.

Estos resultados presentan similitud con lo reportado por Vásquez et al. (2022), quienes evaluaron la propagación de estacas de cacao en mini-túneles cubiertos con plástico registrando que este sistema permitió mantener condiciones favorables para el enraizamiento y crecimiento de las estacas, asimismo, observaron diferencias en la longitud de las raíces de acuerdo con las dosis de ácido indol-3-butírico aplicadas, lo que evidencia que tanto el tratamiento hormonal como las condiciones ambientales durante la propagación influyeron en el desarrollo radicular de las estacas de cacao.

4.4 Análisis económico

Tratamientos	producción de plántulas	Ingreso bruto	Costos que varían /Tratamiento $/Ha	Total, beneficios netos	Relación Beneficio Costo RB/C
T1: A1B1	1130	508,5	91,5	417	4,56
T2: A1B2	1060	477	91,5	385,5	4,21
T3: A1B3	1310	589,5	91,5	498	5,44
T4: A2B1	820	369	83,16	285,84	3,44
T5: A2B2	810	364,5	83,16	281,34	3,38
T6: A2B3	1120	504	83,16	420,84	5,06
T7: A3B1	970	436,5	76,5	360	4,71
T8: A3B2	350	157,5	76,5	81	1,06
T9: A3B3	1040	468	76,5	391,5	5,12
T10: Testigo	0	0	68,5	-68,5	-1,00

Fuente: (Ferreira,2026).

El análisis económico mostró que el tratamiento T3 (Hormodin 2 + cobertura transparente) presentó el mayor beneficio neto, con $498,00/ha, y la relación beneficio/costomás alta, con 5,44, lo que indica que por cada dólar

invertido se obtuvo $5,44 de retorno, seguido por T9 (Hormonagro + cobertura transparente), que alcanzó una relación beneficio/costo de 5,12, mientras que T6 (Hormodin 3 + cobertura transparente) registró 5,06, T1 (Hormodin 2 + cobertura celeste) 4,56; T2 (Hormodin 2 + cobertura blanca) 4,21, T4 (Hormodin 3 + cobertura celeste) 3,44; T5 (Hormodin 3 + cobertura blanca) 3,38; T7 (Hormonagro + cobertura celeste) 4,71; mientras que T8 (Hormonagro + cobertura blanca) obtuvo el menor beneficio neto entre los tratamientos con producción, con $81,00/ha y una relación beneficio/costo de 1,06. En contraste, T10 (testigo absoluto: sin hormona y sin cobertura) presentó un beneficio neto negativo de -$68,50/ha, debido a que no se obtuvo producción de plántulas y los costos superaron los ingresos. Sin embargo, los tratamientos que utilizaron cobertura transparente (T3, T6 y T9) presentaron las relaciones beneficio/costo más altas, lo que podría estar relacionado con la mayor producción de plántulas obtenida bajo esta cobertura y, consecuentemente, con mayores ingresos brutos.

. Por ello, se recomienda considerar estos tratamientos como una alternativa económicamente viable para la producción de plántulas de cacao bajo las condiciones del presente estudio.

4. CONCLUSIONES

Las hormonas enraizantes influyeron en el prendimiento y desarrollo radicular de las estacas de cacao CCN-51, siendo el hormodin 2 el que presentó los mayores promedios de estacas prendidas, altura de brote y longitud de raíz durante el periodo de evaluación.

Los colores de cobertura modificaron el comportamiento de las estacas de cacao mostrando que la cobertura transparente presentó el mayor número de estacas prendidas y la cobertura celeste favoreció la altura de brote y la longitud de raíz.

La combinación entre hormona y color de cobertura influyó en el prendimiento y desarrollo radicular de las estacas de cacao, destacándose T3 (Hormodin 2 + cobertura transparente) por presentar el mayor número de estacas prendidas y T1 (Hormodin 2 + cobertura celeste) presentó la mayor altura de brote y longitud de raíz coincidiendo con T4 (Hormodin 3 + cobertura celeste) que también obtuvo mayor longitud de raíz.

El análisis económico mostró diferencias entre las combinaciones evaluadas. El tratamiento T3 (Hormodin 2 + cobertura transparente) registró el mayor un beneficio neto y beneficio/costo. esto evidencia que, bajo las condiciones del ensayo, esta combinación presentó un comportamiento productivo y económico favorable para la propagación de estacas de cacao CCN-51.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar Hormodin 2 en la propagación vegetativa de estacas de cacao CCN-51, debido a que presentó los mayores promedios de estacas prendidas, altura de brote y longitud de raíz durante el periodo de evaluación.

Asimismo, se recomienda emplear cobertura transparente durante la fase de establecimiento de las estacas, especialmente cuando el objetivo principal sea favorecer el prendimiento, ya que esta cobertura presentó el mayor número de estacas prendidas bajo las condiciones del ensayo.

Para favorecer el crecimiento de los brotes y el desarrollo radicular, se recomienda considerar la cobertura celeste, particularmente en combinación con Hormodin 2. También considerar la combinación T3 (Hormodin 2 + cobertura transparente) como una alternativa para la propagación de estacas de cacao CCN-51, debido a que presentó el mayor beneficio neto y beneficio/costo.

Así como realizar nuevos ensayos en diferentes épocas del año y condiciones ambientales, evaluando otras concentraciones de hormonas y colores de cobertura.

6. BIBLIOGRAFÍA

GeaSeeds. (2025). *Hormonas enraizantes.* https://geaseeds.com/bl og/hormonas -enraizantes/

Agronotips. (2025). *Las fitohormonas y su importancia en la producción agrícola.* https://www.portalfruticola.com/noticias/2025/10/31/fitohormo nas/

Aldana, M., Bustos, Y., Espinoza, L., & Ramírez, Á. (2023). Influence of temperature and pH during cacao mucilage exudate concentration on cacao syrup composition. *International Journal of Food Science and Technology, 58*(12), pp, 6817-6824. https://doi.org/10.1111/ijfs.16677

Amare, G., & Desta, B. (2021). *Acolchados plásticos de colores: impacto en las propiedades del suelo y la productividad de los cultivos.* https://link.springer.com/article/10.1186/s40538-020-00201-8

Aquino, V., Quispe, P., Flores, M., & Martinez., F. (2026). Evaluación de tres tipos de hormonas enraizantes en la propagación asexual de la Espina de Mar (Hippophae rhamnoides Linn.) en el Centro Experimental de Cota Cota. *3*(1). 10.71068/w8md8x84

Arango, G., Arana, Á., Lombo, D., Cañar, D., & Vásquez, M. (2020). Infuencia del diámetro en los esquejes basales para la propagación vegetativa de granado (Punica granatum) en condiciones de vivero. *Centro de Investigaciones Agropecuaria, ISSN: 0253-5785, 47*(3), pp,5-13. https://www.researchgate.net/publication/349694897_Propagacion_vegeta tiva_de_Granado_Punica_granatum_mediante_esquejes_basales_en_co ndiciones_agroecologicas_de_Palmira_Valle_del_Cauca

Arreaga, A. (2022). *Efecto de la aplicacion de dos biofertilizantes en plantulas de viveros de cacao (Theobroma cacao L.) en el sector de Naranjal.* Universidad Agraria del Ecuador.

Bailón, R. (2020). *Evaluación de tres enraizantes naturales en la reproducción asexual de Maclura tinctoria (L.) D. Don ex Steud y Swietenia macrophylla en vivero.* Universidad Estatal del Sur de Manabi.

Cobeña, J., & Paz, S. (2023). *Propagación vegetativa de cacao (Theobroma cacao L.) mediante estacas con la implementación de tres sustancias enraizantes en la parroquia La Unión del Cantón Valencia.* La Maná, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Cook, R. (2026). *Cacao*. https://www.britannica.com/plant/cacao

Crespo, D. (2021). *Evaluación del efecto de tres hormonas naturales en el enraizamiento de estacas de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51, en el recinto Zhucay, en la provincia del Cañar.* Milagro, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.

Crespo, F. (2021). *Evaluación del efecto de tres hormonas naturales en el enraizamiento de estacas de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51, en el recinto Zhucay, en la Provincia del Cañar.* Universidad Agraria del Ecuador.

Curipoma, I. G., & Través, J. G. (2024). *Efecto de reguladores de crecimiento en la propagación de cacao (Theobroma cacao L.) clon EETP-800, en la estación Experimental El Padmi, provincia de Zamora Chinchipe.*

https://agris.fao.org/search/en/providers/124878/records/68515fd953e52c13fc76533d

Dora Agri. (2026). *Ácido Indol-3-Butírico (AIB).*https://es.doraagri.com/product/indole-3-butric-acid/

Frutícola, P. (2024). *Los tipos de plásticos más comunes en los invernaderos.* https://www.portalfruticola.com/noticias/2024/09/27/tipos-de-plasticos-en-los-invernaderos-colores-y-grosor/

García, I. (2024). *Efecto de reguladores de crecimiento en la propagación de cacao (Theobroma cacao L.) clon EETP-800, en la estación Experimental El.* Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

Gardini, E. A., Farfán, A., Barraza, F., O, C., Hernández, A., Cernadas, L. B., . . . C., B. V. (2021). Crecimiento, respuestas fisiológicas, eficiencia en la absorción de nutrientes y tolerancia a la sombra de genotipos de cacao bajo diferentes tonalidades. *11*(8). https://doi.org/10.3390/agronomy1 1081536

Goñas, R. (2024). *Caracterización morfológica de cuatro clones promisorios de cacao (Theobroma cacao L.) en el distrito de Imaza, Provincia de Bagua-Amazonas, 2024.* https://repositorio.une.edu.pe/entities/publication /4734a924-5f51-4c0e-bf1d-5fc77df7dd35

Guncay, G. (2020). *Costos de instalación y mantenimiento de un vivero de cacao (Theobroma cacao) CCN-51 en la zona de Babahoyo.* Universidad Técnica de Babahoyo.

Hormex. (2026). *Comprensión de las hormonas de enraizamiento vegetal: IBA y NAA.* https://hormex.com/blogs/plant-growth-101-blog/under standing-plant-rooting-hormones-iba-and-naa

Kim, B., Hahm, S., Lee, Y., Bok, G., & Park., J. (2025). La luz, la temperatura y la humedad relativa influyen en el enraizamiento adventicio de los esquejes de tallo de cannabis. *43*(4). https://doi.org/10.7235/HORT.20250043

Kohl, T., Niether, W., & Abdulai, y. (2024). *Impacto de las especies comunes de árboles de sombra en el microclima y el crecimiento del cacao en sistemas agroforestales en Ghana.* Sistemas agroforestales: https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-024-01029-z

Ledesma, A. (2023). *“Efecto de cuatro hormonas enraizantes sobre varetas de cacao (Teobroma cacao L.) de la variedad CNN-51 en la zona de Babahoyo provincia Los Ríos.* https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2629aa5c-3e99-43f3-83b0-1f4f21cb91fe/content

Ledesma, J., & Lombeida, E. (2023). *Efecto de cuatro hormonas enraizantes sobre varetas de cacao (Teobroma cacao L.) de la variedad CNN-51 en la zona de Babahoyo, provincia Los Ríos.* FAO.

Luz Mery Flores Terán, Y. A. (2024). Evaluación de enraizadores en varetas de cacao (Theobroma cacaoL.) con tres cortes de hoja tolerantes a monilia, Estacion Experimental Sapecho. *10*(2). https://doi.org/10.53287/qpot5736uu86m

Méndez, J. (2023). *Evaluación de enraizadores inorgánicos en esquejes de cacao (Theobroma cacao L.), Guayas, Ecuador.* Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.

Méndez, J. M. (2023). *Evaluacion de enraizadores inorganicos en esquejes de cacao (Theobroma cacao L.), Guayas, Ecuador.* chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MENDEZ%20CHALEN%20JOAN%20MICHAEL.pdf

Naula, A. (2023). *Manejo de moniliasis (Moniliophthora roreri) con aceite ionizado en cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) Cantón Milagro, Guayas.* Universidad Agraria del Ecuador.

Nieves, H., Krutovsky, K. V., & Gailing, O. (2023). *Distribución geográfica, conservación y recursos genómicos del cacao Theobroma cacao L.* https://doi.org/10.1002/csc2.20959

Osorio, F. J. (2017). *Efecto de reguladores de crecimiento en la propagación vegetativa del clon de cacao CCN-51 (Theobroma cacao L.) por medio de ramillas en Mocache.* https://repositorio.uteq.edu.ec/items/6 1be3619-f7ea-42e0-8dc4-17235090cbf4

Ponce, I., & Reyes, J. (2023). *Pectimorf®, una alternativa en la regeneración de plantas de cacao (Theobroma cacao L.).* Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Quiroz, A. (2024). *Análisis comparativo del efecto de tres sustratos, sobre la germinación de Cacao (Teobroma cacao v. Amanavén) bajo condiciones de vivero, en el municipio de Inírida Guainía.*

https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/16e6c3af-55e1-47cc-9727-c3689f5667ac/content

Quirumbay, J. (2021). *Estudio de factibilidad para la producción de cacao Theobroma cacao L. variedad CCN-51 en la parroquia Colonche,provincia Santa Elena.* https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/c ore/bitstreams/ 287e8a10-4ced-4c68-9ac8-b7c8fa434fa7/content

Ramirez, A., Cedeño, P., Montaño, J., Gallo, N., Novillo, J., Mendoza, M., & Eguez, E. (2024). *Evaluación de distintas coberturas vegetales en una plantación de cacao (Theobroma cacao L.) clon CCN-51.* FAO.

Reyes, J., Llerena, L., Torres, J., & Hernández, L. (2023). Optimización de la dosis de oligogalacturónidos en la propagación vegetativa de dos clones de cacao (Theobroma cacao L.), bajo condiciones controladas en vivero. *Terra Latinoamericana, ISSN 2395-8030, 41*(2), pp,1-12. https://doi.org/ 10.28940/ terra.v41i0.1648

Shahak, Y. (2022). *Mallas fotoselectivas para mejorar el rendimiento de cultivos hortícolas. Una revisión de estudios realizados en israel sobre plantas ornamentales y hortalizas.* https://doi.org/10.17660/ Acta Hortic.2022.770.18

Silva, M. V., Richardson, J. E., Figueira, A., & Pirani, J. R. (2024). *Influencia humana en la distribución del cacao: perspectivas desde la teledetección y la biogeografía.* https://link.springer.com/article/10. 1007/s10531-023-02777-7

Solís, V., & Reyes, J. (2022). *Quitosano en regeneración de plantas de cacao obtenidas por propagación vegetativa.* Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo UTEQ.

Vásquez, L. M., Águila, S. R.-D., Abad, J. C., Torres, G. V., Correa, S. A., & Flores, E. T. (2022). Propagación de Theobroma cacao mediante esquejes enraizados en minitúneles. *Avances en la agricultura, 22* (1). https://doi.org/10.1155/2022/1196381

Vasyl Cherlinka. (2026). *https://eos.com/es/blog/solarizacion-del-suelo/.* Obtenido de Plástico transparente en la agricultura: https://eos.com/es/blog/solarizacion-del-suelo/

Widiayani, N., Jasadina, I. M., & Nasaruddin. (2024). *Effect of Auxin and Cytokinin Concentrations on the Success and Growth of.* J. Agrivigor: https://journal.unhas.ac.id/index.php/agrivigor/article/download/43233/12568

Zambrano, A. (2023). *Diagnóstico del suelo y requerimientos hídricos para el cultivo de cacao (Theobroma cacao) en la finca "San Vicente", La Troncal.* Universidad Agraria del Ecuador.

Universidad Católica de Cuenca	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: F – DB – 30 VERSION: 01 FECHA: 2021-04-15 Página 1 de 1

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Frickson Fernando Ferreira Fernandez,** portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º **0940312283**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del proyecto de titulación **"Efecto de diferentes hormonas enraizantes y tipos de plásticos para cobertura en la propagación vegetativa de cacao CCN-51"** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste proyecto de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

La Troncal, **30 de septiembre del 2026**

F: .....

Frickson Fernando Ferreira Fernandez

C.I. **0940312283**