

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Efecto de la consistencia de microestacas y diferentes concentraciones de AIB (Ácido indolbutírico) y ANA (Ácido naftalenacético) en el enraizamiento de *Macleania rupestris* bajo condiciones controladas**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

**Autor:**

Tania Valeria Muicela Llivicura

Norma Mariela Vázquez Campoverde

**Director:**

Denisse Fabiola Peña Tapia

ORCID:  0000-0002-7285-2646

**Cuenca, Ecuador**

2023-11-14

## Resumen

*Macleania rupestris*, conocida comúnmente como Joyapa, es una especie de la familia Ericaceae que muestra un alto potencial de uso y comercialización por los múltiples beneficios que ofrece, pero que presenta un escaso enraizamiento al momento de su propagación. En esta investigación se evaluó el efecto de la consistencia de microestacas de *M. rupestris* (herbácea y semileñosa) y de dos tipos de auxinas 1) ácido indolbutírico (AIB) y 2) ácido naftalenacético (ANA) aplicadas en 4 concentraciones (0, 500, 1000 y 2000 mg/l) en el enraizamiento de *M. rupestris* bajo condiciones controladas. Los tratamientos se evaluaron en sustrato líquido (agua) y se mantuvieron dentro de bandejas cubiertas durante 90 días, registrando temperatura y humedad relativa. Se evaluó el porcentaje de enraizamiento, el número de raíces por estaca, la longitud de las raíces y el porcentaje de microestacas vivas. Los resultados mostraron que las microestacas semileñosas respondieron mejor al enraizamiento (6,67%) en comparación con las de consistencia herbácea (0,83%). Respecto al tipo de auxina, las microestacas tratadas con ANA presentaron mayor enraizamiento en comparación con las tratadas con AIB. Con ANA, la concentración baja (500 mg/l) obtuvo el mayor número de microestacas enraizadas (13,3%), sin embargo, el porcentaje alcanzado sigue siendo muy bajo e insuficiente para un proceso de propagación masiva.

*Palabras clave:* enraizamiento, microestacas, consistencia, auxinas



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

*Macleania rupestris*, commonly known as Joyapa, is a species of the Ericaceae family that shows a high potential for use and commercialization due to the multiple benefits it offers, but it has little rooting at the time of its propagation. In this research, the effect of the consistency of microcuttings of *M. rupestris* (herbaceous and semi-woody) and of two types of auxins 1) indolebutyric acid (IBA) and 2) naphthaleneacetic acid (NAA) applied at 4 concentrations (0, 500, 1000 and 2000 mg/l) in the rooting of *M. rupestris* under controlled conditions. Treatments were evaluated in liquid substrate (water) and kept inside covered trays for 90 days, recording temperature and relative humidity. The rooting percentage, the number of roots per cutting, the length of the roots and the percentage of living microcuttings were evaluated. The results showed that the semi-woody microcuttings responded better to rooting compared to those of herbaceous consistency. Regarding the type of auxin, the microcuttings treated with ANA showed greater rooting compared to those treated with AIB. With the low concentration of ANA (500 mg/l) the highest number of rooted microcuttings was obtained, however, the percentage reached is still very low and insufficient for a massive propagation process.

*Keywords:* rooting, microcuttings, consistency, auxins



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

Introducción.....	11
Objetivos.....	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos.....	13
Hipótesis.....	13
Revisión bibliográfica.....	14
Distribución y descripción de la familia Ericaceae.....	14
Distribución y descripción de <i>M. Rupestris</i> .....	14
Propagación asexual.....	14
Consistencia del material vegetal.....	15
Biorreguladores o reguladores de crecimiento.....	15
Medio de enraizamiento.....	17
Materiales y métodos.....	18
Ubicación y descripción del área de estudio.....	18
Materiales.....	19
Metodología.....	19
Selección y recolección del material vegetal.....	19
Características de microestacas.....	20
Desinfección de microestacas.....	20
Preparación de soluciones hormonales.....	20
Aplicación de concentraciones hormonales.....	21
Mantenimiento de microestacas en el medio de enraizamiento.....	21
Diseño experimental.....	22
Análisis estadístico.....	24
Resultados.....	25
Efecto de la consistencia de microestacas en el enraizamiento de <i>M. Rupestris</i> .....	25
Efecto del tipo de auxina en diferentes concentraciones en el enraizamiento de microestacas de <i>M. Rupestris</i> .....	26
Discusión.....	28

# UCUENCA

5

Conclusiones.....	32
Recomendaciones.....	33
Referencias.....	34
Anexos.....	41

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación de la provincia del Cañar, Cantón Azogues, parroquia Luis Cordero.....	18
<b>Figura 2.</b> Muestra de estaca de <i>Macleania rupestris</i> con dos tipos de consistencia (parte superior consistencia herbácea y parte inferior consistencia semileñosa).....	19

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Materiales.....	19
<b>Tabla 2.</b> Concentraciones de soluciones hormonales de AIB y de ANA utilizadas en el enraizamiento de microestacas de <i>M. rupestris</i> .....	21
<b>Tabla 3.</b> Valores máximos, mínimos y promedios de la temperatura y humedad relativa registradas dentro de las bandejas donde se conservó el material de estudio durante los 90 días que duró el experimento.....	22
<b>Tabla 4.</b> Diseño factorial con sus niveles (Factor A consistencia con dos niveles, A1 consistencia herbácea y A2 consistencia semileñosa), (Factor B tipo de auxina con dos niveles, B1 AIB y B2 ANA) y (Factor C tipo de concentración con 4 niveles, C1 control sin hormona, C2 concentración baja, C3 concentración media y C4 concentración alta).....	23
<b>Tabla 5.</b> Tratamientos obtenidos por la combinación de niveles de los 3 diferentes factores (16 tratamientos en total).....	24
<b>Tabla 6.</b> Resultados obtenidos de cada variable (Microestacas enraizadas, número de raíces, longitud de raíz y microestacas vivas) en microestacas herbáceas y semileñosas.....	25
<b>Tabla 7.</b> Resultados obtenidos en microestacas semileñosas de cada variable (Microestacas enraizadas, número de raíces, longitud de raíz y microestacas vivas) en tipo de auxina y sus concentraciones.....	27

## Índice de anexos

<b>Anexo A.</b> Material dentro de bandejas cubiertas.....	41
<b>Anexo B.</b> Microestacas en estado de pudrición.....	41
<b>Anexo C.</b> Microestacas semileñosas enraizadas.....	41

## Agradecimientos

A Dios y a la Virgen por habernos iluminado y acompañado durante este camino recorrido.

A nuestros padres y hermanos por haber sido nuestro apoyo y fortaleza a lo largo de nuestra vida universitaria.

A nuestra directora de tesis, Blga. Denisse Peña quien ha sido guía y soporte incondicional durante el desarrollo de este proyecto.

A nuestros compañeros de clase quienes nos han brindado su apoyo en este trayecto.

A nuestros estimados docentes quienes nos han impartido sus conocimientos durante la carrera.

A la Universidad de Cuenca, de manera especial a la Carrera de Ingeniería Agronómica por brindarnos los mejores aprendizajes y experiencias durante todos estos años.

*Tania & Mariela*

### Dedicatorias

Dedico este trabajo a mis padres Germán y Amada quienes son el pilar fundamental en mi vida, A mi hermano Edwin Geovanny que me apoya en todo momento. A mis familiares que de una u otra manera me han brindado su apoyo incondicional durante estos años de vida universitaria.

*Tania Muicela*

Dedico este trabajo a mis queridos padres Gustavo y Norma quienes con mucho esfuerzo y dedicación han logrado sacarme adelante, brindándome su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y carrera universitaria. También a mis hermanos Daniel, Anabel, Isabel, Lilibeth y Nora, por darme el ánimo necesario durante este trayecto y a quienes espero ser su ejemplo a seguir. Y a mi abuelo Ángel que está en el cielo, quien a pesar de no estar presente en este importante momento de mi vida siempre estuvo orgulloso de mi, dándome las mejores palabras de aliento para continuar con mi vida profesional.

*Mariela Vázquez*

## Introducción

Ecuador es un país con una gran variedad de plantas silvestres con frutos comestibles (Eynden, 2004). Una de las familias que posee un alto número de especies que generalmente crecen en estado silvestre es la familia Ericaceae, dentro de esta se encuentra *Macleania rupestris* una de las especies más conocidas en nuestro medio como “Joyapa” (Eynden & Cueva, 2008).

La familia Ericaceae cumple diversas funciones en el ámbito ecológico, especialmente en bosques montanos y páramos (Lagos et al., 2010). Además, puede aportar en el ámbito social del país, Huamantupa et al. (2018) señalan que los frutos de *M. rupestris* y otras Ericáceas son consumidos y apetecidos en algunas zonas andinas de Latinoamérica por su alto valor medicinal y nutritivo.

Coba et al. (2012) mencionan que las especies nativas están siendo eliminadas con el avance de la frontera agrícola y la minería. Veloza et al. (2014) lo atribuyen en parte al desconocimiento de los beneficios que se pueden obtener de estas especies y en algunos casos a la dificultad de su propagación, siendo este último un problema en *M. rupestris*, especie que no cuenta con un método eficaz para ser propagada (Durán et al., 2013).

*M. rupestris* ha logrado alcanzar un 100% de germinación de semillas por medio de la multiplicación sexual en condiciones *in vitro*, sin embargo, con la propagación por semilla el crecimiento de las plantas resulta ser muy lento (Córdoba et al., 2010). Cardozo et al. (2009) sugieren la multiplicación asexual por estacas como una alternativa viable para propagar esta especie.

La propagación asexual es un tipo de propagación vegetativa muy utilizado para propagar especies en general ya que ofrece beneficios como mantener el genotipo de la planta madre y obtener gran cantidad de material genético en periodos cortos de tiempo (Cachique et al., 2011). Sin embargo, la propagación por estacas de *M. rupestris* ha presentado un escaso enraizamiento en su propagación comercial (Gutiérrez & De la Cruz, 2019).

Li et al. (2009) indican que un aporte exógeno de hormonas principalmente auxinas puede ayudar a aumentar el enraizamiento. A la vez, Ortiz et al. (2019) recomiendan el uso de biorreguladores para el enraizamiento de *M. rupestris*. Actualmente se usan fitohormonas comerciales para la inducción de raíces en varias especies, algunos compuestos como AIB y ANA estimulan el crecimiento de este órgano en estacas o esquejes (Jordán & Casaretto, 2006). No obstante, es importante hacer uso de los reguladores de crecimiento en las

concentraciones adecuadas para estimular el enraizamiento en plántulas optimizando así su posterior producción (Castro et al., 2015).

El tipo de estaca es también un factor que puede influir en el proceso de enraizado ya que se conoce que el material joven responde de mejor manera a la inducción hormonal (Ramirez et al., 2004). En la propagación de *Gmelina arborea* Roxb se determinó que el uso de esquejes tanto de partes apicales como de partes intermedias de plantas leñosas presentan un enraizamiento superior al 70%, debido a que el contenido endógeno de auxinas y reservas que se almacenan en estos sitios es mayor en relación al material más adulto (Ruíz et al., 2005). Además, Veloza et al. (2014) señalan que el uso esquejes de tallo pueden ser una alternativa viable para desarrollar un protocolo de propagación para *M. rupestris*, ya que a pesar de que existe poca evidencia de este tipo de propagación en esta especie, se conoce la efectividad de este método en la propagación de otras ericáceas que se cultivan comercialmente por la rapidez, facilidad y costos del proceso.

De acuerdo a Mendez et al. (2004) el medio en el cual se produce el enraizamiento es otro aspecto fundamental para determinar el éxito del proceso, por lo que el agua constituye una alternativa importante para propagar estacas de algunas especies como *Ixora coccinea*, en la cual se ha obtenido un alto enraizamiento, además ofrece beneficios como aprovechamiento de espacio, fácil observación de raíces y no es necesario implementar un sistema de riego.

*M. rupestris* es una especie nativa con varios beneficios y un gran potencial para ser comercializada, sin embargo, al momento de su propagación asexual el enraizamiento es una limitante. En el presente estudio evaluamos el efecto de la consistencia de microestacas, así como el uso de 2 diferentes auxinas aplicadas en 4 concentraciones para el enraizamiento de Joyapa, ya que consideramos que este trabajo podría ser un aporte a la conservación, manejo y uso de la especie.

## Objetivos

### Objetivo general

Evaluar el efecto de la consistencia de microestacas y diferentes concentraciones de AIB (Ácido indolbutírico) y ANA (Ácido naftalenacético) en el enraizamiento de *Macleania rupestris* bajo condiciones controladas.

### Objetivos específicos

Determinar el efecto de la consistencia de microestacas en el enraizamiento de *M. rupestris*.

Evaluar la respuesta del tipo de auxina en diferentes concentraciones en el enraizamiento de microestacas de *M. rupestris*.

## Hipótesis

La consistencia del material vegetal, el tipo de auxina y la concentración hormonal son factores que influyen en el enraizamiento de microestacas de *M. rupestris*.

## Revisión bibliográfica

### Distribución y descripción de la familia Ericaceae

Ericaceae es una familia que posee alrededor de 120 géneros y 4000 especies que habitan en todo el mundo, se encuentran en forma de árboles, arbustos o subarbustos (Teillier et al., 2019). En Sudamérica las especies de esta familia tienen una distribución neotropical principalmente en países como Venezuela, Perú, Colombia y Ecuador, la mayor parte presente en zonas templadas y frías con alta diversidad en áreas montañosas (Dávila, 2001). En Ecuador la familia Ericaceae comprende 21 géneros con más de 200 especies de las cuales el 60% son endémicas (Luteyn, 2021).

Las Ericáceas juegan un importante rol ecológico en la composición florística de los bosques andinos de manera especial en bosques con neblina, además las flores y frutos de estas especies son consumidos por pobladores rurales (Huamantupa & Cuba, 2011).

### Distribución y descripción de *M. rupestris*

*M. rupestris* es una Ericácea conocida comúnmente en el austro ecuatoriano como Joyapa (Cardozo et al., 2009). Es un arbusto que crece en bosques alto andinos y en páramos entre los 2000 y 3500 msnm (Corzo, 2014). Lagos et al. (2010) señalan que su altura puede ir desde los 60 cm hasta los 2 m, crece en bosques, matorrales o entre pastos y arbustos.

Esta especie presenta un tallo con corteza clara y escamosa, sus hojas son ovadas tienen una coloración roja en su estado juvenil y color verde claro en su etapa madura, inflorescencia terminal con flores axilares y el fruto es una baya oblonga o redonda (Cardozo et al., 2009).

Los frutos de esta y otras Ericáceas poseen un alto valor nutricional por su contenido de antioxidantes, vitamina C y B, potasio, calcio, fósforo (Fernández, 2012).

### Propagación asexual

La propagación asexual o vegetativa es definida como la reproducción de cualquier parte de la planta como célula, órgano o tejido dando origen a otra con características similares, aminorando tiempo y costos de producción, a su vez uno de los métodos más usados en este tipo de propagación es la propagación por estacas o esquejes que consiste en sacar fragmentos de brotes, hojas, raíces, ramas o tallos con el fin de inducir el enraizamiento y brotación en la parte aérea hasta obtener una nueva planta (Rojas et al., 2004).

La propagación por miniestacas es una alternativa para la producción de plantas, esta técnica aplicada en material juvenil ha permitido lograr un enraizamiento de guayaba (*Psidium guineense* y *Psidium guajava*) por encima del 90%, por otro lado, durante la propagación el mantenimiento y control de las miniestacas se facilita por su tamaño, ya que ocupan menos espacio físico y material vegetal (Amim et al., 2011).

### **Consistencia del material vegetal**

Fachinello et al. (2005) menciona que al momento de realizar propagación asexual mediante estacas de tallo éstas se pueden clasificar por su consistencia en: Herbáceas que son estacas obtenidas durante el crecimiento vegetativo de una planta que tienen una alta actividad meristemática y un bajo contenido de lignina en sus hojas y tejidos. Semileñosas, las cuales tienen sus tallos y hojas más lignificados que las herbáceas. Y leñosas, cuando las estacas se encuentran altamente lignificadas.

La correcta selección del material vegetal al momento de extraer las estacas es uno de los factores que puede intervenir en el enraizamiento, se conoce que en ramas de especies leñosas existe variación en su composición química desde la base hasta su ápice, generalmente se obtiene mayor enraizamiento en estacas tomadas de la base de la rama debido a un mayor contenido de carbohidratos, sin embargo en otras especies, estacas herbáceas tomadas de la parte apical han mostrado un mayor enraizamiento debido a que existe una menor diferenciación de tejidos, volviéndose la mayoría células meristemáticas (Hartman & Kester, 1997).

Ruiz et al. (2005) recomiendan el uso de tejido juvenil para propagar asexualmente especies de consistencia leñosa, de tal manera que se usan rebrotes o plantas jóvenes a fin de garantizar el enraizamiento. López et al. (2008) en su estudio realizado con *Physalis peruviana* L. concluyeron que el uso de esquejes tomados de las partes terminales y medias de las ramas pueden ayudar a conseguir resultados exitosos con el 92% y 80% de enraizamiento respectivamente, a diferencia de esquejes tomados de la parte basal de las ramas los cuales presentaron un enraizamiento del 65%, esto lo atribuyen a que el material vegetal más joven produce y exporta una mayor cantidad de auxinas necesarias para promover la actividad rizogénica en comparación con órganos más adultos.

### **Biorreguladores o reguladores de crecimiento**

Los biorreguladores o reguladores de crecimiento son sustancias usadas para acelerar los procesos morfogénicos de las plantas, integrar biorreguladores como tecnología para la

generación de plantas puede ser considerada como una importante alternativa de propagación (Hernández et al., 2010). Productos hormonales sean puros o comerciales juegan un papel importante en el desarrollo radical de estacas (Matamoros et al., 2020).

Las auxinas son fitohormonas reguladoras de crecimiento que intervienen en procesos importantes para el desarrollo de la planta, se ha demostrado que compuestos que contienen auxinas son capaces de inducir elongación de tallos y formar raíces adventicias tanto en hojas como en tallos (Garay et al., 2014).

La auxina más usada para la formación de raíces adventicias es el ácido indolbutírico (AIB), esta auxina es utilizada en un amplio rango de concentraciones debido a que no presenta toxicidad en un gran número de especies (Castrillón et al., 2008). Muñoz & Molina (2016) realizaron un estudio que consistió en propagar estacas de diferentes edades de *Myrceugenia exsucca* utilizando ácido indolbutírico (AIB) como enraizador, los mejores resultados se obtuvieron en estacas juveniles usando dosis mayores a 3,000 mg L<sup>-1</sup> de AIB, con más del 85% de enraizamiento.

Valencia (2020) demostró la eficacia del producto agro-IBA en el enraizamiento de *Gmelina arborea* al compararla con otras hormonas comerciales como hormonagro (ANA) y Ciber-ACI (ACI), agro-IBA (AIB) presentó un mayor rango de supervivencia y mayor enraizamiento de explantes.

El ácido naftalenacético (ANA) es otra auxina con capacidad enraizante muy utilizada en la producción de plantas (Hernández et al., 2005). Para enraizar esquejes de dos Ericáceas mortiño (*Vaccinium floribundum*) y capulí silvestre (*Disterigma alaternoides*) se determinó que la aplicación de ANA en una concentración de 400 mg L<sup>-1</sup> sirve eficazmente para aumentar el porcentaje de enraizamiento en 44% y 77%, además contribuye a la incrementación de la longitud de raíces que se forman en las plantas (Magnitskiy et al., 2011).

Vivanco (2009) evaluó la eficacia de enraizadores comerciales como bioplus, hormonagro y enraizador universal en la propagación por esquejes de *Hypericum* ssp, en los resultados se destaca el enraizador hormonagro con el 56% de esquejes enraizados, concluyendo así que el producto con ANA como ingrediente activo es un regulador fisiológico que promueve positivamente la emisión radicular.

### Medio de enraizamiento

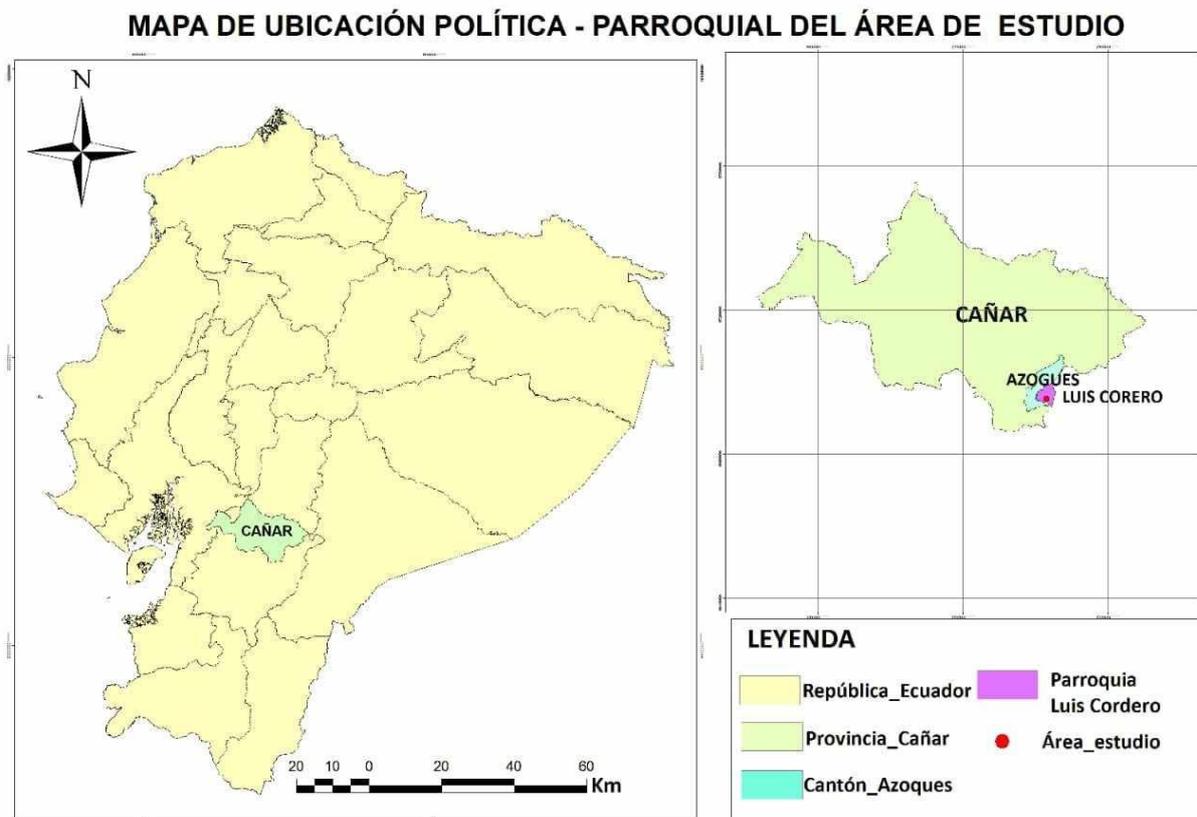
Kumar & Fatmi (2021) indican que no existe un medio de enraizamiento universal para propagar esquejes, determinar el medio adecuado depende de cada especie, el uso de agua como medio constituye una alternativa para la propagación de plantas, esto se atribuye a que el agua evita la desecación de los esquejes que no poseen raíces, además interviene en procesos como la fotosíntesis provocando el desarrollo y crecimiento de la zona radicular.

Del mismo modo, Suárez et al. (2008) sugieren el uso de agua como medio de propagación de especies vegetales, esto en base a su estudio realizado en propágulos de *Alpinia purpurata* en donde se determinó que el agua destilada a comparación de sustratos como material aluvial y cascarilla incrementó de manera significativa el número y longitud de raíces, tamaño de brotes y número de hojas, esto se atribuyó a que posiblemente el agua actúa como activador de procesos fisiológicos como la producción de raíces adventicias, además con el uso de agua existe una reducción en costos de producción debido a que se utilizan materiales sencillos y en poca cantidad. Vidoz et al. (2010) reportan que la falta de oxígeno en un tejido vegetal inundado provoca la acumulación de etileno en los tallos sumergidos, a la vez, el incremento de etileno causa la acumulación de auxinas en la base del tejido vegetal, lo que desencadena respuestas fisiológicas como la formación de raíces adventicias.

## Materiales y métodos

### Ubicación y descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación fue ejecutado en la comunidad de Chapte de la parroquia Luis Cordero, cantón Azogues, provincia del Cañar (Figura 1). El lugar se encuentra a 2970 msnm, con una temperatura promedio que va desde los 15°C hasta 18°C. El sitio de donde se recolectó el material vegetal usado en el estudio está ubicado dentro de la misma comunidad a una altura de 3050 msnm, el lugar cuenta con una precipitación media anual de 500 a 750 mm y con aproximadamente 60% de humedad relativa, contando con un clima templado subhúmedo (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Luis Cordero, 2016).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la provincia del Cañar, Cantón Azogues, parroquia Luis Cordero.

## Materiales

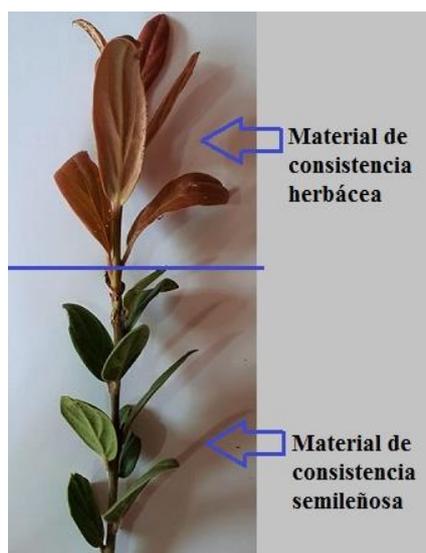
**Tabla 1.** Materiales utilizados en el enraizamiento de *M. rupestris*.

Físicos	Biológicos	Químicos	Equipos y tecnología
-Tijera de podar -Bolsas plásticas -Vasos plásticos -Cajas plásticas con tapa -Cinta métrica -Balanza	-Agua -Microestacas de <i>M. rupestris</i>	-Agro-IBA (AIB) -Hormonagro (ANA) -Vitavax	-Cámara fotográfica -Computador -Sensor de temperatura y humedad (Elitech RC-51H) -Software

## Metodología

### Selección y recolección del material vegetal

Se seleccionaron ramas de aproximadamente 30 plantas de *M. rupestris* en estado silvestre, con ausencia de síntomas visuales de ataque de plagas o enfermedades. De las ramas selectas se recolectaron estacas con hojas de coloración rojiza en la parte apical y hojas con tonalidad verde en su base, de esta manera se obtuvo material vegetal de consistencia herbácea y semileñosa respectivamente en la misma estaca (Figura 2). Se recolectaron estacas completas de la planta madre para evitar que el material se marchite o sufra estrés hídrico (Badilla & Murillo 2005).



**Figura 2.** Muestra de estaca de *Macleania rupestris* con dos tipos de consistencia (parte superior consistencia herbácea y parte inferior consistencia semileñosa).

## **Características de las microestacas**

Cada estaca recolectada fue dividida en dos partes con el fin de obtener material vegetal herbáceo y semileñoso. De acuerdo al protocolo de Badilla & Murillo (2005) el material obtenido fue reducido hasta conseguir microestacas con longitud aproximada de 4 a 6 cm. En cada microestaca se realizó un corte recto en la parte basal y forma de bisel en la parte superior con el fin de evitar confusiones al momento de instalar el proyecto (Salinas et al., 2011).

Por otra parte, se eliminó el exceso de hojas de las microestacas dejando únicamente 4 en la parte superior, esto se lo realizó debido a que las hojas son órganos que pueden producir auxinas llegando así a contribuir en el enraizamiento (Mansilla & Seemann 2004).

Durante aproximadamente 6 horas que duró la preparación del material, las microestacas fueron depositadas en un recipiente con agua para evitar su deshidratación.

## **Desinfección de microestacas**

En primera instancia las microestacas fueron expuestas a un chorro de agua continua por un tiempo de 3 minutos para retirar cualquier tipo de impureza de la superficie, luego para la desinfección del material vegetal se siguió la metodología propuesta por Darquea (2015), la cual consistió en sumergir las microestacas en una solución de 1,5 g/l de Vitavax por tres minutos.

## **Preparación de soluciones hormonales**

Para preparar las soluciones hormonales se utilizaron Agro-IBA y hormonagro como productos comerciales, los cuales tienen como ingredientes activos AIB con 0,98% y ANA 0,40% de concentración respectivamente.

De AIB se tomaron 0; 0,51; 1,02 y 2,04 g, mientras que de ANA se tomaron 0; 1,25; 2,5 y 5 g. En ambos casos estas cantidades se disolvieron en un litro de agua destilada y se obtuvieron las mismas 4 concentraciones para cada tipo de hormona: testigo (0 mg/l), concentración baja (500 mg/l), concentración media (1000 mg/l) y concentración alta (2000 mg/l) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Concentraciones de soluciones hormonales de AIB y de ANA utilizadas en el enraizamiento de microestacas de *M. rupestris*.

<b>Agro-IBA (AIB)</b>	<b>Hormonagro (ANA)</b>	<b>Tipo de concentración</b>
0	0	Control sin hormona (Testigo)
500 mg/l	500 mg/l	Concentración baja
1000 mg/l	1000 mg/l	Concentración media
2000 mg/l	2000 mg/l	Concentración alta

### **Aplicación de concentraciones hormonales**

La parte basal de cada microestaca tanto herbácea como semileñosa fue sumergida por una hora en la solución hormonal definida para cada tratamiento.

### **Mantenimiento de microestacas en el medio de enraizamiento**

Luego de haber sometido las microestacas a cada concentración hormonal estas fueron colocadas en envases plásticos transparentes con 30 ml de agua esterilizada por el método de ebullición propuesto por la OMS (2014) con el fin de eliminar la presencia de cualquier microorganismo nocivo del medio. A su vez, estos envases fueron colocados dentro de bandejas transparentes cubiertas, esto con el propósito de crear condiciones ambientales uniformes para todo el material (Anexo 1). Las bandejas se mantuvieron en un cuarto sin entrada de luz directa para evitar la transpiración del material.

La temperatura y humedad relativa que existía dentro de las bandejas cubiertas en las que se mantuvo el ensayo se presentan en la Tabla 3, los datos fueron registrados cada 4 horas. Al final se pudo establecer que la temperatura no bajó de los 11°C y no superó los 16°C, registrando las temperaturas más bajas en horas de la madrugada y las temperaturas más altas en horas de la tarde. Por otro lado, dentro de las bandejas la HR fue superior al 75%, alcanzando la mayoría del tiempo el 100% de HR.

**Tabla 3.** Valores máximos, mínimos y promedios de la temperatura y humedad relativa registradas dentro de las bandejas donde se conservó el material de estudio durante los 90 días que duró el experimento.

	Temperatura	Humedad Relativa
<b>Máximo</b>	15,7°C	100,0%
<b>Mínimo</b>	11,3°C	75,8%
<b>Promedio</b>	13,7°C	96,0%

Durante los 90 días que las microestacas permanecieron en el medio se realizaron cambios semanales de agua para evitar cualquier tipo de contaminación (Méndez et al., 2004).

### Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, considerando 3 factores (Tabla 4): Factor A la consistencia con dos niveles (A1 consistencia herbácea y A2 consistencia semileñosa), factor B el tipo de auxina con 2 niveles (B1 AIB y B2 ANA) y factor C tipo de concentración con 4 niveles (C1 control sin hormona, C2 concentración baja, C3 concentración media y C4 concentración alta). Al final, combinando los niveles de los diferentes factores se obtuvieron un total de 16 tratamientos (Tabla 5) con 10 repeticiones por cada uno. Como unidad experimental se consideraron 3 microestacas de *M. rupestris*.

A 90 días de establecido el proyecto se tomaron los datos de las siguientes variables:

- **Variables independientes:** Consistencia, tipo de auxina, concentración de auxina
- **Variables dependientes:** Porcentaje de microestacas enraizadas, número de raíces, longitud de raíz y porcentaje de microestacas vivas.

**Porcentaje de microestacas enraizadas.** - Se determinó contabilizando el número de microestacas que enraizaron del total que fueron sometidas a cada tratamiento.

**Número de raíces.** - Se contabilizaron el total de raíces obtenidas en la base de las microestacas enraizadas y se sacó la media para cada tratamiento.

**Longitud de raíz.** - Se midió en mm la longitud de cada raíz, sacando una media por cada microestaca y posteriormente por cada tratamiento.

**Porcentaje de microestacas vivas.** - Se determinó contabilizando las microestacas que mantuvieron su consistencia de cuando inició hasta que finalizó el proyecto. Además, que no presenten síntomas de necrosamiento.

**Tabla 4.** Diseño factorial con sus niveles (Factor A consistencia con dos niveles, A1 consistencia herbácea y A2 consistencia semileñosa), (Factor B tipo de auxina con dos niveles, B1 AIB y B2 ANA) y (Factor C tipo de concentración con 4 niveles, C1 control sin hormona, C2 concentración baja, C3 concentración media y C4 concentración alta).

FACTORES	NIVELES
A. Consistencia	A1. Microestaca herbácea
	A2. Microestaca semileñosa
B. Tipo de auxina	B1. AIB
	B2. ANA
C. Concentración	C1. Control sin hormona (Testigo)
	C2. Concentración baja
	C3. Concentración media
	C4. Concentración alta

**Tabla 5.** Tratamientos obtenidos por la combinación de niveles de los 3 diferentes factores (16 tratamientos en total).

<b>Tratamiento</b>	<b>Combinación de niveles entre factores</b>
T1	Testigo herbácea
T2	Herbácea + AIB 500 mg/l
T3	Herbácea + AIB 1000 mg/l
T4	Herbácea + AIB 2000 mg/l
T5	Testigo herbácea
T6	Herbácea + ANA 500 mg/l
T7	Herbácea + ANA 1000 mg/l
T8	Herbácea + ANA 2000 mg/l
T9	Testigo semileñosa
T10	Semileñosa + AIB 500 mg/l
T11	Semileñosa + AIB 1000 mg/l
T12	Semileñosa + AIB 2000 mg/l
T13	Testigo semileñosa
T14	Semileñosa + ANA 500 mg/l
T15	Semileñosa + ANA 1000 mg/l
T16	Semileñosa + ANA 2000 mg/l

### 5.3.8. Análisis estadístico

Debido a la característica de los datos registrados no se aplicó ningún tipo de prueba estadística de las propuestas en el anteproyecto, recurriendo a un análisis descriptivo de los resultados.

**Resultados**

Luego de dos semanas de establecido el experimento, microestacas herbáceas de *M. rupestris* comenzaron a presentar necrosis en hojas y tallos provocando eventualmente la pudrición y muerte de las mismas (Anexo 2). A lo largo de los 90 días que duró el estudio se observó las mismas condiciones en microestacas semileñosas, pero en menor cantidad. Además, se pudo observar una defoliación parcial o completa tanto en estacas herbáceas como semileñosas.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados:

**Efecto de la consistencia de microestacas en el enraizamiento de *M. rupestris*.**

Las microestacas herbáceas mostraron valores mínimos de enraizamiento, mientras que las semileñosas fueron superiores en todas las variables evaluadas en comparación con el material herbáceo. Las microestacas herbáceas obtuvieron únicamente el 0,83% de enraizamiento, mientras que, las semileñosas enraizaron en un 6,67%, %, lo que aún es un enraizamiento muy bajo pero superior al obtenido en el material herbáceo. En microestacas de consistencia herbácea se obtuvo un promedio de 6 raíces por microestaca, mientras que, en semileñosas se obtuvieron 7 raíces en promedio. En longitud de raíz, microestacas herbáceas alcanzaron 6,72 mm y las semileñosas 7,38 mm de longitud. En el porcentaje de microestacas vivas el material herbáceo mostró un 8,75% y el semileñoso alcanzó un 47,5% de microestacas vivas (Tabla 6).

**Tabla 6.** Resultados obtenidos de cada variable (Microestacas enraizadas, número de raíces, longitud de raíz y microestacas vivas) en microestacas herbáceas y semileñosas. Las celdas de color verde resaltan los valores más altos para cada variable.

Consistencia	Microestacas enraizadas		Número de raíces	Longitud de raíz (mm)	Microestacas vivas	
	Número	Porcentaje %			Número	Porcentaje %
<b>Herbáceas</b>	2	0,83	6	6,72	21	8,75
<b>Semileñosas</b>	16	6,67	7	7,38	114	47,5

**Efecto del tipo de auxina en diferentes concentraciones en el enraizamiento de microestacas de *M. rupestris*.**

En estacas semileñosas, que fueron las que presentaron mejores resultados de enraizamiento, se pudo observar que los tratamientos con ANA resultaron más eficientes que los tratamientos con AIB. En la Tabla 7 se puede observar que:

En el porcentaje de microestacas enraizadas el tratamiento testigo fue el único en no presentar enraizamiento, con AIB en 500 mg/l se alcanzó un 3,3% de enraizamiento, con las concentraciones de 1000 mg/l y 2000 mg/l de la misma hormona el porcentaje de enraizamiento alcanzó el 6,7% en ambos casos. Por otra parte, con 500 mg/l de ANA se consiguió el 13,3% de enraizamiento, seguido de los tratamientos testigo y de 1000 mg/l de ANA los cuales obtuvieron un 10% de enraizamiento cada uno, la menor cantidad de estacas enraizadas (3,3%) se obtuvo con 2000 mg/l de ANA.

De las microestacas semileñosas enraizadas se evidenció que al aplicar 500 mg/l y 1000 mg/l de AIB se obtuvo un promedio de 1 raíz en cada tratamiento, mientras que con la concentración hormonal de 2000 mg/l de AIB se consiguió un promedio de 11 raíces. En semileñosas más ANA, el tratamiento testigo alcanzó el menor número con un promedio de 3 raíces, seguido del tratamiento en concentración de 500 mg/l de ANA en el cual se obtuvo 6 raíces por microestaca, con 1000 mg/l de ANA se obtuvo 8 raíces promedio, siendo la concentración hormonal con 2000 mg/l de ANA (T16) la que consiguió mejores resultados con un promedio de 23 raíces.

En cuanto a longitud de raíz, las microestacas tratadas con 1000 mg/l de AIB obtuvieron un promedio de 4,5 mm de longitud de raíz, seguido de la concentración hormonal de 500 mg/l de AIB con la cual se alcanzó un promedio de 6 mm, finalmente con la concentración de 2000 mg/l de AIB se logró el mejor promedio de longitud de raíces con 9,1 mm. Con ANA, la concentración de 1000 mg/l alcanzó el menor promedio de longitud de raíz con 5,9 mm, luego se ubica la concentración de 500 mg/l de ANA con la cual se alcanzó 10 mm de longitud, con la concentración de 2000 mg/l de ANA las raíces alcanzaron una longitud promedio de 11,7 mm, seguido de cerca por el tratamiento testigo el cual obtuvo el mayor promedio de longitud con 11,8 mm

La concentración de 2000 mg/l de AIB obtuvo el menor porcentaje de microestacas vivas con el 20%, la concentración de 500 mg/l de AIB un 23,3%, seguido de la concentración de 1000 mg/l de la hormona la cual alcanzó el 30% de microestacas vivas, siendo el tratamiento testigo sin dosis hormonal el que logró la mayor cantidad de microestacas semileñosas vivas con respecto del resto tratamientos, presentando el 70% de microestacas vivas. Con ANA, la concentración de 500 mg/l alcanzó un 40% de microestacas vivas, el tratamiento testigo

obtuvo un 56,7%, seguido por la concentración de 1000 mg/l de ANA con 66,7% y finalmente se ubica la concentración de 2000 mg/l de ANA la cual consiguió el mayor número de microestacas vivas con el 73,3%.

**Tabla 7.** Resultados obtenidos en microestacas semileñosas de cada variable (Microestacas enraizadas, número de raíces, longitud de raíz y microestacas vivas) en tipo de auxina y sus concentraciones. Las celdas de color verde resaltan los valores más altos para cada variable.

		AIB (mg/l)				ANA (mg/l)			
		0	500	1000	2000	0	500	1000	2000
<b>Microestacas enraizadas</b>	Número	0	1	2	2	3	4	3	1
	Porcentaje %	0	3,3	6,7	6,7	10	13,3	10	3,3
<b>Número raíces</b>		0	1	1	11	3	6	8	23
<b>Longitud raíz (mm)</b>		0	6	4,5	9,1	11,8	10	5,9	11,7
<b>Microestacas vivas</b>	Número	21	7	9	6	17	12	20	22
	Porcentaje %	70	23,3	30	20	56,7	40	66,7	73,3

### Discusión

Con la presente investigación se pudo determinar que las microestacas semileñosas de *M. rupestris* respondieron de mejor manera a las diferentes concentraciones hormonales en todas las variables evaluadas. Al final, se obtuvo un porcentaje de enraizamiento que no sobrepasa el 6,67% en microestacas semileñosas, un valor muy inferior al que dan a conocer Veloza et al. (2014) quienes obtuvieron un 75,5% de enraizamiento en la misma especie usando AIB y ANA en concentraciones similares a nuestro ensayo, sin embargo, al igual que en nuestro experimento los mejores resultados fueron obtenidos en estacas semileñosas en comparación con herbáceas y leñosas. Los resultados alcanzados en su investigación fueron atribuidos a que el material semileñoso puede contener cierta cantidad de reservas almacenadas que provoquen el enraizamiento, además el material más lignificado es menos propenso a la desecación lo que incluso puede aumentar su tasa de sobrevivencia.

A diferencia de nuestro ensayo Veloza et al. (2014) proporcionaron un 50% de luz a las estacas, mientras que en nuestro caso las microestacas no recibieron luz directa durante los 90 días que duró el experimento. La falta de iluminación en nuestro experimento pudo ser un factor influyente en el escaso enraizamiento obtenido, Ruiz & Mesén (2010) señalan que la luz interviene en la fotosíntesis y por lo tanto en el enraizamiento de estacas.

Los problemas de defoliación, necrosamiento y pudrición de microestacas tanto herbáceas como semileñosas presentes en nuestro ensayo pudieron ser otros factores que afectaron el enraizamiento. Veloza et al. (2014) observaron problemas similares en su estudio, indicando la pérdida de viabilidad en estacas de *M. rupestris* por la falta de enraizamiento. Alcántara et al. (2010) reportan que el uso de auxinas en concentraciones muy altas puede ser un factor que provoque la caída de hojas, necrosis y hasta la muerte de esquejes, en nuestro caso se observaron estas características en todos los tratamientos. En un estudio similar realizado en estacas herbáceas de arándano silvestre (*Vaccinium myrtillus*) el material presentó las mismas características en hojas y tallos, al final se logró determinar que esto fue causado por una bacteria (Castro et al., 2019). En nuestro caso no realizamos ninguna prueba para determinar la causa de estos problemas que al final provocaron la muerte de microestacas.

Las hojas son órganos productores de auxinas y fotosintatos capaces de estimular el enraizamiento (Yong, 2004). Sin embargo, la defoliación parcial o total de algunas microestacas posiblemente impidió que se obtenga un mayor porcentaje de enraizamiento. Hoffmann et al. (1995) encontraron una relación directa entre la capacidad de enraizamiento de *Vaccinium* sp. y la permanencia de hojas en las estacas. Se atribuye como una causa de la defoliación al tamaño del material utilizado, Mesén (1993) indica que estacas demasiado

pequeñas pueden provocar que las hojas queden en contacto con el medio de enraizamiento provocando la pudrición y muerte de este órgano, esto pudo ser evidenciado en nuestro ensayo, por lo que el uso de estacas más grandes o la reducción del área foliar puede ser una alternativa al problema.

Quispe (2016) señala que para estimular el enraizamiento de estacas y facilitar su desarrollo es importante evitar la excesiva manipulación de las mismas, principalmente de las hojas. En nuestro trabajo se usó un medio de enraizamiento líquido por lo que la manipulación de microestacas fue constante al realizar el cambio del medio, pudiendo esto provocar su defoliación. Además, fue posible haber causado lesiones en el material y su eventual muerte. Por lo tanto, cambios de agua menos frecuentes pueden ayudar a reducir el daño por manipulación.

Ruiz & Mesén (2010) indican que temperaturas bajas del ambiente de propagación mantienen una humedad relativa alta ayudando a evitar el estrés hídrico lo que favorece el enraizamiento de estacas. Esto se pudo evidenciar la mayor parte del tiempo en nuestro ensayo, sin embargo, existieron días en donde tanto la temperatura como la humedad relativa se salían de los rangos recomendados que son cercanos a los 20°C de temperatura y 95% de humedad de relativa, Fernández et al. (2010) señalan que cambios bruscos de temperatura y humedad relativa pueden ser la causa de la defoliación de estacas o esquejes y por ende un bajo enraizamiento ya que se genera un exceso de transpiración o pérdida de agua.

Microestacas semileñosas de *M. rupestris* siguen siendo superiores en porcentaje de sobrevivencia con respecto a microestacas herbáceas, consiguiendo en herbáceas un máximo del 8,75% de microestacas vivas, mientras que en semileñosas se alcanzó hasta un 47,5% en la misma variable, esto independientemente del tratamiento y la hormona aplicada. Ruiz & Mesén (2010) probaron el efecto de AIB en 3 tipos de estaquillas (basal, intermedia y apical) de *Plukenetia volubilis* L., al igual que en nuestro ensayo las estaquillas apicales o herbáceas mostraron mayor mortalidad en comparación con las basales, atribuyendo este comportamiento a la succulencia o cantidad de agua o reservas que contiene este tipo de material haciéndolo por lo tanto más propenso a la marchitez, sumando a esto en nuestro caso el agua como medio enraizador.

Los tratamientos testigos en semileñosas alcanzaron más del 50% de microestacas vivas y además en uno de estos tratamientos la mayor longitud de raíz con respecto a los demás tratamientos en donde se utilizan auxinas. Veloza et al. (2014) señalan que una aplicación exógena de hormona en cualquier concentración puede ser no necesaria para enraizar estacas de *M. rupestris*, debido a que en su caso los tratamientos testigos alcanzaron hasta

el 90% de sobrevivencia, pero después de 120 días de establecido el experimento, bajo condiciones de semisombra y usando un sustrato sólido. Además, Uribe et al. (2012) sugieren que la alta sobrevivencia del material vegetal en la propagación es un indicador de que las condiciones ambientales generadas para el enraizamiento son las adecuadas. En nuestro estudio la sobrevivencia fue la variable que obtuvo resultados en casi todos los tratamientos, excepto en microestacas herbáceas tratadas con la concentración media (1000 mg/l) de AIB en donde no hubo sobrevivencia. Lo que nos lleva a inferir que la temperatura y humedad relativa fueron las adecuadas o no afectaron en este proceso.

Por otro lado, Veloza et al. (2014) encontraron en su estudio que las estacas de *M. rupestris* resultaron sensibles a la aplicación de ANA la cual fue superior únicamente en longitud de raíz de estacas semileñosas, esto con respecto a AIB, la cual mostró mejores porcentajes de enraizamiento, número de raíces y sobrevivencia, los resultados fueron atribuidos a que esta hormona tiene ventajas como acción localizada, persistencia y baja toxicidad. Sin embargo, esto difiere con lo obtenido en nuestro ensayo, en donde las microestacas tratadas con ANA presentaron valores más altos en todas las variables evaluadas.

Alcántara et al. (2010) coinciden con nuestros resultados, en su trabajo ANA demostró una mejor capacidad de enraizamiento en estacas de *Syzygium cumini* en comparación con AIB, mencionan que a pesar de que AIB es la auxina más usada para el enraizamiento esta puede no responder de la misma manera en todas las especies. De igual manera, Durango & Humanez (2017) reportan que ANA tuvo un importante efecto enraizador en Caña Agrida (*Cheilocostus speciosus*. J. Koenig) mostrando además una alta tasa de sobrevivencia del material, es importante recalcar que en este experimento sometieron los esquejes en contenedores con agua más las soluciones hormonales de ANA por 10 días, antes de ser transferidos a bandejas de germinación con sustrato sólido, en nuestro estudio se usó agua como medio enraizador, pero en este caso durante todo el experimento. En base a nuestra experiencia podemos sugerir que ANA tiene un mejor efecto enraizador en medios líquidos, sin embargo, no se encontraron más reportes científicos similares a estos resultados.

Uribe et al. (2012) consideran que en general valores hormonales más bajos de auxinas inducen de mejor manera la aparición de raíces, mientras que si se excede la dosis de hormona el efecto puede volverse inhibitorio. Esto concuerda con nuestros resultados obtenidos con ANA, en donde las microestacas semileñosas tratadas con la concentración hormonal baja (500 mg/l) alcanzaron el enraizamiento más alto, mientras que la concentración alta (2000 mg/l) presentó el porcentaje más bajo de enraizamiento entre todos los tratamientos. Sin embargo, con AIB sucede todo lo contrario, a pesar del escaso

enraizamiento obtenido, las concentraciones altas (2000 mg/l) y media (1000 mg/l) de la hormona lograron el mejor porcentaje en microestacas semileñosas enraizadas con respecto al resto de tratamientos, esto coincide con Muñoz & Molina (2016) quienes en su estudio observaron que en estacas juveniles de *Myrceugenia exsucca* el enraizamiento aumentó con la aplicación de mayores dosis de AIB. De la misma manera, Oliveira (2001) encontró mejores resultados en número y longitud de raíces de olivo (*Olea europaea* L.) al aumentar la dosis de AIB, siendo en nuestro estudio la dosis más alta la que también obtuvo los valores más altos en número y longitud de raíz.

Finalmente, Méndez et al. (2004) indican que se incrementó la producción de raíces de *Ixora enana* (*Ixora coccinea* L.) al usar agua como medio enraizador. Con respecto a esto, Cedeño et al., (2016) indican que el agua puede activar procesos fisiológicos que se relacionan con la activación de primordios radicales, provocando que raíces adventicias se formen y crezcan por consecuencia del estrés hipóxico causado por la falta de oxígeno en condiciones de inundación. Hans (1983) respalda esta información, puesto que indica que la formación de raíces en esquejes o estacas depende del contenido de oxígeno en el medio de propagación. Por lo tanto, en nuestro estudio se puede atribuir el efecto del agua en el enraizamiento de *M. rupestris*.

### Conclusiones

Con los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

La consistencia del material vegetal demostró que las microestacas semileñosas de *M. rupestris* mostraron una mayor respuesta en todas las variables evaluadas, con respecto al material herbáceo.

Respecto al tipo de auxina se determinó que ANA indujo un mayor enraizamiento que AIB, de igual manera con ANA se obtuvieron mejores resultados en todas las variables evaluadas. En cuanto a la concentración hormonal, 500 mg/l de ANA indujo el mayor porcentaje de enraizamiento.

### Recomendaciones

Se recomienda reducir el número de hojas y área foliar.

Al usar agua como medio de propagación, se sugiere prolongar los cambios, ya que en el lapso de una semana el agua se mantuvo limpia.

Se recomienda probar el experimento en espacios de aire libre o con mayor luz, esto debido a que no se obtuvo un alto enraizamiento de la especie a pesar de que las bandejas que contenían el material mantuvieron valores óptimos de temperatura y humedad.

Se pudo observar que luego de la aparición de raíces algunas de ellas perecieron al mantener las microestacas en agua, por lo que se recomienda una vez aparecidas las raíces trasladar el material a sustratos sólidos.

Pese al escaso enraizamiento obtenido, los resultados son valiosos para orientar nuevos experimentos. Por lo que, se recomienda continuar con la investigación.

## Referencias

- Alcántara, G., Oliveira, Y., Lima, D., Fogaca, L., Pinto, F., & Biasi, L. (2010). Efeito dos ácidos naftaleno acético e indol butírico no enraizamento de estacas de jambolão [*Syzygium cumini* (L.) Skeels]. *Bras. Pl. Med*, 12(3), 317-321.
- Amim, J., Sales, C., Da Costa, M., & Guerra, D. (2011). Propagação de araçazeiro e goiabeira via miniestaquia de material juvenil. *Bragantia*, 70(2), 312-318.
- Badilla, Y., & Murillo, O. (2005). Enraizamiento de estacas de especies forestales. *Kurú: Revista forestal*, 2(6), 1-6.
- Cachique, D., Rodríguez, A., Ruiz, H., Vallejos, G., & Solis, R. (2011). Propagación vegetativa del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonía Peruana. *Revista IAP*, 20(1-2), 95-100. <https://doi.org/10.24841/fa.v20i1-2.348>
- Cardozo, R., Córdoba, S., González, J., Guzmán, J., Lancheros, H., Mesa, L., Zúñiga, P. (2009). Especies útiles en la región Andina de Colombia. Tomo I. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Bogotá., 80-90.
- Castrillón, J., Carvajal, E., Ligarreto, G., & Magnitskiy, S. (2008). El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 16-22.
- Castro, I., Alves, O., De Assis, F., & Wendling, I. (2015). Enraizamiento de estacas juveniles de *Bertholletia excelsa* con diferentes concentraciones de ácido indol-butírico. *Agrociencia*, 50(2), 227-238.
- Castro, S., Villegas, A., & Contreras, R. (2019). Enraizamiento de estacas en tres cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). *Agroproductividad*, 12(3), 63-68. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1328>
- Cedeño, G., Soplín, H., Cargua, J., & Cedeño, G. (2016). Potencial de enraizamiento en agua y vigor de plántulas de banano obtenidas en cámara térmica. *La Técnica*, 16(1), 6-15.
- Coba, P., Coronel, D., Verdugo, K., Paredes, M., Yugsi, E., & Huachi, L. (2012). Estudio etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional. *La Granja*, 16(2), 5-13.

- Corzo, D. (2014). Estudio del comportamiento poscosecha de *Macleania rupestris* (Kunth), en diferentes tipos de envases y condiciones de temperatura. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 15(1), 77-82.
- Córdoba, S., Guzmán, J., Pérez, B., Zúñiga, P., & Pacheco, R. (2010). Propagación de especies Nativas de la Región Andina. Subdirección Científica. *Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis*, 83-88.
- Darquea, A. (2015). Efectos de diferentes sustratos y dosis hormonales en el enraizamiento de estacas herbáceas de durazno (*Prunus persica*) var. Guaytambo. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19360/1/Tesis-93%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20315.pdf>
- Dávila, D. (2001). Reseña de "Las Ericáceas en la Web: Neotropical Blueberries; The Plant Family Ericaceae". *Biota Colombiana*, 2(3), 291-293.
- Durán, S., Veloza, C., Magnitskiy, S., & Lancheros, H. (2013). Evaluation of uva camarona (*Macleania rupestris* Kunth A.C. Smith) propagation with air layering. *Agronomía Colombiana*, 31(11), 18-26.
- Durango, E., & Humanez, A. (2017). Enraizamiento de esquejes de Caña Agria (*Cheilocostus speciosus* J. Koenig). *Biotecnol*, 9(2), 133-139. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.70395>
- Eynden, V. (2004). Regional and ecological variations of wild edible plants in Ecuador. *Lyonia*, 7(2), 123-132.
- Eynden, V. & Cueva, E. (2008). Las plantas en la alimentación. Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador (1° edición, 62-66). <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/47330/de%20la%20Torre%20et%20al.%202008%20Encyclopedia%20of%20useful%20plants%20of%20Ecuador.pdf>
- Fachinello, J., Hoffmann, A., & Nachtigal, J. (2005). *Propagação de Plantas Frutíferas*. Brasília : Embrapa Informações Tecnológicas.

- Fernández, J., Sosa, F., Castellanos, L., Casanovas, E., & Becerra, L. (2010). Consideraciones sobre el enraizamiento de las estacas de *Ixora coccinea* L. var. *Coccinea*. *Centro Agrícola*, 37(3), 1-16.
- Fernández, S. (2012). Caracterización morfológica de *Cavendishia bracteata* y *Macleania rupestris* (Ericaceae) en la sabana de Bogotá. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana].  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11879/FernandezOlayaSorannyAlexandra2012%20%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Gutiérrez Rosati, A. O., & De la Cruz Chacón, Y. (2019). Multiplicación in vitro de *Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Sm. (Ericaceae). *Biotecnología Vegetal*, 19(4), 265 - 275.
- Garay, A., De la Paz, M., García, B., Álvarez, E., & Gutiérrez, C. (2014). La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *Revista de educación bioquímica*, 33(1), 13-22.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Luis Cordero. (2016). Plan de desarrollo y ordenamiento. [http://app.sni.gob.ec/sin-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0360000150001\\_PDyOT\\_Act\\_16\\_05\\_2016\\_16-05-2016\\_16-43-57.pdf](http://app.sni.gob.ec/sin-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0360000150001_PDyOT_Act_16_05_2016_16-05-2016_16-43-57.pdf)
- Hans, G. (1983). Physical conditions of propagation media and their influence on the rooting of cuttings. *Plant and Soil*, 75(1), 1-14. doi: 10.1007/bf02178609
- Hartman, H., & Kester, D. (1997). *Propagación de plantas. Principios y prácticas*. Compañía editorial continental, S.A. de C.V. Quinta reimpresión, 280-287
- Hernández, J., Aramendiz, H., & Cardona, C. (2005). Influencia del ácido indolbutírico y ácido naftaleno acético sobre el enraizamiento de esquejes de caña flecha (*Gynerium sagittatum* Aubl.). *Temas agrarios*, 10(1), 5-13. <https://doi.org/10.21897/rta.v10i1.626>
- Hernández, R., & Diosdado, E. C. (2010). Efecto de los biorreguladores del crecimiento en la embriogénesis somática de mandarina cleopatra (*Citrus reshni* Hort. ex Tan.). *Cultivos tropicales*, 31(3), 32-38.
- Hoffmann, A.; Fachinello, J.C. & Santos, A.M. (1995). Enraizamiento de estacas de dos cultivares de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) en diferentes sustratos. *Agrociência*, 1(1), 22-30.

- Huamantupa, I., & Cuba, M. (2011). Tres nuevos registros de la familia Ericaceae para la flora peruana. *Revista Q'EUÑA*, 4, 07-13.
- Huamantupa, I., Urrunaga, R., & Tupayachi, A. (2018). Diversidad de Ericáceas con frutos comestibles, potencialidades para su manejo y estado de conservación en la región del Cusco, Perú. *Revista Q'EUÑA*, 9(1), 7-24. <https://doi.org/10.51343/rq.v9i2.585>
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. En F. Squeo & L. Cardemil (Ed.), *Fisiología vegetal* (1° ed.). Ediciones Universidad de La Serena.
- Kumar, K., & Fatmi, U. (2021). Effects of IBA and NAA on shoot growth of cuttings of various ornamental plants in water as rooting medium. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(2), 685-687.
- Lagos, T., Ordóñez, H., Criollo, H., Burbano, S., & Martínez, Y. (2010). Descripción de frutales nativos de la familia Ericaceae en el altiplano de Pasto, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 9-18. <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1221>
- Li, S.W., Xuea, L., Xub, S., Feng, H., & An, L. (2009). IBA-induced changes in antioxidant enzymes during adventitious rooting in mung bean seedlings: The role of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Environmental and Experimental Botany*, 442-450. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.03.005>
- López, F., Guío, N., Fischer, G., & Miranda, D. (2008). Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 61(1), 4347-4357.
- Luteyn, J. (2021). The Plant Family Ericaceae ("blueberries") in Ecuador: Ecology, Diversity, Economic Importance, and Conservation. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 42(2), 79-98. doi: 10.26807/remcb.v42i2.911
- Magnitskiy, S., Ligarreto, G., & Lancheros, h. (2011). Rooting of two types of cuttings of fruit crops *Vaccinium floribundum* Kunth and *Disterigma alaternoides* (Kunth) Niedenzu (Ericaceae). *Agronomía Colombiana*, 29(2), 197-213.
- Mansilla, A., & Seemann, P. (2004). Propagación vegetativa mediante estaquillado en especies nativas de los géneros *Mutisia*, *Escallonia* y *Gaultheria*, como potenciales

- cultivos ornamentales. [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fam288p/html/index-frames.html>
- Matamoros, A., Mesén, F., & Jiménez, L. (2020). Efecto de fitohormonas y fertilizantes sobre el enraizamiento y crecimiento de mini-estaquillas de híbridos F1 de café (*Coffea arabica*). *Ciencias Ambientales*, 54(1), 58-75. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.54-1.4>
- Méndez, J., Salazar, R., Dautant, M., Alcorcés, N., & Laynez, J. (2004). Efecto del medio de enraizamiento, número de hojas por estaca y lesionado de las estacas de *Ixora Enana* (*Ixora coccinea* L.) con Hormojardín. *Revista UDO Agrícola*, 4(1), 31-35.
- Mesén, F. 1993. Vegetative propagation of Central American hardwoods. [Thesis Ph.D, University of Edinburgh]. <https://era.ed.ac.uk/handle/1842/11162>
- Muñoz, M., & Molina, R. (2016). Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y edad de las estacas en el enraizamiento de *Myrceugenia exsucca*. *Revista Bosque*, 37(3), 637-641. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000300021>
- Oliveira, A. F. (2001). Enraizamiento de estacas semilenhosas e cultura de embriões in vitro de oliveira (*Olea europaea* L.). [Tesis Doctoral, Universidade Federal de Lavras].
- Ortiz, K., Iñamagua, W., & Maita, S. (2019). Evaluación de métodos de propagación de *Macleania rupestris* (Joyapa) mediante la germinación de semillas y micropropagación de meristemas. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33379/1/trabajo%20de%20titulaci%c3%b3n.pdf>
- OMS. (2014). *Guía de recomendaciones: Agua segura*. Ediciones INTA. [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_manual\\_de\\_agua\\_segura.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_manual_de_agua_segura.pdf)
- Quispe, A. (2016). Desarrollo de un prototipo productivo clonal-PPC para incrementar la productividad y calidad de las plantaciones de Eucalipto y posterior comercialización a viveros forestales del Perú. *Innovate Perú*. 1.-40.
- Ramirez, M., Urdaneta, A., & Vargas, G. (2004). Tratamientos con ácido indolbutírico y lesionado sobre el enraizamiento de estacas de Icaco (*Chrysobalanus icaco* L.). *Agronomía Tropical*, 54(2), 203-218.
- Rojas, S., García, J., & Alarcón, M. (2004). Propagación asexual de plantas. Editorial Produmedios. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17056>

- Ruiz, H., & Mesén, F. (2010). Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Agronomía Costarricense*, 34(2), 269-285.
- Ruiz, R., Vargas, J., Cetina, V., & Villegas, Á. (2005). Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. *Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 319-326.
- Salinas, J., Ovando, V., Acuña, B., & Díaz, E. (2011). Estándares de producción vegetativa en plantas de *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. En la región de Aysen. MINAGRI-INFOR, 1-11.
- Suárez, I., Marrugo, G., & Peña, M. (2008). Efecto del sustrato y tamaño del propágulo en el enraizamiento de ginger rojo (*Alpinia purpurata*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2(2), 225-231. <https://doi.org/10.17584/rcch.2008v2i2.1190>
- Teillier, S., D. Amarilla, L., & M. Anton, A. (2019). Contribución a la flora vascular de la República Argentina: Familia Ericaceae. *Darwiniana*, 7(1), 68-92. <http://dx.doi.org/10.14522/darwiniana.2019.71.845>
- Uribe, M., Ulloa, J., Delaveau, C., Sáez, K., Muñoz, F., & Cartes, P. (2012). Influencia de las auxinas sobre el enraizamiento in vitro de microtallos de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. *Gayana Botánica*, 69(1), 105-112. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432012000100010>
- Valencia, V. (2020). Evaluación del enraizamiento de explantes *Gmelina arborea* Roxb con el empleo de tres hormonas comerciales y tres sustratos. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2292>
- Veloza, C., Durán, S., Magnitskiy, S., & Héctor, L. (2014). Rooting Ability of Stem Cuttings of *Macleania rupestris* Kunth A.C. Sm., a South American Fruit Species. *International Journal of Fruit Science*, 14(4), 343-361. <https://doi.org/10.1080/15538362.2014.897889>
- Vidoz, M., Loreti, E., Mensuali, A., Alpi, A., & Peralta, P. (2010). Interacción hormonal durante la formación de raíces adventicias en plantas de tomate inundadas. *The Plant Journal*, 63(4), 551-562. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04262.x>

Vivanco, J. (2009). Evaluación de la eficacia del bioplus, hormonagro y enraizador universal en la propagación asexual de *Hypericum* (*Hypericum* ssp.). [Tesis de pregrado, Escuela superior técnica del Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/361/1/13T0656%20.pdf>

Yong, A. (2004). El cultivo de rosal y su propagación. *Cultivos tropicales*, 25(2), 53-67.

## Anexos

### Anexo A. Material dentro de bandejas cubiertas



### Anexo B. Microestacas en estado de pudrición



### Anexo C. Microestacas semileñosas enraizadas



