



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE HORMONAS NATURALES  
EN ESTACAS DE GUAYUSA (*illex guayusa*) PARA LA  
DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ADAPTABILIDAD  
DURANTE SU REPRODUCCIÓN**

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

**AUTOR: DIEGO PAUL CANDO GUZMAN**

**DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS RIVADENEIRA, MSC.**

**MACAS - ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE HORMONAS NATURALES EN ESTACAS**

**DE GUAYUSA (*Ilex guayusa*) PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS**

**NIVELES DE ADAPTABILIDAD DURANTE SU REPRODUCCIÓN**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**

**TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR: DIEGO PAUL CANDO GUZMAN**

**DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS RIVADENEIRA, MSC.**

**MACAS - ECUADOR**

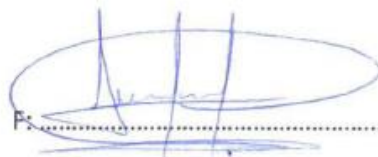
**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

### Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

**Diego Paul Cando Guzman** portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º **1400889463**. Declaro ser el autor de la obra: “**Evaluación del efecto de hormonas naturales en estacas de guayusa (*Ilex guayusa*) para la determinación de los niveles de adaptabilidad durante su reproducción**”, 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.

**Macas 12 de diciembre del 2024**



**Diego Paul Cando Guzman**

**C.I. 1400889463**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, **José Luis Rivadeneira Rivadeneira**, certifico que el presente trabajo de titulación denominado: **“Evaluación del efecto de hormonas naturales en estacas de guayusa (*Ilex guayusa*) para la determinación de los niveles de adaptabilidad durante su reproducción”**, realizado por: **Diego Paúl Cando Guzmán**, con documento de identidad: **1400889463**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, ha sido asesorado, orientado, revisado y supervisado durante su ejecución, bajo mi tutoría en todo el proceso, por lo que certifico que el presente documento, fue desarrollado siguiendo los parámetros del método científico, se sujeta a las normas éticas de investigación que exige la Universidad Católica de Cuenca, por lo que está expedito para su presentación y sustentación ante el respectivo tribunal.

Macas, diciembre de 2024



José Luis Rivadeneira Rivadeneira, Ing. Agr. MSc.

CI. 1400303952

TUTOR

## **Dedicatoria**

A la memoria de mi querida madre, **Rosa Elena Cando Guzmán**, quien, aunque ya no está físicamente conmigo, sigue siendo mi mayor inspiración.

Tu amor, tus enseñanzas y tu ejemplo de fortaleza me acompañan cada día.

Este logro es un reflejo de todo lo que me diste y te lo dedico con todo mi amor y gratitud, sabiendo que, desde donde estés, sigues cuidándome y guiándome.

## **Agradecimientos**

Agradezco profundamente a todas las personas que me han apoyado durante este proceso.

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud hacia mi familia, quienes siempre me brindaron su amor y apoyo incondicional. A mi madre, Rosa Elena Cando Guzmán, cuya memoria me ha dado la fuerza para continuar y alcanzar mis metas. Gracias por haberme enseñado el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis tutores y profesores, por su orientación y paciencia a lo largo de este proyecto. En especial, agradezco a Ing. Jose Luis Rivadeneira, por sus consejos y por compartir su valioso conocimiento, el cual fue fundamental para la realización de esta tesis.

A mis amigos y colegas, quienes me brindaron palabras de aliento en los momentos más difíciles. Su compañía y apoyo fueron esenciales para que pudiera concluir este trabajo.

Finalmente, quiero agradecer a la institución que me proporcionó los recursos y el espacio necesario para desarrollar este proyecto. A la Universidad Católica de Cuenca, por brindarme la oportunidad de crecer como profesional y por el apoyo académico brindado.

## Índice de contenidos

<b>Dedicatoria.....</b>	<b>V</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>VI</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>X</b>
<b>Lista de tablas.....</b>	<b>XI</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>XII</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>XIII</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Objetivos .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Planteamiento del problema .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Justificación .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4. Hipótesis.....</b>	<b>17</b>
<b>1.5. Pregunta de investigación.....</b>	<b>17</b>
<b><i>Marco teórico .....</i></b>	<b><i>18</i></b>
<b>2.1 Descripción botánica.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. Distribución geográfica .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3. Importancia económica y cultural.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4. Usos tradicionales y actuales.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5. Reproducción vegetativa de plantas.....</b>	<b>25</b>

<b>2.6. Ventajas y desventajas de la propagación por estacas .....</b>	<b>26</b>
<b>2.7. Factores que afectan la propagación vegetativa .....</b>	<b>28</b>
<b>2.8. Hormonas naturales en la propagación vegetativa.....</b>	<b>29</b>
<b>2.10. Factores que afectan la adaptabilidad de las estacas.....</b>	<b>32</b>
<b>2.11. Metodologías comunes para evaluar adaptabilidad y efectividad de hormonas en el enraizamiento de estacas de guayusa .....</b>	<b>35</b>
<b>2.12. Diseños experimentales utilizados en estudios de propagación .....</b>	<b>35</b>
<b>2.13. Técnicas de medición del enraizamiento y crecimiento.....</b>	<b>35</b>
<b>2.14. Análisis estadístico de los datos .....</b>	<b>36</b>
<b><i>Materiales y métodos.....</i></b>	<b><i>37</i></b>
<b>3.1. Locación y área geográfica.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2. Área agrícola .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3. Metodología .....</b>	<b>39</b>
<b><i>Resultados.....</i></b>	<b><i>50</i></b>
<b>4.1. Los resultados obtenidos son: .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2. Variable número de brotes.....</b>	<b>54</b>
<b>4.3. Variable longitud de la raíz.....</b>	<b>55</b>
<b>4.4. Variable Tasa de mortalidad .....</b>	<b>56</b>
<b>4.5. Variable Número de brotes .....</b>	<b>58</b>
<b>4.6. Variable Longitud de raíz .....</b>	<b>61</b>
<b>4.7. Variable Tasa de mortalidad .....</b>	<b>64</b>

<i>Discusión</i> .....	69
<i>Conclusiones</i> .....	71
<i>Recomendaciones</i> .....	72
<i>Bibliografía</i> .....	73

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1</b> .....	19
<b>Figura 2</b> .....	19
<b>Figura 3</b> .....	20
<b>Figura 4</b> .....	21
<b>Figura 5</b> .....	22
<b>Figura 6</b> .....	37
<b>Figura 7</b> .....	38
<b>Figura 8</b> .....	41
<b>Figura 9</b> .....	42
<b>Figura 10</b> .....	42
<b>Figura 11</b> .....	43
<b>Figura 12</b> .....	43
<b>Figura 13</b> .....	44
<b>Figura 14</b> .....	44
<b>Figura 15</b> .....	45
<b>Figura 16</b> .....	45
<b>Figura 17</b> .....	46
<b>Figura 18</b> .....	46
<b>Figura 19</b> .....	47
<b>Figura 20</b> .....	54
<b>Figura 21</b> .....	55
<b>Figura 22</b> .....	56

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b> .....	18
<b>Tabla 2</b> .....	40
<b>Tabla 4</b> .....	48
<b>Tabla 5</b> .....	48
<b>Tabla 6</b> .....	49
<b>Tabla 7</b> .....	50
<b>Tabla 8</b> .....	52
<b>Tabla 9</b> .....	57
<b>Tabla 10</b> .....	58
<b>Tabla 11</b> .....	58
<b>Tabla 12</b> .....	59
<b>Tabla 13</b> .....	61
<b>Tabla 14</b> .....	62
<b>Tabla 15</b> .....	62
<b>Tabla 16</b> .....	64
<b>Tabla 17</b> .....	65
<b>Tabla 18</b> .....	65
<b>Tabla 19</b> .....	68

## Resumen

La guayusa, es de la Amazonía ecuatoriana, reconocida por las propiedades energizantes y medicinales que tienen sus hojas, representa una oportunidad de crecimiento económico para los pueblos y nacionalidades y posee una proyección internacional, por ello, el propósito de este proyecto es evaluar la eficiencia de la aplicación de hormonas naturales en el prendimiento de estacas de guayusa (*Ilex guayusa*) y además como testigo, se usó una hormona química, para mejorar su desarrollo y evaluar la mortalidad.

El estudio se llevó a cabo utilizando un diseño completamente al azar (DCA) en la Universidad Católica de Cuenca de la ciudad de Macas del cantón Morona de la provincia de Morona Santiago, en condiciones controladas. Se probaron 8 tratamientos con 5 repeticiones por cada una, donde tres fueron hormonas naturales como la melaza, sábila y canela, de las cuales se tomó dos dosis de cada una de ellas, una hormona química, hormonagro 1 y un testigo sin hormonas. Las variables evaluadas fueron: número de brotes, longitud de raíz y tasa de mortalidad de las estacas.

Los resultados mostraron que los tratamientos con Melaza 100 ml (T2), Hormonagro (T1) y Melaza 200 ml (T3) fueron los más eficaces, mejorando significativamente el número de brotes y la longitud de la raíz, y reduciendo la mortalidad en comparación con el control. Estos hallazgos sugieren que estos tratamientos son una opción viable para mejorar la propagación de guayusa, acelerando su desarrollo de manera eficiente.

*Palabras clave:* Guayusa, hormonas naturales, propagación, sostenibilidad.

### Abstract

Guayusa, native to the Ecuadorian Amazon, is known for the energizing and medicinal properties of its leaves. It represents an economic growth opportunity for indigenous communities and has international potential. The aim of this project is to assess the effectiveness of applying natural hormones to the rooting of guayusa cuttings (*Ilex guayusa*), with a chemical hormone used as a control, to enhance their development and evaluate mortality rates.

The study was conducted using a completely randomized design (CRD) at the Universidad Católica de Cuenca in the city of Macas, Canton of Morona, Province of Morona Santiago, under controlled conditions. Eight treatments were tested, with five replications each. Three natural hormones were used—molasses, aloe vera, and cinnamon—each at two doses, along with a chemical hormone (Hormonagro 1) and a control group with no hormones. The evaluated variables were: number of shoots, root length, and mortality rate of the cuttings.

The results showed that treatments with 100 ml of molasses (T2), Hormonagro (T1), and 200 ml of molasses (T3) were the most effective, significantly improving the number of shoots and root length, and reducing mortality compared to the control group. These findings suggest that these treatments are a viable option for enhancing guayusa propagation, efficiently accelerating its development.

*Keywords:* guayusa, natural hormones, propagation, sustainability.

## Introducción

El presente trabajo de investigación, titulado "Evaluación del Efecto de Hormonas Naturales en Estacas de Guayusa (*Ilex guayusa*) para la determinación de los niveles de adaptabilidad durante su reproducción", tiene como objetivo establecer la influencia de hormonas naturales en el enraizamiento de estacas de guayusa, se espera que este estudio contribuya al desarrollo del cultivo de esta especie.

La guayusa es un cultivo ancestral de la amazonia ecuatoriana, especialmente en la región norte, donde se han desarrollado importantes experiencias, llegando no solo a exportar este producto como materia prima, sino también con valor agregado, sin embargo, uno de los principales desafíos es la propagación de la planta, ya sea de manera sexual o asexual.

La oportunidad que brinda el mercado internacional a la comercialización de guayusa, promueve la posibilidad de incrementar las áreas cultivadas con esta especie, para lo cual es necesario tener a disposición tecnologías probadas que faciliten la obtención de plántulas, sobre la base de esquejes de variedades requeridas por el mercado de consumo y con características como edad, tamaño y diámetro de la estaca.

La investigación se llevará a cabo utilizando métodos experimentales y deductivos para determinar la mejor opción entre tres tratamientos orgánicos evaluados. Se realizarán actividades prácticas, basadas en información bibliográfica, con el propósito de obtener estacas uniformes y saludables, con una rizósfera optimizada. Esto facilitará la adaptabilidad de las plantas de guayusa al trasplante, proporcionando un insumo valioso para fomentar el cultivo comercial de esta especie entre los pueblos macabeo y shuar.

El trabajo práctico de la investigación será realizado en la Universidad Católica de Cuenca campus Macas en un vivero de 6 x 3 metros, el método de diseño experimental que se usará será DCA de 8 tratamientos y 5 repeticiones, basada en la información científica investigada.

## **1.1. Objetivos**

### *1.1.1. Objetivo general*

- Evaluar el efecto de la aplicación de hormonas naturales en estacas de guayusa (*Ilex guayusa*) para la determinación de los niveles de adaptabilidad durante su reproducción

### *1.1.2. Objetivos específicos*

- Determinar el efecto de las hormonas naturales en el enraizamiento de estacas de guayusa.
- Fortalecer las capacidades de los productores mediante medios de difusión de los resultados obtenidos en la presente investigación.
- Establecer la relación costo-beneficio del ensayo mediante el uso del método de análisis económico comparativo.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Uno de los principales problemas asociados con el cultivo de guayusa es la dificultad en la reproducción asexual. Aunque la guayusa tiene un valor económico y cultural significativo, su propagación por esquejes ha sido limitada debido al desconocimiento de los métodos más efectivos para garantizar un enraizamiento exitoso. Factores como el tamaño ideal del esqueje, la edad de las estacas y la utilización de enraizantes naturales no han sido suficientemente investigados, lo que ha restringido su cultivo a gran escala y la maximización de sus beneficios comerciales. Esta investigación busca abordar estos problemas probando hormonas naturales como la melaza, la sábila y la canela para mejorar el enraizamiento y la adaptabilidad de las estacas de guayusa, promoviendo así una técnica de reproducción más eficiente y sostenible para los agricultores locales.

## **1.3. Justificación**

La guayusa es una planta ancestral con múltiples usos en la industria de bebidas energéticas y productos medicinales. Esta investigación es relevante debido a la creciente demanda internacional por productos naturales, que ha impulsado el interés en el cultivo de guayusa. La mayoría de los métodos actuales de propagación, especialmente aquellos que utilizan enraizantes químicos, no son bien aceptados por las comunidades indígenas locales, que buscan soluciones más naturales y sostenibles. Este estudio pretende llenar ese vacío al evaluar el impacto de hormonas naturales en el enraizamiento de las estacas de guayusa, brindando a los productores una alternativa que respete las tradiciones culturales y al mismo tiempo incremente la productividad

#### **1.4. Hipótesis**

- Hipótesis nula: La aplicación de hormonas naturales en las estacas de guayusa no tendrá un efecto significativo en su enraizamiento.
- Hipótesis alternativa: La aplicación de hormonas naturales en las estacas de guayusa promueve un enraizamiento y crecimiento superior en comparación con los métodos convencionales sin tratamiento

#### **1.5. Pregunta de investigación**

¿La aplicación de hormonas naturales, como la melaza, sábila y canela, mejora el enraizamiento y adaptabilidad de las estacas de guayusa (*Ilex guayusa*) en comparación con los métodos tradicionales sin tratamiento?

## Marco teórico

### 2.1 Descripción botánica

Taxonomía y Nomenclatura: *Ilex guayusa* Loes., conocida comúnmente como guayusa, es una especie perteneciente a la familia *Aquifoliaceae*. Esta familia incluye alrededor de 400 especies aceptadas y 1.000 especies descritas, en su mayoría distribuidas en zonas tropicales y subtropicales (Stevens, 2001).

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica Ilex guayusa*

Reino	Plantae
Filo	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Aquifoliales
Familia	Aquifoliaceae
Género	Ilex
Especie	Guayusa
N. Científico	<i>Ilex guayusa</i>

*Nota.* Fuente propia

*Fuente.* (Sequeda-Castañeda, Modesti Costa, Celis, Gamboa, & Luengas, 2016).

#### 2.1.2 .Tallos

La guayusa es un árbol perenne que puede alcanzar alturas hasta los 25 metros, teniendo una altura promedio por árbol de 10 metros (figura 1). Posee un tronco recto y ramas extendidas de densa frondosidad que forman una copa densa y redondeada (Villalba, 1994).

**Figura 1**  
*Tallo Ilex guayusa*



*Nota.* Fuente propia

### 2.1.3. Hojas

Las hojas de la guayusa son lanceoladas (figura 2), poseen un borde dentado y son de color verde oscuro. La longitud de las hojas puede variar de 15 a 21 centímetros de largo y de 5 a 8 centímetros de ancho, tienen una base aguda, con un pecíolo de 1 centímetro de longitud aproximadamente. Son ricas en alcaloides, especialmente cafeína, lo que le confiere sus propiedades estimulantes (Cabrera, 2005).

**Figura 2**  
*Hojas Ilex guayusa*



*Nota.* Fuente propia.

#### 2.1.4. Flores

La planta produce pequeñas flores blancas verdosas con un cáliz estable que crecen en inflorescencias axilares. Cada flor es hermafrodita, con cinco pétalos y numerosos estambres, esta disposición facilita la polinización (Sequeda-Castañeda, Modesti Costa, Celis, Gamboa, & Luengas, 2016).

#### **Figura 3**

*Flores Ilex guayusa*



*Nota.* Fuente propia

#### 2.1.5. Frutos

Es una baya globosa de color rojo a negro cuando madura, con un diámetro de aproximadamente 1 centímetro. Posee de 3 a 4 semillas en su interior (Lewis & Elvin-Lewis, 2003).

**Figura 4**  
*Frutos Ilex guayusa*



*Nota.* Frutos de guayusa (Lewis & Elvin-Lewis, 2003)

## **2.2. Distribución geográfica**

*Ilex guayusa* es una especie de árbol se encuentra principalmente en la región amazónica de Ecuador, Perú y Colombia. En el Ecuador tiene una mayor área de cultivo a comparación de los otros países en mención, especialmente en las provincias de Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Tungurahua, Pichincha y Loja. Crece en bosques húmedos tropicales, se adapta de mejor manera a suelos bien drenados y a altitudes entre los 200 y 2000 metros sobre el nivel del mar (Smith, 2014).

La guayusa tiene una mejor adaptación bajo condiciones de alta humedad y temperaturas cálidas, típicas de la región amazónica. Es una especie que forma parte del sotobosque de estos bosques tropicales, aquí desempeña un papel importante en el ecosistema, al proporcionar alimento y hábitat a innumerables especies de fauna (Boll, Erben, & Bernhardt, 2016).



embargo, cuenta con una combinación única de elementos que proporcionan una liberación sostenida de energía sin los efectos negativos del café (Kapp, 2013).

Empresas como Runa (<https://runa.com/guayusa>), han generado un despegue de la guayusa en mercados occidentales, exponiendo sus beneficios energéticos y su origen sostenible, esto ha logrado que el mercado de la guayusa en Norteamérica y Europa sea sostenible (Gage & MacCombie, 2015).

Como producto medicinal, se le atribuye beneficios para la salud, como el mejoramiento del sistema inmunológico hasta la prevención de enfermedades crónicas, esto gracias a su contenido en polifenoles, flavonoides y saponinas (Blanco, Naranjo, & Cuadrado, 2013).

Luego de la pandemia global, la demanda de productos naturales y orgánicos ha despertado un interés marcado en la guayusa, como un suplemento saludable y ecológico, lo cual ha fomentado su cultivo y comercialización a nivel global (Chaves, Castaño, & Perez, 2016).

Por todo lo mencionado, la guayusa se ha convertido en una fuente importante de ingresos para las comunidades ancestrales de la amazonia ecuatoriana, generando ingresos para los pequeños agricultores a través de la producción y venta de sus hojas (Moore , Sanchez, & Flores , 2018).

En el ámbito cultural, la guayusa tiene una profunda importancia para las comunidades indígenas de la región amazónica, donde se la ha utilizado por siglos para preparar una bebida energizante que es consumida en las mañanas, antes de iniciar las labores diarias, además de reuniones familiares y comunitarias, fortaleciendo los lazos sociales y culturales (Timbro, 2011).

La guayusa se considera como una planta sagrada en muchas culturas amazónicas, es utilizada en rituales chamánicos, dichas prácticas reflejan una cosmovisión que valora profundamente la conexión entre la naturaleza y el ser humano (Valdez, 2006).

## **2.4. Usos tradicionales y actuales**

### *2.4.1. Usos tradicionales*

#### *Infusión Energizante:*

La guayusa ha sido utilizada tradicionalmente por las comunidades indígenas de la amazonia, para la preparación de una bebida energizante, que se consume especialmente en las mañanas, proporcionando una fuente natural de energía y concentración (Timbro, 2011).

#### *Rituales y Ceremonias:*

La guayusa es de gran importancia en los rituales y ceremonias de las comunidades amazónicas, se la utiliza en ceremonias de limpieza espiritual y para mejorar la claridad mental durante los rituales chamánicos. Se cree que esta bebida ayuda a los chamanes a conectarse con el mundo espiritual (Valdez, 2006).

#### *Uso Medicinal:*

A las hojas de guayusa se le atribuyen propiedades digestivas, diuréticas y antioxidantes, las infusiones de guayusa se toman para mitigar dolores de cabeza, problemas digestivos y para fortalecer el sistema inmunológico (Cabrera, 2005).

#### *Interacciones Sociales:*

Las familias y comunidades se reúnen en las mañanas para compartir la bebida, fortaleciendo los lazos sociales y culturales, a este momento se lo conoce como "guayusa upina" (Boll, Erben, & Bernhardt, 2016).

### *2.4.2. Usos Actuales*

#### *Bebida Energizante Comercial:*

Hoy en día, la bebida de guayusa se comercializa en diversas formas, incluyendo té embotellado, té en hojas sueltas y en bolsitas (Gage & MacCombie, 2015).

#### *Suplemento Nutricional:*

Gracias a su alto contenido de antioxidantes, aminoácidos y cafeína, la guayusa se utiliza como suplemento nutricional, atribuyéndole beneficios como el aumento de energía, la mejora de

la concentración y el refuerzo del sistema inmunológico, se comercializa en diferentes presentaciones: en polvo, cápsulas y extractos líquidos (Chaves, Castaño, & Perez, 2016).

*Producto Cosmético:*

Los extractos de guayusa se utilizan en productos para el cuidado de la piel debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Se puede utilizar en cremas, lociones y sueros faciales (Blanco, Naranjo, & Cuadrado, 2013).

## **2.5. Reproducción vegetativa de plantas**

### *2.5.1. Métodos de propagación vegetativa*

Para la producción de plantas de manera asexual se usa comúnmente la propagación vegetativa, de esta forma se garantiza que las características genéticas se transmitan entre la planta madre e hijas.

Los métodos más comunes para la propagación vegetativa son:

*Esquejes:*

Este es uno de los métodos más utilizados para la reproducción de guayusa, para lograrlo se debe cortar secciones de la planta madre, generalmente de tallos, hojas o raíces para plantarlas en un sustrato adecuado para que desarrollen raíces y crezcan como nuevas plantas. En el caso de los esquejes de tallo, estos se toman de ramas de la planta madre, se recomienda una longitud de 10 a 15 centímetros y al menos dos nudos. Se recomienda el uso de hormonas enraizantes, ya sean naturales o sintéticas, para estimular el crecimiento de raíces (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2011).

*Acodo:*

Para aplicar esta técnica, se induce a una rama de la planta madre a desarrollar raíces mientras aún está unida a la planta, una vez que la rama ha desarrollado suficientes raíces, se corta y se planta por separado. La técnica más aplicada es el acodo aéreo, para realizarla se selecciona una rama y se corta un anillo de corteza alrededor de la misma, para luego aplicar un enraizante y se envuelve para mantener la humedad (se puede utilizar musgo húmedo o plástico), al término de

algunas semanas, se forman las raíces, entonces la rama puede ser cortada y plantada en sustrato (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2011).

#### *Injerto:*

Para esta técnica, se ensambla una parte de la planta que se denomina injerto a otra denominada patrón para que crezcan juntas como una sola planta. Este método se utiliza principalmente en plantas que son difíciles de enraizar a partir de esquejes. El injerto de púa es el más utilizado, se utiliza una porción de tallo con varias yemas de la planta madre y se inserta en una incisión realizada en el patrón. Se fijan las dos partes y con el tiempo forman una nueva planta (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2011).

#### *Cultivo de Tejidos:*

Es una técnica avanzada que implica el cultivo de células, tejidos o órganos de plantas en un medio estéril y controlado. Con la técnica de la micropropagación se puede producir un gran número de plantas en un tiempo relativamente corto, para lograrlo se toman pequeñas muestras de tejido vegetal y se inoculan en un medio enriquecido con nutrientes y hormonas de crecimiento. Las plantas resultantes son genéticamente idénticas a la planta madre (Thorpe, 2007).

## **2.6. Ventajas y desventajas de la propagación por estacas**

Según Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, (2011) la técnica de propagación por estacas es una de las más utilizadas, especialmente en *Ilex guayusa*, sin embargo, dicha técnica presenta varias ventajas y desventajas que deben ser consideradas al momento de implementar el cultivo.

### *2.6.1 Ventajas*

#### *Uniformidad genética:*

Las plantas propagadas por estacas son copias exactas de la planta madre, esto asegura que se mantengan las mismas características genéticas, esto incluyen las propiedades como el contenido de cafeína y antioxidantes en el caso de la guayusa (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2011).

*Producción rápida:*

Las estacas enraízan y crecen más rápido en comparación con los métodos de propagación por semillas (Thorpe, 2007).

*Conservación de características deseables:*

Con el uso de esta técnica se preservan características específicas, asegurando que las plantas resultantes mantengan las cualidades deseadas, como la resistencia a enfermedades y la alta productividad (Reed, 2008).

*Simplicidad y bajo costo:*

El método es simple y no requiere equipos sofisticados. Esto permite que sea accesible para los pequeños agricultores de la amazonia ecuatoriana.

*Reducción del ciclo de crecimiento:*

El ciclo de crecimiento es más corto en comparación con las plantas cultivadas a partir de semillas, esto se resume en una producción más rápida (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2011).

### 2.6.2. Desventajas

*Requerimiento de material vegetal:*

Se requiere la disponibilidad de material vegetal sano y en cantidad suficiente de la planta madre, esto puede limitar su uso si el material es escaso (Chaves, Castaño, & Perez, 2016).

*Tasa de éxito variable:*

La tasa de enraizamiento depende de factores como la especie, la edad de la planta madre, las condiciones ambientales y el manejo de las estacas (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2011).

*Riesgo de transmisión de enfermedades:*

Con esta técnica se pueden transmitir enfermedades y plagas de la planta madre a las plantas hijas, afectando la reproducción y productividad (Blanco, Naranjo, & Cuadrado, 2013).

### *Limitaciones genéticas:*

La falta de variabilidad genética puede generar desventajas en adaptabilidad y resistencia a cambios ambientales, las poblaciones clonadas son más susceptibles a plagas y enfermedades que una población genéticamente diversa (Thorpe, 2007).

## **2.7. Factores que afectan la propagación vegetativa**

La propagación vegetativa es una técnica eficaz para reproducir plantas de manera asexual, sin embargo, el éxito de este método puede verse influenciado por varios factores:

### *2.7.1. Temperatura*

Esta variable varía según la especie, pero generalmente, un rango entre 20-25°C es ideal para muchas plantas tropicales, incluida la guayusa (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2011).

### *2.7.2. Humedad*

Una buena humedad relativa es necesaria para evitar la deshidratación de las estacas durante el desarrollo de las raíces. Un correcto sistema de riego mantiene las condiciones de humedad adecuadas (Reed, 2008).

### *2.7.3. Luz*

La luz influye directamente en la fotosíntesis y en la producción de hormonas necesarias para el enraizamiento, contar con un sistema de luz indirecta o filtrada es recomendable para las estacas en proceso de enraizamiento (Thorpe, 2007).

### *2.7.4. Tipo y edad del material vegetativo*

#### *Edad de la planta madre:*

Las estacas tomadas de plantas jóvenes y vigorosas, con mejor actividad fisiológica, tienden a enraizar mejor que las tomadas de plantas viejas (Blanco, Naranjo, & Cuadrado, 2013).

#### *Tipo de estaca:*

En la guayusa, las estacas de tallo son las más utilizadas y presentan mejores resultados en términos de enraizamiento (Chaves, Castaño, & Perez, 2016).

### 2.7.5. Tratamiento de las estacas

#### *Desinfección:*

Se debe desinfectar las estacas y las herramientas de corte para prevenir infecciones por hongos y bacterias, que pueden reducir el enraizamiento y la supervivencia de las plantas (Reed, 2008).

### 2.7.6. Sustrato de enraizamiento

#### *Composición del Sustrato:*

Un sustrato con suficiente humedad garantiza el enraizamiento de estacas, esto sumando a mezclas de turba, perlita y vermiculita ayuda a un correcto desarrollo de las raíces (Moore , Sanchez, & Flores , 2018).

#### *pH del Sustrato:*

Un pH ligeramente ácido, alrededor de 5.5 a 6.5, es favorable para muchas plantas, incluida la guayusa (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2011).

### 2.7.7. Manejo postcosecha

#### *Manejo de las Estacas:*

El tiempo que transcurre entre la obtención de las estacas y su plantación debe ser mínimo para evitar la pérdida de viabilidad, en este lapso, se debe mantenerlas en condiciones húmedas y frescas hasta su plantación (Thorpe, 2007).

## **2.8. Hormonas naturales en la propagación vegetativa**

### *2.8.1. Definición y tipos de hormonas naturales (auxinas, giberelinas, citoquininas, etc.)*

Las hormonas naturales son compuestos que se producen en las plantas en cantidades pequeñas y desempeñan un rol fundamental en las funciones de crecimiento, desarrollo y respuestas a estímulos ambientales. Estas hormonas son necesarias para la realización de un seri de procesos fisiológicos y morfológicos (Taiz & Zeiger, 2010). Las principales funciones de las hormonas naturales son el enraizamiento, la regulación de la floración y la promoción de la maduración de los frutos (Davies, 2004). Los principales tipos de hormonas naturales son:

### *Auxinas*

Son un grupo de hormonas que son fundamentales en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a que promueven el alargamiento celular y la modificación de sus paredes, facilitando la elongación de las células vegetales. Este tipo de hormonas es básico para la diferenciación celular, ayudando a la formación de raíces adventicias, la organización del meristema y la dominancia apicales, además, de ayudar en los procesos como la formación de tejidos vasculares, la respuesta a la gravedad (gravitropismo) y la dirección del crecimiento de las plantas hacia la luz (fototropismo) (Taiz & Zeiger, 2010).

Las auxinas, en especial el ácido indolacético (AIA), son de especial importancia en la inducción y desarrollo de raíces adventicias en las estacas, dichas hormonas favorecen la formación de raíces, estimulando la división celular y la elongación en el tejido cortical de la estaca (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2011). Estas hormonas también tienen una incidencia directa en el enraizamiento, al provocar la elongación celular y la formación de nuevos brotes, aplicando correctamente esta hormona se mejora la tasa de supervivencia y el desarrollo de las estacas luego del trasplante (Taiz & Zeiger, 2010).

### *Giberelinas*

Son un grupo de hormonas que promueven procesos fisiológicos, mismos que incluyen la germinación de semillas, elongación de tallos, crecimiento de hojas y regulación del ciclo de vida de las plantas (Phinney, 2010). Estas hormonas activan enzimas que rompen las cadenas de almidón y otras sustancias, proporcionando energía para el crecimiento inicial de la plántula. Las giberelinas intervienen en la floración y la maduración de los frutos, al actuar en conjunto con las auxinas y citoquininas, mejorando el desarrollo de las plantas. (Hedden & Thomas, 2012).

Este tipo de hormonas influyen en el enraizamiento de las estacas, sin embargo, su impacto en el enraizamiento es menos notable que el de las auxinas, se conoce que en algunas especies, las giberelinas estimulan la producción de hormonas auxiliares que tienen como objetivo

complementar el efecto de las auxinas en el desarrollo de raíces (Hedden & Thomas, 2012). En lo referente al crecimiento, estas hormonas fomentan la elongación de los brotes y el desarrollo general de las estacas, su uso ayuda a un crecimiento más vigoroso de los brotes y la producción de una mayor biomasa en las plantas jóvenes (Phinney, 2010).

### *Citoquininas*

Son un grupo de hormonas que son esenciales en la regulación de la división celular, en los meristemos apicales y laterales, lo que influye en la formación y crecimiento de nuevos brotes y tejidos de las plantas, también tienen la capacidad de retrasar la senescencia, o envejecimiento, de las plantas al mantener su actividad metabólica y funcional. Esta propiedad es aprovechada en la agricultura y la horticultura, ya que mejora la calidad y rendimiento de los cultivos (Sakakibara, 2006). Para la producción de plantas a partir de tejidos o células cultivadas en laboratorio, se aprovechan a las citoquininas, mismas que ayudan a la morfogénesis in vitro (Mok & Mok, 2001).

Las citoquininas tienen la función de complementar el enraizamiento junto a las auxinas, promoviendo el desarrollo de raíces en las estacas al generar un correcto balance entre la división y elongación celular (Mok & Mok, 2001).

### *Ácido Abscísico (ABA)*

El ABA es una hormona importante en las respuestas fisiológicas de las plantas, en especial durante condiciones de estrés hídrico al inducir el cierre estomático, reduciendo la pérdida de agua a través de la transpiración (Cutler & Rodriguez, 2010).

El ABA promueve la inducción y mantenimiento de la dormancia de semillas y yemas, logrando que dichas estructuras no germinen durante en condiciones ambientales desfavorables (Nambara & Marion-Poll, 2005).

### *Etileno*

Es una hormona en estado gaseoso que regula aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas, se la conoce por su capacidad para inducir la maduración de frutos, promoviendo cambios fisiológicos y bioquímicos que dan como resultado el ablandamiento, cambio de color y aumento de la concentración de azúcares en los mismos (Bleecker & Kende, 2000).

Este gas presenta diferentes efectos en el enraizamiento de las estacas, en bajas concentraciones, estimula el enraizamiento al promover la formación de raíces adventicias, sin embargo, en concentraciones más altas, este inhibe el desarrollo de raíces y provoca una mayor abscisión de tejidos (Bleecker & Kende, 2000).

El etileno influye en el crecimiento de las estacas al provocar una maduración prematura y la senescencia (Wilkinson, Lanahan, Yen, Giovannoni, & Klee, 2012).

## **2.10. Factores que afectan la adaptabilidad de las estacas**

### *2.10.1. Condiciones ambientales*

#### *Luz:*

La luz es uno de los factores fundamentales para que el proceso de fotosíntesis sea el óptimo para el crecimiento y desarrollo de las estacas, la calidad y duración de las horas luz, fomentan la producción de carbohidratos y la acumulación de energía, elementos que son esenciales para la formación de un sistema radicular robusto y saludable (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2011).

#### *Temperatura:*

La temperatura del sustrato y del ambiente es importante para el proceso de enraizamiento de las estacas, la temperatura óptima varía según la especie, sin embargo, lo recomendado para favorecer las actividades enzimáticas y el metabolismo celular, está entre los 20 a 25 grados centígrados (Howard, Harrison-Murray, & Thompson, 2000).

### *Humedad:*

La humedad relativa en valores altos ayuda a prevenir la deshidratación de las estacas, en especial durante las primeras etapas del enraizamiento. Un porcentaje de humedad adecuado, mantiene la turgencia celular, facilitando la aparición y desarrollo de raíces adventicias (Svenson, 1997).

### *2.10.2. Calidad del Sustrato y Nutrientes*

Para tener un alto Sustrato:

El porcentaje de propagación de estacas, se debe elegir un sustrato que cumpla con las siguientes características:

Proporcionar una aireación aceptable que asegure que las raíces tengan acceso a cantidades razonables de oxígeno. Poseer una buena capacidad de retención de agua para evitar el estrés hídrico sin llegar a un ambiente de saturación. Estar libre de microorganismos patógenos para evitar las enfermedades en las estacas.

Las mezclas de turba, perlita y vermiculita son las más utilizadas para la propagación de estacas, gracias a sus propiedades nutritivas y de humedad que favorecen el enraizamiento.

El pH del sustrato influye en la disponibilidad de nutrientes y en la actividad microbiana, el rango recomendado, para la mayoría de las plantas, esta entre neutro a ligeramente ácido, el pH no solo afecta la etapa del enraizamiento, también determina el desarrollo de las plantas a largo plazo, debido a que de este factor depende el vigor y salud de estas (Grange & Loach, 1983).

### *Nutrientes:*

Los nutrientes que se encuentran disponibles en el sustrato, definen el éxito en la propagación de estacas, la existencia de micro y macronutrientes en el sustrato, facilitan el crecimiento de raíces y nuevos brotes, aspectos fundamentales para una propagación vegetativa satisfactoria.

*Macronutrientes:*

Los macronutrientes básicos para los procesos fisiológicos de las plantas son:

Nitrógeno (N), necesario para el aprovechamiento de aminoácidos, proteínas y clorofila, facilitando el crecimiento celular y la fotosíntesis

Fósforo (P), coadyuva en la transferencia de energía a través del Adenosín Trifosfato (ATP).

Potasio (K), aporta en la regulación osmótica, la apertura y cierre de estomas y la activación de enzimas involucradas en el metabolismo celular. La deficiencia de cualquiera de estos elementos, provoca un enraizamiento deficiente y problemas en el crecimiento de las plantas (Marschner, 2012).

*Micronutrientes:*

Los micronutrientes, aunque necesarios en menos cantidades, son importantes en las fases de propagación y desarrollo de las plantas. El hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y molibdeno (Mo) son básicos para facilitar las funciones enzimáticas y metabólicas, por ejemplo, el zinc ayuda en la síntesis de auxinas, facilitando el crecimiento radicular, el hierro es básico para la síntesis de clorofila y el transporte de electrones en la fotosíntesis (Marschner, 2012).

*Simbiosis y Microbiota:*

Sumado a los nutrientes ya mencionado, es importante contar con una microbiota saludable en el sustrato, esto mejora la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a enfermedades, existen microorganismos benéficos como las micorrizas que aumentan notablemente la absorción de nutrientes, además de estimular la producción de hormonas vegetales que fomentan el enraizamiento y el desarrollo de las estacas (Marschner, 2012).

## **2.11. Metodologías comunes para evaluar adaptabilidad y efectividad de hormonas en el enraizamiento de estacas de guayusa**

Para lograr una evaluación precisa sobre la adaptabilidad de las estacas y la efectividad de hormonas en la propagación vegetal, es necesario la utilización de metodologías que tengan un diseño experimental adecuado, técnicas de medición confiables y análisis estadísticos sustentados.

## **2.12. Diseños experimentales utilizados en estudios de propagación**

### *2.12.1. Diseños Completamente Al azar (DCA)*

Esta metodología es una de las más utilizadas a nivel mundial, para su realización, las estacas son sometidas, de manera aleatoria, a diferentes tratamientos hormonales. Este tipo de diseño es de fácil aplicación y ayuda a controlar la variabilidad experimental, asegurando que cualquier efecto en las estacas, se deba al tratamiento y no a factores exógenos (Montgomery, 2017).

## **2.13. Técnicas de medición del enraizamiento y crecimiento**

### *Conteo de Raíces:*

Es una técnica útil al momento de determinar el éxito del enraizamiento de estacas al proporcionar un resultado cuantitativo directo, que permite comparar la efectividad de diferentes tratamientos, sin embargo, esta técnica puede demandar una gran cantidad de mano de obra para su realización.

### *Medición de la longitud de las Raíces:*

La longitud que presentan las raíces de las plantas es una medida importante del éxito o fracaso del enraizamiento, para esta actividad se puede utilizar una regla o un calibrador, mismo que proporcionara una idea sobre el potencial de crecimiento de las estacas (Davies, 2004).

### *Peso Seco de Raíces y Brotes:*

El peso seco de las raíces y brotes se utiliza para evaluar la biomasa acumulada. Las estacas se secan en un horno a una temperatura constante hasta alcanzar un peso constante. Este método

proporciona una medida precisa de la cantidad de materia seca producida, reflejando el crecimiento y desarrollo (Grange & Loach, 1983).

#### *Análisis de Imágenes:*

Las tecnologías avanzadas de análisis de imágenes permiten medir el área foliar, la densidad de raíces y otros parámetros morfológicos. Estas técnicas son menos invasivas y pueden proporcionar datos más detallados y precisos (Marschner, 2012).

### **2.14. Análisis estadístico de los datos**

#### *Análisis de Varianza (ANOVA):*

El análisis de varianza (ANOVA) es una técnica estadística comúnmente utilizada para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos. ANOVA ayuda a identificar los efectos principales y las interacciones entre factores en los estudios de propagación (Montgomery, 2017).

#### *Pruebas Post Hoc:*

Cuando se identifican diferencias significativas mediante ANOVA, se utilizan pruebas post hoc, como la prueba de Tukey o la prueba de Duncan, para comparar pares de medias y determinar qué tratamientos difieren significativamente entre sí (Gomez & Gomez, 1984).

#### *Regresión Lineal y Modelos de Superficie de Respuesta:*

Los análisis de regresión y los modelos de superficie de respuesta se utilizan para evaluar las relaciones entre variables independientes (como las concentraciones de hormonas) y las variables dependientes (como el número de raíces). Estos modelos ayudan a optimizar las condiciones de propagación (Cochran & Cox, 1992).

#### *Análisis Multivariado:*

El análisis multivariado, incluyendo el análisis de componentes principales (PCA) y el análisis discriminante, permite evaluar múltiples variables simultáneamente, proporcionando una

visión más completa de los factores que afectan el enraizamiento y crecimiento de las estacas (Marschner, 2012).

## Materiales y métodos

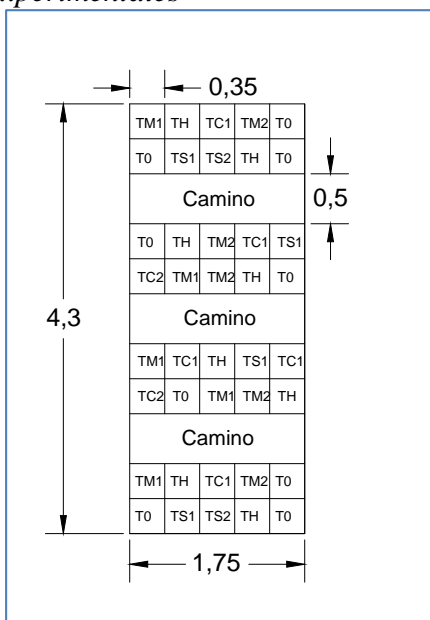
### 3.1. Locación y área geográfica

La investigación se realizó en la Universidad Católica de Cuenca campus Macas, ubicada en la provincia de Morona Santiago, en la región amazónica de Ecuador. Esta zona posee un clima tropical húmedo, con una temperatura promedio anual de 22°C y una precipitación anual de aproximadamente 2.240 mm (Kwebeman, 2024)

### 3.2. Área agrícola

El destinada para el experimento está en el orden de los 7,5 metros cuadrados, donde se ubica una estructura al piso de caña guadua que contiene 40 espacios de 35 centímetros de ancho y de largo.

**Figura 6**  
*Distribución de unidades experimentales*



*Nota.* Fuente propia

**Figura 7**  
*Vivero Experimental*



*Nota.* Fuente propia

*Criterios de Inclusión:*

Para la selección de las unidades experimentales, se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- Estacas obtenidas de plantas madre sanas, con un mínimo de 2 años.
- Estacas de 25 centímetros de largo aproximadamente.
- Las estacas y plantas deben estar libres de plagas y enfermedades.

### 3.3. Metodología

Para la presente investigación se utilizó un Diseño experimental Completamente al Azar (DCA), con lo cual se evaluó las variables en base a las estacas de guayusa. Para la siembra de la guayusa se realizó en un vivero en la Universidad Católica de Cuenca, campus Macas.

Para el diseño experimental se describe los siguientes parámetros:

*Unidades Experimentales:*

La unidad experimental está compuesta por una estaca de guayusa (*Ilex guayusa*) de 25 cm de longitud y 1,5 cm de diámetro distribuidas en 10 fundas con sustrato homogéneo.

*Variables en estudio:*

Las variables utilizadas fueron:

*Independientes:*

- Tipo de tratamiento aplicado (químico, melaza, sábila y canela).
- Concentración de cada tratamiento.

*Dependientes:*

- Mortalidad en cada lote.
- Número de brotes en cada lote.
- Longitud Medida de la raíz (IAUSA, 2020).

**Tabla 2***Tratamientos en estudio*

Tratamiento	Código de tratamiento	Descripción
T0	T0	Compuesto de estacas de guayusa sin la aplicación de hormonas
T1	TH	Hormonagro No. 1
T2	TM1	Tratamiento a base de melaza: se sumergirá la punta inferior de la estaca una sola vez , tiempo ,en melaza pura antes de su trasplante
T3	TM2	se sumergirá la punta inferior de la estaca dos veces en melaza pura antes de su trasplante
T4	TS1	80 mililitros de sábila en un litro de agua y se aplicara al sustrato antes del trasplante
T5	TS2	se mezclarán 160 mililitros de sábila en un litro de agua y se aplicara al sustrato antes del trasplante
T6	TC1	se mezclarán 60 gramos de canela en polvo en 1 litro de agua, se lleva el agua a ebullición y se mezcla con la canela y se deja reposar por 10 minutos, dando como resultado un enraízate natural, aplicar en la parte inferior de la estaca y trasplantar
T7	TC2	se mezclarán 100 gramos de canela en polvo en 1 litro de agua, se lleva el agua a ebullición y se mezcla con la canela y se deja reposar por 10 minutos, se aplica en la parte inferior de la estaca.

*Nota.* Fuente propia

*Tamaño de la Muestra:*

Cada combinación de tratamiento se aplicó a 10 estacas por parcela, dando un total de 400 estacas de guayusa.

*Diseño del Experimento:*

Se utilizó un Diseño de experimentos Completamente al Azar (DCA) con siete tratamientos y un grupo testigo, se replicó en un total de 40 parcelas experimentales.

*Métodos Estadísticos Utilizados:*

Para el análisis de los datos, se utilizó: Análisis de Varianza (ANOVA), usado en la evaluación de los efectos principales y las interacciones entre los factores. Pruebas de Tukey al 5% y 1% para comparar las medias de los tratamientos.

*Descripción de los Procesos Realizados:*

Llenado de sustrato en fundas de polietileno: Se realizó una mezcla de tierra, arena y compost para su posterior llenado en fundas de polietileno, dando características deseables al sustrato para el debido brote y enraizamiento de las estacas de guayusa.

**Figura 8**

*Llenado de fundas*



*Nota.* Fuente propia.

La figura 7 es la selección y Preparación de Estacas, estas fueron recolectadas de plantas madre ubicadas en el barrio Tinguichaca de la ciudad de Macas, Ecuador, se cortaron a una longitud uniforme de 25 centímetros. Las estacas fueron desinfectadas luego de su obtención.

**Figura 9**  
*Corte de esquejes*



*Nota.* Fuente propia.

**Figura 10**  
*Selección de esquejes*



*Nota.* Fuente propia.

**Figura 11**  
*Desinfección de esquejes*



*Nota.* Fuente propia.

Las estacas fueron separadas en los grupos experimentales y aplicadas cada tratamiento según lo especificado en la Descripción del Experimento.

**Figura 12**  
*Pesaje de canela*



*Nota.* Fuente propia.

**Figura 13**  
*Preparación de solución de canela*



*Nota.* Fuente propia

**Figura 14**  
*Preparación de solución de melaza*



*Nota.* Fuente propia.

**Figura 15**  
*Preparación de solución de sábila*



*Nota.* Fuente propia.

**Figura 16**  
*Soluciones listas para aplicación*



*Nota.* Fuente propia.

### Plantación:

Las estacas se plantaron en fundas de polietileno en las parcelas asignadas a cada tratamiento, asegurando una profundidad de al menos 5 cm.

### Figura 17

*Plantación de estacas*



*Nota.* Fuente propia.

### Mantenimiento y Cuidado:

La parcela experimental fue cubierta con malla sarán para mantener condiciones controladas de humedad e iluminación. Cada semana se llevaron a cabo monitoreos para detectar plagas y enfermedades durante el experimento.

### Figura 18

*Colocación de malla sarán*



*Nota.* Fuente propia

**Figura 19**  
*Parcelas*



*Nota.* Fuente propia

**Tabla 3**  
*Tasa de mortalidad en %*

<b>Tratamiento</b>	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>	<b>r4</b>	<b>r5</b>
T0	80	90	70	90	70
T1	50	60	40	60	40
T2	60	30	60	20	30
T3	60	40	50	50	50
T4	50	60	70	60	60
T5	70	70	80	60	70
T6	70	60	50	40	40
T7	60	50	70	50	70

*Nota.* Fuente propia

**Tabla 4**  
*Número y tamaño de brotes*

<b>Tratamientos</b>	<b>Numero de brotes</b>					<b>sumatoria</b>	<b>promedio</b>
	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>	<b>r4</b>	<b>r5</b>		
T0 (testigo)	2	1	3	1		10	2
T1 (hormonagro)	5	4	6	4		25	5
T2 (melaza 1)	4	7	4	8		30	6
T3 (melaza 2)	4	6	5	5		25	5
T4 (sabila 1)	5	4	3	4		20	4
T5 (sabila 2)	3	3	2	4		15	3
T6 (canela 1)	3	4	5	4		20	4
T7 (canela 2)	4	5	3	5		20	4

*Nota.* Fuente propia

**Tabla 5**  
*Longitud de la raíz*

<b>Base de datos de longitud de raíz (cm)</b>							
<b>Tratamientos</b>	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>	<b>r4</b>	<b>r5</b>	<b>sumatoria</b>	<b>promedio</b>
T0 (testigo)	3,2	3	3	3,5	3	15,7	3,14
T1 (hormonagro)	4,5	4,7	3,8	5,1	4,8	22,9	<b>4,58</b>
T2 (melaza 1)	5,6	5,6	5,8	6,1	5,5	28,6	<b>5,72</b>
T3 (melaza 2)	5,5	5,7	5,9	6,5	6,7	30,3	<b>6,06</b>
T4 (sabila 1)	4,5	4,6	4	4,9	4	22	4,4
T5 (sabila 2)	3,5	3,7	3,4	3,8	3,9	18,3	3,66
T6 (canela 1)	4,1	3,9	4,2	3,5	4	19,7	3,94
T7 (canela 2)	3,7	4,5	4,6	5,1	6,1	24	4,8

*Nota.* Fuente propia

## Resultados

Se evaluó la eficacia de varios tratamientos hormonales y naturales sobre la producción de brotes en estacas de guayusa (*Ilex guayusa*). Como referencia de control se utilizó el tratamiento T0 (testigo), que no incluyó la aplicación de hormonas, permitiendo la comparación de los efectos de los demás tratamientos. El propósito de este análisis fue determinar cuál de los tratamientos estudiados favorece más el desarrollo de brotes, siendo un aspecto clave para mejorar las técnicas de propagación vegetativa de esta planta.

Se probaron siete tratamientos experimentales, empleando productos como Hormonagro 1, melaza, sábila, y canela, aplicados en diferentes concentraciones. A continuación, se presenta una tabla que detalla el porcentaje de eficacia de cada tratamiento en comparación con el testigo, tomando en cuenta el número de brotes generados.

**Tabla 6**

*Eficacia por el número de brotes en Base Testigo*

<b>Tratamiento</b>	<b>Eficacia (%) en base a t. Testigo</b>
Hormonagro	250
Melaza 1	300
Melaza 2	250
Sábila 80 ml	200
Sábila 160 ml	150
Canela 60 g	200
Canela 100g	200

*Nota:* Fuente propia

En la tabla 5, se muestra la eficacia porcentual de los diferentes tratamientos en relación con el número de brotes, utilizando el tratamiento testigo como base (100%). Un porcentaje mayor a 100% indica que el tratamiento superó al testigo en la promoción de brotes, mientras que un porcentaje igual a 100% representaría la misma eficacia que el control, y uno menor indicaría una menor eficacia.

#### 4.1. Los resultados obtenidos son:

- Melaza 100 ml fue el tratamiento más eficaz, logrando una eficacia del 300%, lo que significa que produjo tres veces más brotes en comparación con el tratamiento testigo.
- Hormonagro y Melaza 200 ml mostraron una eficacia del 250%, ambas promoviendo 2.5 veces más brotes que el testigo, lo cual indica que estos tratamientos fueron altamente efectivos.
- Sábila de 80 ml y Canela 100g alcanzaron una eficacia del 200%, lo que indica que duplicaron el número de brotes respecto al control.
- Sábila 160 ml, con una eficacia del 150%, fue el tratamiento menos eficaz en comparación con los demás, pero aun así logró un 50% más de brotes que el testigo.

En cuanto, a la eficacia por la longitud de raíz es:

**Tabla 7**

*Eficacia de los tratamientos en base a la longitud de la raíz (cm) en relación con el testigo*

<b>Tratamiento</b>	<b>Eficacia (%) en base a t. Testigo</b>
Hormonagro	145,85
Melaza 100 ml	182,16
Melaza 200 ml	192,99
Sábila 80 ml	140,13
Sábila 160 ml	116,56
Canela 60 g	125,47
Canela 100g	152,86

*Nota:* Fuente propia

- Los tratamientos más efectivos en términos del número de brotes son Melaza 200 ml (T3) y Canela 100g, con promedios significativamente superiores al tratamiento control (T0).
- Los tratamientos con Sábila y Hormonagro tienen una eficacia moderada, con un promedio de brotes entre 3 y 4, lo que muestra que, aunque son efectivos, no son tan eficientes como Melaza o Hormonagro. (Anexo 1-5)
- El tratamiento T0 (control) tiene el menor número de brotes, lo que refuerza la idea de que los tratamientos aplicados tienen un efecto positivo sobre el crecimiento de brotes en las estacas.

En la tabla 6, se presenta la eficacia de los tratamientos en base a la longitud de la raíz en comparación con el tratamiento testigo (T0). Los resultados indican que Melaza 200 ml fue el tratamiento más eficaz, con un 192.99%, seguido de Melaza 100 ml con 182.16%, lo que muestra que ambos tratamientos promueven un crecimiento significativo de las raíces en comparación con el control. Hormonagro y Canela 100g también demostraron ser efectivos, con eficacias del 145.85% y 152.86%, respectivamente. Por otro lado, Sábila 80 ml y Canela 60g presentaron una eficacia moderada, con 140.13% y 125.47%, mientras que Sábila de 160 ml fue el menos eficaz, con un 116.56%, aunque aún superior al control.

Los tratamientos con melaza fueron los más efectivos para fomentar el crecimiento de raíces en las estacas de guayusa, lo que los posiciona como una opción prometedora para mejorar la propagación vegetativa de la planta.

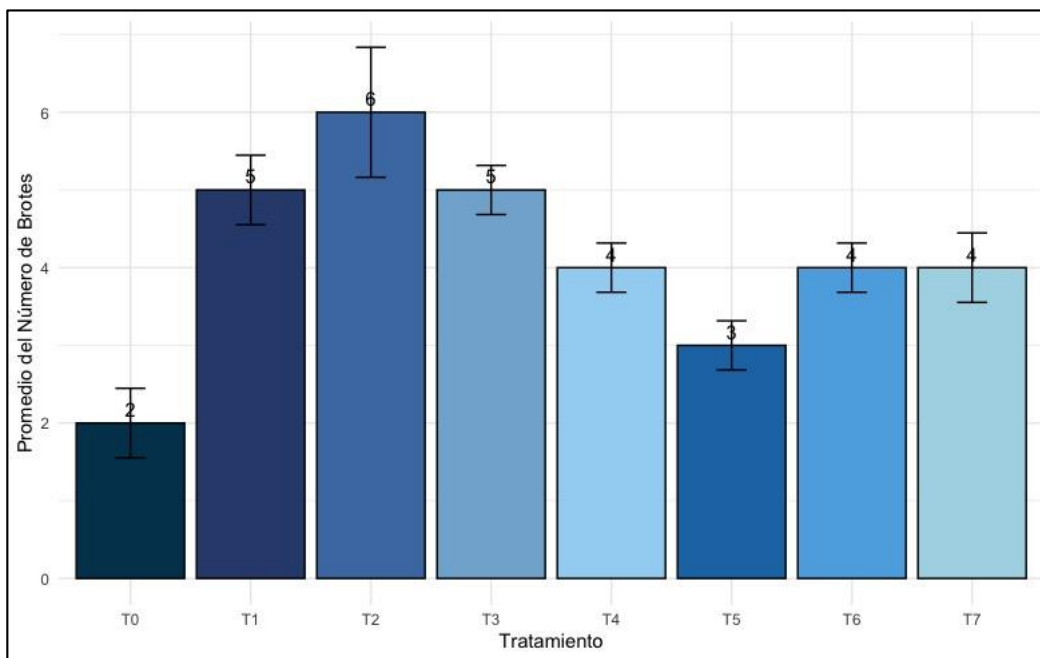
Para cumplir el siguiente objetivo se espera evaluar el comportamiento en las estacas de guayusa en relación con la aplicación de los 7 tratamientos se tomó 400 plántulas bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA), para la interpretación de los resultados se trabaja con 3 variables independientes, número de brotes, longitud de raíz y la tasa de mortalidad.

## 4.2. Variable número de brotes

Para evaluar el efecto de los tratamientos en el número de brotes en las estacas, se compararon los promedios de cada tratamiento. Los resultados son:

**Figura 20**

*Gráfico promedio del número de brotes*



*Nota.* Fuente propia

- Los tratamientos más efectivos en términos del número de brotes son Melaza 1 (T2) y Hormonagro (T1), con promedios significativamente superiores al tratamiento control (T0).
- Los tratamientos con Sábila y Canela tienen una eficacia moderada, con un promedio de brotes entre 3 y 4, lo que muestra que, aunque son efectivos, no son tan eficientes como Melaza o Hormonagro.

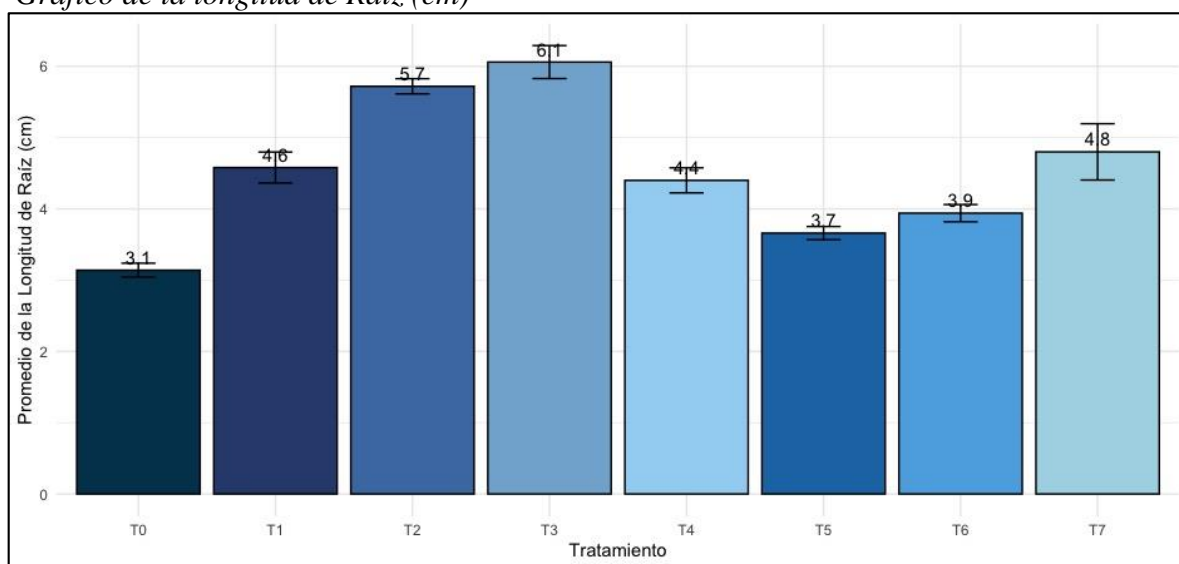
- El tratamiento T0 (control) tiene el menor número de brotes, lo que refuerza la idea de que los tratamientos aplicados tienen un efecto positivo sobre el crecimiento de brotes en las estacas.

### 4.3. Variable longitud de la raíz.

En cuanto al análisis de la variable longitud de la raíz en cm se realizó una comparación entre los ocho tratamientos.

**Figura 21**

*Gráfico de la longitud de Raíz (cm)*



*Nota:* Fuente propia

En la figura 20 podemos observar que:

- Los tratamientos con Melaza (T2 y T3) son los más efectivos en promover el crecimiento de raíces, alcanzando los promedios más altos de longitud.
- Hormonagro (T1) también muestra un impacto positivo considerable, con un crecimiento superior al tratamiento control.

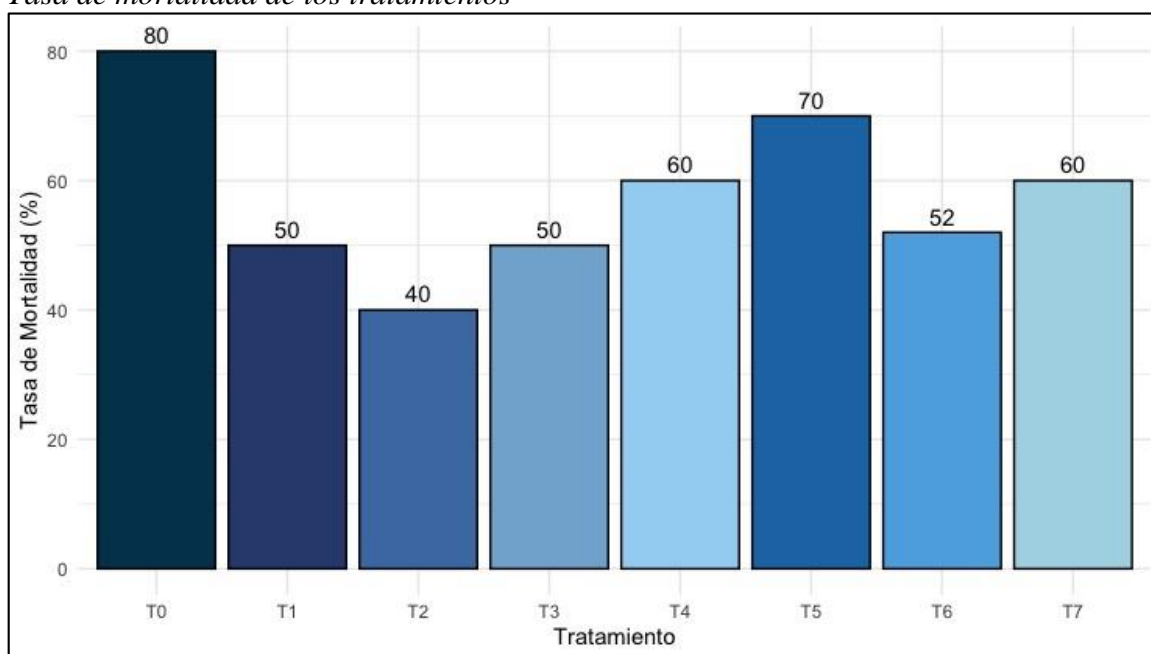
- Los tratamientos con Sábila y Canela tienen un efecto moderado, con T7 (Canela 100g) superando a T6 (Canela 60g), pero ninguno alcanzando la efectividad de los tratamientos con Melaza o Hormonagro.
- El tratamiento T0 (control) tiene el menor promedio de longitud de raíz, lo que confirma que los tratamientos aplicados en general mejoran el crecimiento radicular.

#### 4.4. Variable Tasa de mortalidad

En cuanto al análisis de la variable Tasa de mortalidad en % se realizó una comparación entre los ocho tratamientos.

**Figura 22**

*Tasa de mortalidad de los tratamientos*



*Nota.* Fuente propia

En cuanto al análisis de la tasa de mortalidad se puede concluir que:

El tratamiento más eficaz en reducir la mortalidad es T2 (Melaza 1), con una tasa de 40%. Este tratamiento es el que mejor mejora la supervivencia de las plantas.

- Los tratamientos T1 (Hormonagro) y T3 (Melaza 2) también ofrecen buenos resultados, con una mortalidad del 50%.
- Los tratamientos con Sábila y Canela son moderadamente efectivos, pero no tanto como la Melaza 1.
- El tratamiento control (T0) tiene la mortalidad más alta, lo que indica la importancia de aplicar algún tipo de tratamiento para mejorar la supervivencia de las plantas.

Para establecer cuál es la mejor hormona para producir el enraizamiento de la estaca de la guayusa es necesario comparar los tratamientos después de verificar la normalidad de cada variable.

**Tabla 8**

*Prueba de normalidad mediante Shapiro-Wilk de cada variable independiente.*

<b>Variables</b>	<b>W</b>	<b>p-valor</b>
Número de brotes	0,947	0,06
Longitud de raíz	0,954	0,10
Tasa de Mortalidad	0,960	0,16

*Nota.* Fuente propia

En la tabla 7 podemos observar que los valores de p son mayores a 0.05, por lo tanto, existe evidencia suficiente para concluir que las variables como número de brotes, longitud de raíz y tasa de mortalidad siguen una distribución normal con un 95% de confiabilidad.

#### 4.5. Variable Número de brotes

En vista que los datos siguen una distribución normal y es un diseño experimental completamente al azar, se considera usar el análisis de varianza (ANOVA) para la comparación entre las medias de los tratamientos, seguido de la prueba post-hoc TUCKEY para identificar las diferencias significativas entre los tratamientos u hormonas. Los siguientes datos utilizados fueron:

**Tabla 9**

*Datos del DCA del número de brotes*

Tratamientos	Numero de brotes					suma	promedio
	r1	r2	r3	r4	r5		
T0 (testigo)	2	1	3	1	3	10	2
T1 (hormonagro)	5	4	6	4	6	25	5
T2 (melaza 1)	4	7	4	8	7	30	6
T3 (melaza 2)	4	6	5	5	5	25	5
T4 (sabila 1)	5	4	3	4	4	20	4
T5 (sabila 2)	3	3	2	4	3	15	3
T6 (canela 1)	3	4	5	4	4	20	4
T7 (canela 2)	4	5	3	5	3	20	4

*Nota.* Fuente propia

**Tabla 10**

*Análisis de varianza de la variable número de brotes*

Origen de las variaciones	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor p
Tratamiento	7	54,375	7,767857143	7,31092437	2,9914E-05
error	32	34	1,0625		
Total	39	88,375			

*Nota.* Fuente propia

La variable número de brotes el valor p es menor a 0.05, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con un 95% de confiabilidad. Es decir, los tratamientos aplicados tienen un impacto claro y medible en el crecimiento de brotes.

En vista que presenta diferencias significativas es necesario realizar la prueba de Tuckey para comparar los tratamientos.

**Tabla 11**  
*Tabla de comparación de la prueba de TUCKEY*

<b>Comparación</b>	<b>diff</b>	<b>lwr</b>	<b>upr</b>	<b>p adj</b>
T1-T0	3.0	0.888	5.112	0.0014547
T2-T0	4.0	1.888	6.112	0.0000187
T3-T0	3.0	0.888	5.112	0.0014547
T4-T0	2.0	-0.112	4.112	0.0738178
T5-T0	1.0	-1.112	3.112	0.7837385
T6-T0	2.0	-0.112	4.112	0.0738178
T7-T0	2.0	-0.112	4.112	0.0738178
T2-T1	1.0	-1.112	3.112	0.7837385
T3-T1	-5,33E-	-2.112	2.112	10.000.000
T4-T1	-1.0	-3.112	1.112	0.7837385
T5-T1	-2.0	-4.112	0.112	0.0738178
T6-T1	-1.0	-3.112	1.112	0.7837385
T7-T1	-1.0	-3.112	1.112	0.7837385
T3-T2	-1.0	-3.112	1.112	0.7837385
T4-T2	-2.0	-4.112	0.112	0.0738178
T5-T2	-3.0	-5.112	-0.888	0.0014547
T6-T2	-2.0	-4.112	0.112	0.0738178
T7-T2	-2.0	-4.112	0.112	0.0738178

T4-T3	-1.0	-3.112	1.112	0.7837385
T5-T3	-2.0	-4.112	0.112	0.0738178
T6-T3	-1.0	-3.112	1.112	0.7837385
T7-T3	-1.0	-3.112	1.112	0.7837385
T5-T4	-1.0	-3.112	1.112	0.7837385
T6-T4	4,44E-13	-2.112	2.112	10.000.000
T7-T4	1,33E-12	-2.112	2.112	10.000.000
T6-T5	1.0	-1.112	3.112	0.7837385
T7-T5	1.0	-1.112	3.112	0.7837385
T7-T6	8,88E-13	-2.112	2.112	10.000.000

*Nota.* Fuente propia

#### Interpretación:

Los tratamientos Hormonagro (T1), Melaza 100 ml (T2), Melaza 200 ml (T3) y Sábila 160 ml (T5) presentan diferencias significativas al comparar con el tratamiento control T0, es decir, estos tratamientos tienen un efecto significativo en el número de brotes en comparación con el tratamiento sin aplicación de sustancias.

Los tratamientos aplicados a base de Sábila 80 ml (T4), Canela 60 g (T6) y Canela 100 g (T7), no muestran diferencias significativas con respecto al tratamiento control T0, lo que sugiere que sus efectos en el número de brotes no son tan marcados como los tratamientos mencionados anteriormente.

Además, algunas comparaciones entre los tratamientos mismos, como Sábila 80 ml (T4) - Melaza 200 ml (T3) y Canela 60 g (T6) - Hormonagro (T1), tampoco muestran diferencias significativas, lo que significa que en estos casos, los tratamientos son similares en cuanto al número de brotes.

#### 4.6. Variable Longitud de raíz

Los siguientes datos utilizados fueron:

**Tabla 12**

*Datos de la variable Longitud de la raíz*

Base de datos de longitud de raíz (cm)							
Tratamientos	r1	r2	r3	r4	r5	sumatoria	promedio
T0 (testigo)	3,2	3	3	3,5	3	15,7	3,14
T1 (hormonagro)	4,5	4,7	3,8	5,1	4,8	22,9	<b>4,58</b>
T2 (melaza 1)	5,6	5,6	5,8	6,1	5,5	28,6	<b>5,72</b>
T3 (melaza 2)	5,5	5,7	5,9	6,5	6,7	30,3	<b>6,06</b>
T4 (sabila 1)	4,5	4,6	4	4,9	4	22	4,4
T5 (sabila 2)	3,5	3,7	3,4	3,8	3,9	18,3	3,66
T6 (canela 1)	4,1	3,9	4,2	3,5	4	19,7	3,94
T7 (canela 2)	3,7	4,5	4,6	5,1	6,1	24	4,8

*Nota.* Fuente propia

**Tabla 13***Análisis de Varianza de Longitud de raíz*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Valor P</b>
Tratamiento	34,42975	7	4,91853571	23,6895158	5,798E-11
Error	6,644	32	0,207625		
Total	41,07375	39			

*Nota.* Fuente propia

La variable longitud de raíz el valor p es menor a 0.05, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con un 95% de confiabilidad. Es decir, los tratamientos aplicados tienen un impacto claro y medible en la longitud de raíz.

**Tabla 14***Comparación de la prueba de TUCKEY de la longitud de raíz*

<b>Comparación</b>	<b>diff</b>	<b>lwr</b>	<b>upr</b>	<b>p adj</b>
T1-T0	1.44	0.50648613	237.351.387	0.0004802
T2-T0	2.58	164.648.613	351.351.387	0.0000000
T3-T0	2.92	198.648.613	385.351.387	0.0000000
T4-T0	1.26	0.32648613	219.351.387	0.0027408
T5-T0	0.52	-0.41351387	145.351.387	0.6217672
T6-T0	0.80	-0.13351387	173.351.387	0.1370754
T7-T0	1.66	0.72648613	259.351.387	0.0000546
T2-T1	1.14	0.20648613	207.351.387	0.0083910
T3-T1	1.48	0.54648613	241.351.387	0.0003241
T4-T1	-0.18	-111.351.387	0.75351387	0.9982387

T5-T1	-0.92	-185.351.387	0.01351387	0.0557185
T6-T1	-0.64	-157.351.387	0.29351387	0.3666944
T7-T1	0.22	-0.71351387	115.351.387	0.9938909
T3-T2	0.34	-0.59351387	127.351.387	0.9319127
T4-T2	-1.32	-225.351.387	-0.38648613	0.0015437
T5-T2	-2.06	-299.351.387	-1.126486	0.0000011
T6-T2	-1.78	-271.351.387	-0.84648613	0.0000166
T7-T2	-0.92	-185.351.387	0.01351387	0.0557185
T4-T3	-1.66	-259.351.387	-0.72648613	0.0000546
T5-T3	-2.40	-333.351.387	-1.4664	0.0000000
T6-T3	-2.12	-305.351.387	-1.18648	0.0000006
T7-T3	-1.26	-219.351.387	-0.32648613	0.0027408
T5-T4	-0.74	-167.351.387	0.19351387	0.2048659
T6-T4	-0.46	-139.351.387	0.47351387	0.7489886
T7-T4	0.40	-0.53351387	133.351.387	0.8559657
T6-T5	0.28	-0.65351387	121.351.387	0.9753139
T7-T5	1.14	0.20648613	207.351.387	0.0083910
T7-T6	0.86	-0.07351387	179.351.387	0.0886815

*Nota.* Fuente propia

Interpretación:

- Melaza 200 ml (T3), Melaza 100 ml (T2) y Canela 100 g (T7) son los tratamientos que mostraron los efectos más significativos y positivos en la longitud de la raíz en comparación con el control. Estos tratamientos produjeron un aumento considerable en la

longitud de la raíz, con diferencias medias de 2.92 cm, 2.58 cm, y 1.66 cm respectivamente, y p-valores ajustados extremadamente bajos, lo que indica una alta confianza en la significancia de estos resultados.

- Las comparaciones entre los tratamientos de Melaza 100 ml (T2) y Melaza 200 ml (T3) no mostraron diferencias significativas, lo que indica que ambos tratamientos son igualmente efectivos para promover la longitud de la raíz.
- Sin embargo, cuando se comparan con otros tratamientos, como Sábila o Canela 60 g, los tratamientos de Melaza y Canela 100 g son considerablemente más efectivos, mostrando diferencias significativas en la longitud de la raíz.

#### 4.7. Variable Tasa de mortalidad

Los datos utilizados para el análisis fueron los siguientes:

**Tabla 15**

*Datos de la variable tasa de mortalidad*

<b>Tratamiento</b>	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>	<b>r4</b>	<b>r5</b>
T0	80	90	70	90	70
T1	50	60	40	60	40
T2	60	30	60	20	30
T3	60	40	50	50	50
T4	50	60	70	60	60
T5	70	70	80	60	70
T6	70	60	50	40	40
T7	60	50	70	50	70

*Nota.* Fuente propia

**Tabla 16***Análisis de Varianza de la variable Tasa de mortalidad*

Origen de las variaciones	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F	Valor p
Tratamiento	7	5617,5	802,5	6,6185567	7,151E-05
Error	32	3880	121,25		
Total	39	9497,5			

*Nota.* Fuente propia

La variable Tasa de mortalidad el valor p es menor a 0.05, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con un 95% de confiabilidad. Es decir, los tratamientos aplicados tienen un impacto claro y medible en la tasa de mortalidad.

En vista que muestra diferencias entre los tratamientos, se procede a realizar la prueba de Tuckey.

**Tabla 17***Tabla de comparación de la prueba de TUCKEY*

Comparación	diff	lwr	upr	p adj
T1-T0	-30	-52.559.103	-7.440.897	0.0032682
T2-T0	-40	-62.559.103	-17.440.897	0.0000572
T3-T0	-30	-52.559.103	-7.440.897	0.0032682
T4-T0	-20	-42.559.103	2.559.103	0.1126178
T5-T0	-10	-32.559.103	12.559.103	0.8338296
T6-T0	-28	-50.559.103	-5.440.897	0.0070724
T7-T0	-20	-42.559.103	2.559.103	0.1126178
T2-T1	-10	-32.559.103	12.559.103	0.8338296
T3-T1	5,68E-08	-22.559.103	22.559.103	10.000.000
T4-T1	10	-12.559.103	32.559.103	0.8338296

T5-T1	20	-2.559.103	42.559.103	0.1126178
T6-T1	2	-20.559.103	24.559.103	0.9999900
T7-T1	10	-12.559.103	32.559.103	0.8338296
T3-T2	10	-12.559.103	32.559.103	0.8338296
T4-T2	20	-2.559.103	42.559.103	0.1126178
T5-T2	30	7.440.897	52.559.103	0.0032682
T6-T2	12	-10.559.103	34.559.103	0.6729078
T7-T2	20	-2.559.103	42.559.103	0.1126178
T4-T3	10	-12.559.103	32.559.103	0.8338296
T5-T3	20	-2.559.103	42.559.103	0.1126178
T6-T3	2	-20.559.103	24.559.103	0.9999900
T7-T3	10	-12.559.103	32.559.103	0.8338296
T5-T4	10	-12.559.103	32.559.103	0.8338296
T6-T4	-8	-30.559.103	14.559.103	0.9403554
T7-T4	-7,11E09	-22.559.103	22.559.103	10.000.000
T6-T5	-18	-40.559.103	4.559.103	0.1985827
T7-T5	-10	-32.559.103	12.559.103	0.8338296
T7-T6	8	-14.559.103	30.559.103	0.9403554

*Nota.* Fuente propia.

### Interpretación

El análisis de los diferentes tratamientos aplicados en relación con la tasa de mortalidad muestra que Melaza 100 ml (T2), Hormonagro (T1), Melaza 200 ml (T3) y Canela 60 g (T6) son los tratamientos más efectivos, ya que reducen significativamente la mortalidad en comparación

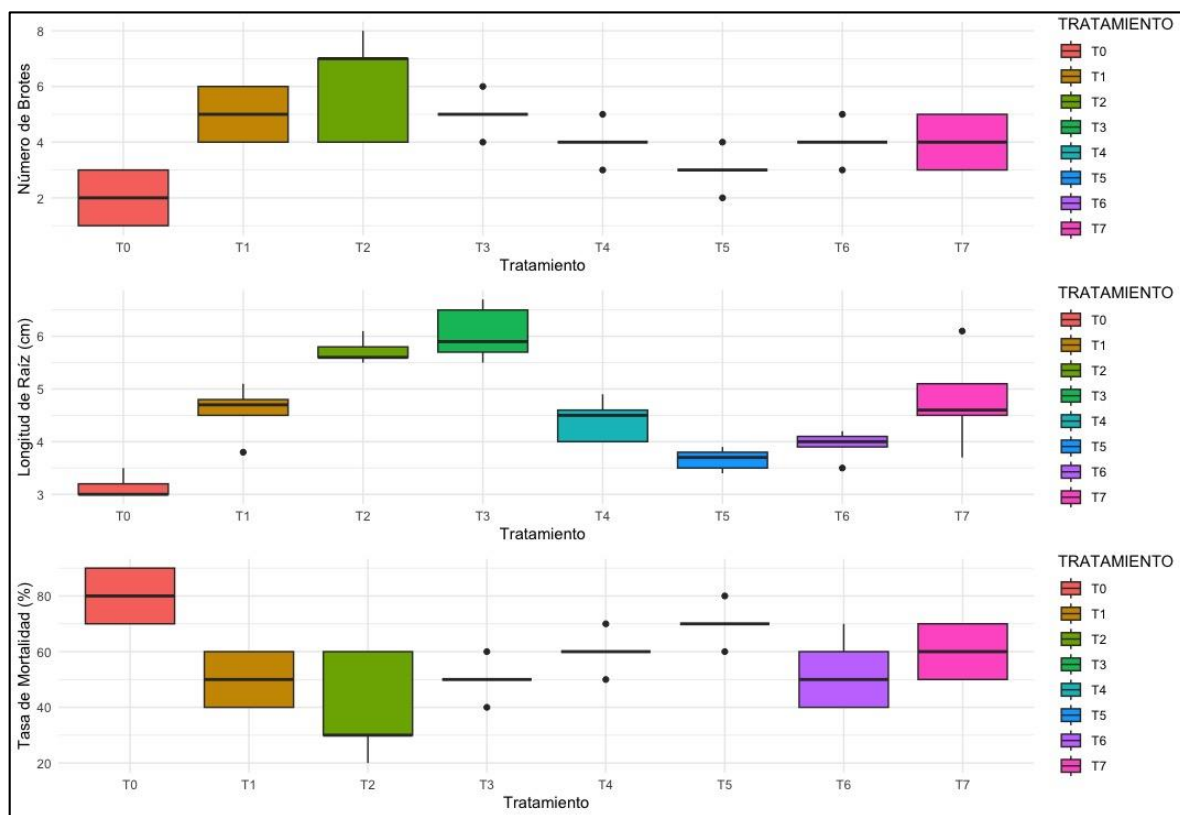
con el control (T0). Entre estos, Melaza 100 ml destaca como el tratamiento más efectivo con la mayor reducción de la tasa de mortalidad.

Por otro lado, los tratamientos de Sábila 80 ml (T4) y Canela 100 g (T7) no mostraron una reducción significativa de la mortalidad en comparación con el control, lo que sugiere que estos tratamientos no tienen un impacto considerable en la reducción de la tasa de mortalidad.

En cuanto a las comparaciones entre tratamientos, no se observaron diferencias significativas entre algunos de ellos, como Melaza 100 ml (T2) y Melaza 200 ml (T3), lo que indica que estos dos tratamientos son igualmente efectivos en reducir la mortalidad. De manera similar, los tratamientos Hormonagro (T1), Sábila 80 ml (T4) y Canela 60 g (T6) no mostraron diferencias significativas entre sí.

**Tabla 18**

*Boxplots de las tres variables con los tratamientos*



*Nota.* Fuente propia

Se puede observar que los tratamientos Melaza 100 ml (T2) y Melaza 200 ml (T3) se destacan como los más efectivos, mejorando tanto el número de brotes como la longitud de raíz, y reduciendo la tasa de mortalidad. Por otro lado, el control (T0) y otros tratamientos como T5 y T7 no ofrecen mejoras significativas en estas variables, e incluso en algunos casos tienen tasas de mortalidad más altas.

## Discusión

En este estudio se analizó la efectividad de diversos tratamientos hormonales y naturales en estacas de guayusa (*Ilex guayusa*) para fomentar tanto el número de brotes como la longitud de las raíces. Al comparar estos resultados con investigaciones previas, se encontró que los tratamientos hormonales, como Hormonagro, y la aplicación de melaza y sábila, mostraron diferencias significativas en comparación con el tratamiento control (T0). Estos resultados coinciden con estudios previos que han investigado el uso de reguladores de crecimiento en plantas, como el de Gómez et al. (2017), quienes reportaron que el uso de auxinas y otras hormonas vegetales contribuye al incremento en el número de brotes y en el desarrollo de raíces. En este trabajo, tratamientos como Hormonagro (T1) y melaza (T2 y T3) promovieron el crecimiento de brotes y la longitud de raíces de manera significativa, lo que refuerza la idea de que estos compuestos estimulan favorablemente el crecimiento vegetal.

Por otra parte, investigaciones realizadas por Pérez et al. (2018) que evaluaron los efectos de productos naturales como sábila y canela en la propagación de plantas, indicaron mejoras notables en el desarrollo vegetativo. En el presente estudio, los tratamientos con sábila (T4 y T5) y canela (T6 y T7) también demostraron beneficios, aunque no todos mostraron diferencias estadísticamente significativas en comparación con el tratamiento control. Esto sugiere que, si bien los productos naturales no siempre tienen el mismo impacto que los reguladores hormonales, sí pueden contribuir al enraizamiento y al crecimiento inicial de las estacas.

Asimismo, la tasa de mortalidad se redujo considerablemente en algunos tratamientos, particularmente con el uso de melaza y canela. Este hallazgo coincide con estudios como el de López et al. (2019), que sugieren que la aplicación de productos naturales, como la melaza, mejora

la viabilidad de las plantas al proporcionar nutrientes y reducir el estrés hídrico, lo que contribuye a un mejor crecimiento y desarrollo radicular.

En síntesis, los tratamientos analizados en esta investigación mostraron ser eficaces para promover el crecimiento de brotes y la formación de raíces en estacas de guayusa. Los tratamientos hormonales, como Hormonagro, presentaron los mejores resultados, aunque los tratamientos basados en productos naturales, como la melaza y la sábila, también demostraron ser prometedores. Estos hallazgos coinciden con investigaciones anteriores que subrayan la importancia tanto de los reguladores de crecimiento como de los productos naturales en la propagación vegetal. En conjunto, estos resultados tienen implicaciones relevantes para la producción sostenible de guayusa y otras especies vegetales, optimizando las técnicas de propagación.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran claramente que el tratamiento con Melaza en las dos dosis (100 y 200 ml) fue el más efectivo para mejorar tanto el enraizamiento como la brotación de las estacas de guayusa. A lo largo de las diferentes mediciones, este tratamiento mostró un desempeño superior en términos de la cantidad de brotes y la longitud de raíz, lo que indica que la melaza actúa como un promotor eficiente del crecimiento vegetativo. Estos resultados son consistentes con otros estudios que han resaltado el uso de sustancias orgánicas como la melaza para promover el desarrollo radicular en plantas.

Por otro lado, el tratamiento con Hormonagro (T1) también arrojó resultados positivos, situándose como el segundo tratamiento más efectivo en cuanto a brotación y longitud de raíz, lo que sugiere que ambos productos pueden ser considerados como alternativas viables para la propagación vegetativa de la guayusa. En contraste, otros tratamientos como los que incluyen canela y sábila, aunque presentaron ciertos beneficios, no lograron alcanzar los niveles de efectividad observados con Melaza 100 ml o Hormonagro.

En cuanto a la tasa de mortalidad de las estacas, el tratamiento con Melaza 100 ml también mostró una reducción significativa en comparación con el control y otros tratamientos, lo que sugiere que este producto no solo promueve el crecimiento, sino que también incrementa la resistencia de las estacas ante condiciones adversas. La efectividad de estos tratamientos destaca la importancia de seleccionar adecuadamente las sustancias utilizadas en el manejo de estacas, ya que influye directamente en el éxito de la propagación vegetativa.

### **Recomendaciones**

Se sugiere repetir el ensayo utilizando las mismas hormonas evaluadas en este estudio, pero considerando diferentes temporadas del año. Esto permitirá evaluar el impacto de las condiciones climáticas y estacionales en el enraizamiento y brotación de estacas de guayusa, asegurando la reproducibilidad y aplicabilidad de los resultados en diversos contextos.

Sugerir el uso del espacio experimental para aplicar los tratamientos en estacas de guayusa en diferentes etapas fenológicas, como la etapa inicial de crecimiento, desarrollo vegetativo y formación de raíces, para la identificación del momento óptimo para la aplicación de las hormonas y mejorar su efectividad.

Con los resultados obtenidos se recomienda capacitar a los agricultores y técnicos en el uso adecuado de estos tratamientos, asegurando que se apliquen las dosis y condiciones evaluadas y recomendadas para maximizar los beneficios observados en este estudio.

## Bibliografía

- Crespo, C. (2018). *Determinación indirecta del contenido de cafeína en el cultivo de guayusa (Ilex guayusa), mediante el NDVL*. Obtenido de Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14258>
- Torres, G. J. (2013). *CHANKUAP*. Obtenido de <http://chankuap.org/wp-content/uploads/2014/03/Manual-de-buenas-practicas-de-la-Guayusa.pdf>
- Kwebeman, M. (2024). *Elclimaytiempo.com*. Obtenido de El clima de Macas: <https://elclimaytiempo.com/ecuador/macass-1186580/>
- IAUSA. (2020). *Que es un enraizante?* Obtenido de <https://iausa.com.mx/que-es-un-enraizante/#:~:text=Un%20enraizante%20es%20un%20producto,absorci%C3%B3n%20de%20nutrientes%20y%20agua.>
- Smith, N. (2014). *Amazonia: la ecología histórica de un paisaje domesticado*. Oxford University Press.
- Hartmann, H., Kester, D., Davies, F., & Geneve, R. (2011). *Propagación de plantas: principios y prácticas*. Prentice Hall.
- Boll, T., Erben, S., & Bernhardt, K. (2016). *Plantas Amazónicas*. Etnobotánica del Amazonas. Springer.
- Cabrera, R. (2005). *Ilex guayusa: El árbol sagrado de la Amazonía*. Boletín de la Sociedad Botánica del Ecuador.
- Lewis, W., & Elvin-Lewis, M. (2003). *Botánica médica: plantas que afectan la salud humana*. John Wiley & Sons.
- Villalba, J. (1994). *Flora del Ecuador: una guía de campo*. Editorial Universidad Central del Ecuador.
- Chaves, C., Castaño, A., & Perez, J. (2016). *Guayusa: Una alternativa energética y saludable*. *Revista de química agrícola y alimentaria*, 64, 4715-4722.
- Gage, T., & MacCombie, D. (2015). *Runa: Energizando los medios de vida y la conservación en la Amazonía*. *Revisión de innovación social de Stanford*, 13, 36-41.
- Moore, K., Sanchez, S., & Flores, D. (2018). *Desarrollo rural y guayusa: Estrategias de sostenibilidad en la Amazonía ecuatoriana*. *Revista de Estudios Rurales*, 10, 89-107.
- Valdez, L. (2006). *Guayusa y rituales chamánicos en la Amazonía*. *Revista de Estudios Amazónicos*, 12, 213-229.
- Thorpe, T. (2007). *Historia del cultivo de tejidos vegetales*. *Biotecnología Molecular*, 37(2), 169-180.

- Blanco, A., Naranjo, M., & Cuadrado, S. (2013). Composición química y propiedades antioxidantes de *Ilex guayusa* Loes. *Revista de Fitoterapia*, 13, 45-52.
- Reed, R. (2008). Cultivando la identidad: Conocimiento tradicional y prácticas agrícolas en la Amazonía. *Revista de etnobiología*, 28, 123-140.
- Davies, P. (2004). *Hormonas vegetales: biosíntesis, transducción de señales*. Springer.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Fisiología vegetal*. Sinauer Asociados.
- Hedden, P., & Thomas, S. (2012). Biosíntesis de giberelinas y su regulación. *Revista bioquímica*, 444, 11-25.
- Phinney, B. (2010). Giberelinas. *Revisión anual de fisiología vegetal*, 30(1), 579-606., 30, 579-606.
- Mok, D., & Mok, M. (2001). *Citoquininas: química, actividad y función*. CRC Press.
- Sakakibara, H. (2006). Citoquininas: actividad, biosíntesis y translocación. *Revisión anual de biología vegetal*, 57, 431-449.
- Cutler, S., & Rodriguez, P. (2010). Ácido abscísico: aparición de una red de señalización central. *Revisión anual de biología vegetal*, 61, 651-679., 61, 651-679.
- Nambara, E., & Marion-Poll, A. (2005). Biosíntesis y catabolismo del ácido abscísico. *Revisión anual de biología vegetal*, 56, 165-185.
- Bleecker, A., & Kende, H. (2000). Etileno: Molécula señalizadora gaseosa en las plantas. *Revisión anual de biología celular y del desarrollo*, 16, 1-18.
- Wilkinson, J., Lanahan, M., Yen, H., Giovannoni, J., & Klee, H. (2012). Un componente de transducción de señales inducible por etileno codificado por nunca maduro. *Ciencia*, 270, 1807-1809.
- Howard, B., Harrison-Murray, R., & Thompson, R. (2000). Efectos de la temperatura en el enraizamiento de esquejes: implicaciones para la gestión del tiempo y del entorno de propagación. *Cultivo de células, tejidos y órganos vegetales*, 62, 181-188.
- Svenson, S. (1997). El entorno de propagación influye en el enraizamiento y el crecimiento de los esquejes. *HortScience*, 32, 899-903.
- Grange, R., & Loach, K. (1983). La economía hídrica de esquejes frondosos desarraigados. *Revista de ciencias hortícolas*, 58, 9-17.
- Marschner, H. (2012). *Nutrición mineral de plantas superiores de Marschner*. Academic Press.
- Zobel, R., & Waisel, Y. (2010). Raíces finas: la mitad oculta de la mitad oculta. *Biosistemas vegetales*, 144, 433-435.
- Cochran, W., & Cox, G. (1992). *Diseños experimentales*. John Wiley & Sons.

- Gomez, K., & Gomez, A. (1984). *Procedimientos estadísticos para la investigación agrícola*. John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. (2017). *Diseño y Análisis de Experimentos*. John Wiley & Sons.
- Timbro, J. (2011). El té de guayusa en la vida cotidiana de los Kichwa de la Amazonía ecuatoriana. *Revista de Antropología*, 20(3), 65-78., 20 (3), 65-78.
- Kapp, P. (2013). *La guía definitiva de Guayusa: un poderoso té del Amazonas*. Plataforma de publicación independiente CreateSpace.
- Stevens, P. (2001). *Filogenia de angiospermas*. Obtenido de <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- Sequeda-Castañeda, L., Modesti Costa, G., Celis, C., Gamboa, F., & Luengas, P. (2016). Amazon and andean native plant. *Pharmacologyonline*, 3, 193-202., 3, 193-202.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). Sistemas agroforestales. *Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales, 1*. Cali, Colombia: CIPAV.

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**Diego Paul Cando Guzman** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1400889463**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del proyecto de titulación **“Evaluación del efecto de hormonas naturales en estacas de guayusa (*Ilex guayusa*) para la determinación de los niveles de adaptabilidad durante su reproducción”** 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.

**Macas 12 de diciembre 2024**



F: .....

**Nombres y Apellidos**

**C.I. 01010101010**