

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**TESIS:**

**Efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en la propagación *in vitro* de *Eryngium foetidum* L. “sacha culantro” Ayacucho, 2025**

Para optar el título profesional de:  
**BIÓLOGO, ESPECIALIDAD: MICROBIOLOGÍA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Kenyi Robert ROJAS QUISPE**

**ASESOR:**

**Dr. Gilmar PEÑA ROJAS**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

A Dios por darme la vida y a mis padres, pilares fundamentales. Su incondicional apoyo, sus sacrificios silenciosos, y su fe inquebrantable en mí, han sido el motor que me ha impulsado a alcanzar esta meta.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a la Facultad de Ciencias Biológicas, por brindarme las condiciones institucionales, académicas y científicas necesarias para el desarrollo de esta investigación. Asimismo, la invaluable oportunidad de estudiar y convertirme en un profesional dentro de sus instalaciones.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Biología que, con sus enseñanzas, conocimientos, experiencias y compromiso fueron pilares fundamentales en mi desarrollo académico y profesional durante mi trayectoria universitaria.

Al Dr. Gilmar Peña Rojas por su compromiso, dedicación y valiosa orientación durante el desarrollo de la presente investigación. Su disposición para brindar tiempo, instrucciones precisas y asesoría fue fundamental para el cumplimiento riguroso de los objetivos planteados en este trabajo de tesis, así como para el fortalecimiento de las competencias investigativas de mi persona.

Expreso mi más sincera gratitud a todas las personas que, con su apoyo, orientación y aliento, hicieron posible la culminación de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
RESUMEN	ix
I.INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	5
2.3. Bases teóricas	7
2.3.1. <i>Eryngium foetidum</i> L.	7
2.3.2. Condiciones edafoclimáticas	8
2.3.3. Características botánicas	8
2.3.4. Taxonomía	9
2.4. Cultivo de tejidos vegetales	9
2.5. Explante	10
2.6. Asepsia	11
2.7. Medio de cultivo	12
2.8. Fitohormonas	13
2.8.1. Auxinas	14
2.8.2. Citocininas	15
2.9. Aclimatación de vitroplanta	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Ubicación de la zona de muestreo	17
3.1.1. Ubicación georreferencial	17
3.2. Población y muestra	18
3.3. Metodología y recolección de datos	18
3.3.1. Zona de muestreo	18
3.3.2. Colecta de muestra	18
3.3.3. Preparación del medio cultivo	18
3.3.4. Desinfección del material vegetal	19
3.3.5. Introducción <i>in vitro</i>	20
3.3.6. Micropropagación	20
3.3.7. Aclimatación	21
3.6. Análisis de datos	22

IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	29
VI. CONCLUSIONES	34
VII. RECOMENDACIONES	35
III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXOS	41

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>		<b>Página</b>
<b>Tabla 1</b>	Composición del medio basal Murashige y Skoog (MS)	13
<b>Tabla 2</b>	Diseño experimental de la concentración de hipoclorito de sodio (NaClO) en la desinfección del explante de <i>Eryngium foetidum L.</i>	19
<b>Tabla 3</b>	Diseño experimental para la micropropagación de <i>Eryngium foetidum L.</i> de hojas y tallos.	21
<b>Tabla 4</b>	Diseño experimental para la aclimatación de <i>Eryngium foetidum L.</i>	22

<b>INDICE DE FIGURAS</b>		<b>Página</b>
<b>Figura 1</b>	Figura 1 Mapa georreferencial de la zona de muestreo.	17
<b>Figura 2</b>	Promedio del número de hojas desarrolladas en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de tallos. Ayacucho, 2025.	24
<b>Figura 3</b>	Promedio de la medida de hojas (mm) en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de tallos. Ayacucho, 2025.	24
<b>Figura 4</b>	Promedio del número de raíces adventicias desarrolladas en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de tallos. Ayacucho, 2025.	25
<b>Figura 5</b>	Promedio de la medida de raíces adventicias (mm) en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de tallos. Ayacucho, 2025.	25
<b>Figura 6</b>	Promedio del número de hojas desarrolladas en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de hojas. Ayacucho, 2025.	26
<b>Figura 7</b>	Promedio de la medida de hojas (mm) en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de hojas. Ayacucho, 2025.	26
<b>Figura 8</b>	Promedio del número de raíces adventicias desarrolladas en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de hojas. Ayacucho, 2025.	27
<b>Figura 9</b>	Promedio de la medida de raíces adventicias (mm) en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de hojas. Ayacucho, 2025.	27
<b>Figura 10</b>	Promedio de número de plantas vivas de <i>Eryngium foetidum</i> L. en fase de aclimatación bajo diferentes tratamientos de sustrato. Ayacucho, 2025.	28

<b>INDICE DE ANEXOS</b>		<b>Página</b>
<b>Anexo 1</b>	matriz de consistencia	42
<b>Anexo 2</b>	Resultados del análisis de varianza (ANOVA) bifactorial para variables morfogénicas en explantes de tallo de <i>Eryngium foetidum</i> L. bajo tratamientos con 6-BAP y AIB. Ayacucho, 2025.	43
<b>Anexo 3</b>	Resultados del análisis de varianza (ANOVA) bifactorial para variables morfogénicas en explantes de hoja de <i>Eryngium foetidum</i> L. bajo tratamientos con 6-BAP y AIB. Ayacucho, 2025.	43
<b>Anexo 4</b>	Promedios generales ( $\pm$ EE) de variables morfogénicas en explantes de tallo de <i>Eryngium foetidum</i> L. bajo tratamientos con 6-BAP y AIB, con letras de comparación según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Ayacucho, 2025.	44
<b>Anexo 5</b>	Promedios generales ( $\pm$ EE) de variables morfogénicas en explantes de hojas de <i>Eryngium foetidum</i> L. bajo tratamientos con 6-BAP y AIB, con letras de comparación según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Ayacucho, 2025.	44
<b>Anexo 6</b>	Clasificación taxonómica de <i>Eryngium foetidum</i> L. “sacha culantro” Ayacucho 2025.	45
<b>Anexo 7</b>	Constancia de depósito al Herbario san Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, 2025.	46
<b>Anexo 8</b>	Obtención de la muestra y desinfección del material vegetal de <i>Eryngium foetidum</i> L. Ayacucho, 2025.	47
<b>Anexo 9</b>	Introducción <i>in vitro</i> de <i>Eryngium foetidum</i> L. Ayacucho, 2025.	48
<b>Anexo 10</b>	Micropropagación de <i>Eryngium foetidum</i> L. con explante de tallo en los diferentes tratamientos. Ayacucho, 2025.	49
<b>Anexo 11</b>	Micropropagación de <i>Eryngium foetidum</i> L. con explante de hoja en los diferentes tratamientos. Ayacucho, 2025.	50
<b>Anexo 12</b>	Aclimatación de las plántulas <i>in vitro</i> de <i>Eryngium foetidum</i> L. en los diferentes sustratos. Ayacucho, 2025.	51

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol butírico (AIB) en la propagación *in vitro* de *Eryngium foetidum* L. “sacha culantro”, una especie de alto valor culinario y medicinal cuya disponibilidad está limitada por las dificultades asociadas en su propagación convencional. Se implementaron seis tratamientos basados en el medio de cultivo Murashige y Skoog (MS), suplementados con combinaciones de reguladores de crecimiento, para obtener plántulas *in vitro*. Los mejores resultados se lograron con el explante de tallos en el T3 (3 ppm de 6-BAP + 1 ppm de AIB), alcanzando un promedio de  $6,10 \pm 0,43$  hojas por explante, el más alto entre todos los tratamientos evaluados. En cuanto al enraizamiento, el tratamiento T5 (1 ppm de AIB) resultó significativamente superior, logrando  $13,75 \pm 1,08$  raíces adventicias por explante. Durante la fase de aclimatación, no se observó diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en los cuatro tratamientos. Sin embargo, en el T3 se observó mayor vigorosidad en la adaptación. Estos hallazgos establecen un protocolo eficiente y reproducible para la micropropagación de “sacha culantro”, para su conservación, producción masiva y aprovechamiento sostenible.

**Palabras Clave:** 6-BAP, AIB, micropropagación, *Eryngium foetidum* L., aclimatación.

## I. INTRODUCCIÓN

Las plantas aromáticas han sido fundamentales en la historia de la humanidad como fuente primaria de alimento y recurso terapéutico esencial en la salud. Este rol adquiere particular relevancia en contextos donde el acceso a la medicina convencional resulta limitado o inexistente (Gallegos, 2017). Por ende, se ha consolidado el uso de fitoterapéuticos como una estrategia ancestral y persistente en la atención sanitaria. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), reconoce que más del 80 % de las personas en el mundo confían en la medicina tradicional como su primera alternativa terapéutica, aprovechando los beneficios de los extractos vegetales y sus compuestos naturales. Desde finales de los años setentas, la OMS señaló la importancia de las plantas medicinales, definiéndolas como aquellas especies capaces de aportar sustancias con efectos terapéuticos o de servir como base para la elaboración de nuevos medicamentos. En consecuencia, investigar y valorar el conocimiento sobre las plantas medicinales en diversas regiones representa un compromiso social y cultural.

Dado el aumento demográfico mundial, que actualmente supera los 8 200 millones de personas y se prevé que alcance los 9 300 millones en 2050; garantizar la seguridad alimentaria se perfila como uno de los retos más urgentes de nuestra era (ONU, 2025). Para hacer frente a este reto, es necesario aumentar la eficiencia agrícola, optimizar el rendimiento de los cultivos y generar variedades vegetales mejoradas para producir alimentos nutritivos y accesibles (Calva, 2005).

En el contexto actual, donde la demanda de plantas medicinales, aromáticas y culinarias crece exponencialmente, el cultivo *in vitro* se posiciona como una herramienta fundamental para garantizar la disponibilidad, calidad y sostenibilidad

de especies vegetales con alto valor económico y biológico. Esta tecnología permite la multiplicación masiva, plantas eficientes y facilita la preservación de especies en peligro de extinción o de difícil propagación tradicional, como el *Eryngium foetidum L.* una planta con un perfil importante en la gastronomía y medicina (Cruz, 2012). “sacha culantro” es una especie ampliamente utilizada en la cocina latinoamericana, caribeña y asiática, donde se valora por su aroma y sabor, similar al *Coriandrum sativum* “cilantro”. Gastronómicamente, es una especia clave en platos tradicionales, salsas y adobos, además se convierte en un recurso culinario indispensable (Singh *et al.*, 2014). Desde una perspectiva medicinal, el “sacha culantro” se utilizó en la medicina tradicional por sus propiedades antimicrobianas que son eficaces contra bacterias como *E. coli* y *Salmonella* (Dalukdeniya & Rathnayaka, 2017); propiedades antiinflamatorias y analgésicas muy utilizadas para tratar el dolor articular y la fiebre; propiedades digestivas y hepatoprotector que favorecen la función gastrointestinal y hepática (Paul *et al.*, 2011).

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de reguladores de crecimiento para obtener plántulas *in vitro* de *Eryngium foetidum L.* Además, se condicionaron la temperatura, fotoperiodo y la intensidad lumínica para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Asimismo, se evaluaron el efecto de diferentes sustratos y condiciones de aclimatación en la supervivencia y el crecimiento de las plántulas.

### **Objetivo general**

- Evaluar el efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en la propagación *in vitro* de *Eryngium foetidum L.* “sacha culantro”.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la concentración de 6-bencilaminopurina (6-BAP) en la propagación de brotes de *Eryngium foetidum L.* “sacha culantro”.
- Evaluar el efecto de la concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en el enraizamiento de *Eryngium foetidum L.* “sacha culantro”.
- Establecer un protocolo para la aclimatación de *Eryngium foetidum L.* “sacha culantro” producidas *in vitro*.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Mohamed (2002), consiguió regenerar múltiples brotes a partir de pecíolos y nudos de inflorescencia de *Eryngium foetidum* L. "sacha culantro" en el Instituto de Investigación en Ingeniería Genética y Biotecnología, Menofia University. Aplicaron distintas concentraciones de tiazurón (TDZ) y ácido naftalenacético (NAA) en medio de cultivo Murashige y Skoog. Asimismo, las concentraciones empleadas de 0,198 ppm de TDZ y 0,458 ppm de NAA ejercieron una influencia directa en el número de brotes, formación de flores y en el desarrollo morfológico de los brotes, incluyendo su longitud y vigor. Los brotes que desarrollaron raíces se adaptaron eficientemente al trasplante en suelo.

Arockiasamy *et al.*, (2002), lograron regenerar nuevos brotes directamente sin pasar por la fase de callo usando hojas y pecíolos maduros de *Eryngium foetidum* L. Para las hojas, el mejor resultado se obtuvo con un medio Murashige y Skoog enriquecido con 1 ppm de BAP y 0,10 ppm de IAA (ácido indol-3-acético). Para los pecíolos, la combinación óptima fue 4 ppm de BAP y 0,10 ppm de IAA en el mismo medio. Después de cuatro semanas el 80 % de las hojas generaron brotes y 44 % de los pecíolos mostraron regeneración.

Martin (2004), evaluó diferentes partes de la planta de *Eryngium foetidum* L. (hojas, tallos y raíces), cultivados en medio de cultivo MS con y sin sacarosa. Obtuvo diferencias significativas en la dinámica del desarrollo vegetativo entre ambas condiciones. Así, los explantes cultivados en medio MS suplementado con sacarosa iniciaron la formación de brotes a partir del día quince de cultivo, mientras que aquellos sin sacarosa mostraron un retraso en la brotación, con el

inicio del desarrollo observable recién alrededor del día veinte y tres. No obstante, pese a este retraso inicial mostró una serie de ventajas y fisiológicas relevantes mostrando un crecimiento más robusto, facilidad de aclimatación al ambiente *ex vitro*.

Gayatri *et al.*, (2006), consiguieron regenerar múltiples brotes a partir de hojas de *Eryngium foetidum L.* recolectadas de plantas cultivadas en campo. Para ello, los explantes se cultivaron en un medio de cultivo Linsmaier y Skoog (LSBM) enriquecido con 1,5 ppm de BAP y 250 ppm de PVP (un antioxidante que previene el oscurecimiento del tejido). Esta combinación resultó ser favorable en la formación de numerosos brotes y buen desarrollo de raíces, en comparación con otras concentraciones de reguladores de crecimiento probadas.

Chandrika *et al.*, (2011), establecieron una metodología de cultivo de tejidos para la propagación acelerada de *Eryngium foetidum L.* a partir de estructuras florales. Para ello, utilizaron segmentos nodales y de escapo floral obtenidos de inflorescencias con una antigüedad de entre diez y doce días. Estos explantes se hicieron crecer en un medio de cultivo base MS, al que se añadieron BAP y kinetina. Ambas categorías de explante generaron de manera directa y sin un callo intermedio. La generación de brotes y su posterior desarrollo en plántulas listas para aclimatizar se completó en un período de entre tres y cuatro semanas después de la siembra. La tasa de supervivencia de estas plantas tras ser llevadas a condiciones ambientales naturales alcanzó el 95 %.

Nagananda *et al.*, (2012), alcanzaron regenerar a partir de hojas jóvenes de *Eryngium foetidum L.*, cultivadas en medio de cultivo MS enriquecido con 2 ppm de BAP y 1 ppm de NAA. Además, añadieron un 10 % de distintas fuentes de nitrógeno, como triptona, peptona, extracto de carne, extracto de levadura, y otros complementos como leche de coco, jugo de tomate y pulpa de plátano. Los mejores resultados se obtuvieron con los medios que contenían un 10 % de leche de coco y un 10 % de peptona, superando a las demás combinaciones. Una vez que las plántulas alcanzaron un desarrollo adecuado, aclimataron y trasplantaron al campo, logrando una tasa de supervivencia del 85 %.

Deepa (2019), regeneró usando explantes de ápices caulinares y segmentos foliares de la planta medicinal *Eryngium foetidum L.*, se cultivaron en medio de cultivo MS enriquecido con NAA y BA. Los resultados mostraron que la

concentración más elevada de BA (6 ppm) produjo la respuesta óptima en los segmentos de ápice caulinar, con la generación de entre 6 y 8 yemas por explante.

Saraswathi (2019), logró generar callos a partir de explantes de hojas de *Eryngium foetidum* L. cultivadas en un medio MS enriquecido con 2 ppm NAA y 2 ppm de BAP. Además, consiguió la inducción de brotes múltiples en explantes nodales, internodales y de escapo, utilizando el medio MS con 1,5 ppm de NAA y 1,5 ppm de BAP, obteniendo plántulas de 6-7 cm de altura, con 10-12 hojas y una raíz pivotante bien desarrollada, en solo ocho semanas. Lograron generar entre 30 y 40 embriones somáticos a partir de un único explante de apenas 10 mm de tamaño, lo que demuestra la alta eficiencia de este método de propagación.

Biswajit *et al.*, (2020), regeneraron usando secciones pedunculares de plantas de *Eryngium foetidum* L. mantenidas en invernadero. Se cultivaron en medio de cultivo MS suplementado con 3,0 ppm de N6-benciladenina (BA) y 1,0 ppm de IAA, mostrando resultados de proliferación de  $11,3 \pm 0,64$  brotes por explante y un desarrollo radical de  $24 \pm 0,40$  raíces por brote. Tras una fase de aclimatación, las plántulas se transfirieron exitosamente al suelo.

Remesh *et al.*, (2023), consiguieron regenerar la multiplicación de brotes de *Eryngium foetidum* L., usando yemas axilares. Se cultivaron en un medio MS enriquecido con BA y IAA. Los mejores resultados se obtuvieron utilizando 1,0 ppm BA y 0,1 ppm de IAA, logrando que cada explante generara un promedio de cinco brotes nuevos.

Flores & Gutiérrez (2021), evaluaron diferentes sustratos en el crecimiento de "sacha culantro" comparando suelo vegetal, y una combinación de suelo vegetal, arena y bokashi, y bokashi puro. Los resultados indicaron que el bokashi, con mayor contenido de materia orgánica, promovió un desarrollo radicular óptimo. Esta especie se desarrolla mejor en suelos ligeros, sueltos o francos con alta cantidad de materia orgánica, con un pH neutro o ligeramente ácido (6-7) y buen drenaje.

## **2.2. Marco conceptual**

**a) Cultivo de tejidos vegetales.** Es una técnica que permite el crecimiento y la multiplicación de células, tejidos u órganos vegetales en un ambiente controlado (Suárez, 2020).

**b) Explante.** Es un fragmento de tejido vegetal que se utiliza como material de partida en el cultivo de tejidos vegetales (Espinosa *et al.*, 2012).

**c) Asepsia.** Se refiere a la ausencia total de microorganismos contaminantes en el ambiente de cultivo, el material vegetal y los medios de cultivo (Suárez, 2020).

**d) Medio de cultivo.** Es una solución nutritiva especialmente formulada para proporcionar a las células y tejidos vegetales los nutrientes y condiciones esenciales para su crecimiento y desarrollo en un ambiente controlado (George *et al.*, 2008)

**e) Medio Murashige y Skoog.** Es una solución nutritiva que contiene una mezcla específica de sales minerales, vitaminas, azúcares y otros nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las células y tejidos vegetales *in vitro* (Rodríguez *et al.*, 2014).

**f) Reguladores de crecimiento.** Son sustancias químicas que, en pequeñas cantidades, pueden influir en el crecimiento, desarrollo de las células y tejidos vegetales (Alcantara *et al.*, 2019).

**g) Auxinas.** Son fitohormonas que juegan un papel crucial en la formación de raíces en el propagación vegetal *in vitro* (Condemarín *et al.*, 2015).

**h) Ácido indol-3-butírico (AIB).** Es una fitohormona vegetal artificial, que se utiliza ampliamente en el cultivo de tejidos vegetales para promover el enraizamiento de esquejes y la formación de raíces adventicias (Condemarín *et al.*, 2015).

**i) Citocininas.** Son fitohormonas que desempeñan un papel crucial en la proliferación celular, la generación de brotes y la regulación del crecimiento (Lozano *et al.*, 2015).

**j) 6-bencilaminopurina (BAP).** Es una fitohormona vegetal artificial, que se utiliza ampliamente en el cultivo de tejidos vegetales y en la horticultura para promover la división celular, la formación de brotes y la regulación del crecimiento (Lian *et al.*, 2023).

**k) Vitroplanta.** Es una planta que se ha producido a partir de un explante cultivado *in vitro*, es decir, en un ambiente artificial y estéril (Castro, 2023) .

**I) Aclimatación de vitroplanta.** Es el proceso gradual de adaptación de la vitroplanta, cultivadas en un ambiente controlado *in vitro*, a las condiciones ambientales del exterior (Raymundo *et al.*, 2013).

### **2.3. Bases teóricas**

#### **2.3.1. *Eryngium foetidum* L.**

*Eryngium foetidum* L., conocido en Perú como "sacha culantro", es una planta originaria de las regiones tropicales de América. Esta especie generó interés en la comunidad científica debido a su relevancia etnobotánica respaldada por usos tradicionales documentados, su creciente incorporación en la industria alimentaria como aromatizante natural y en la fitoterapia como agente bioactivo con potencial terapéutico. La relevancia fitoquímica de esta especie radica en la presencia de aceites esenciales, los cuales son biosintetizados y almacenados en estructuras especializadas conocidas como conductos secretores, distribuidos de forma sistemática en sus tejidos vegetativos. Estas células, ricas en compuestos bioactivos, le otorgan un valor único, siendo muy apreciada en el mercado internacional, así como en la industria farmacéutica y de perfumería (Rodríguez *et al.*, 2022). En el campo de la medicina tradicional se trata afecciones respiratorias, gastrointestinales, diabetes y dislipidemias (Cárdenas *et al.*, 2023).

Durante el siglo XVII, los exploradores europeos llevaron sus semillas a distintas partes del mundo, dicha singularidad se atribuye que hoy en día sea muy valorada en la gastronomía y la medicina tradicional de países asiáticos como Vietnam, Tailandia, India y otros. Esta planta crece de manera silvestre en bosques, caminos húmedos y zonas con suelos ricos en materia orgánica. Se desarrolla mejor en lugares con sombra, donde sus hojas crecen más grandes, verdes y tiernas. Por ende, las hace ideales para su venta en mercados. (Casey *et al.*, 2004). Esta planta está adaptada a climas tropicales, donde las lluvias son abundantes y la humedad es alta, estas condiciones son adecuadas para cultivarse en países como Brasil, Colombia, Costa Rica y Cuba. En Perú, crece de forma natural en las regiones de Loreto y Ucayali. No obstante, en años recientes también se ha iniciado su cultivo en zonas cálidas de Huánuco, San Martín, Ayacucho, Madre de Dios y Junín (Ramos, 2022).

Las semillas del "sacha culantro" presenta un período prolongado de postmaduración, requiriendo más de seis meses para alcanzar la capacidad germinativa. Debido a este requerimiento, las semillas recién cosechadas

muestran baja viabilidad inicial. Por ende, necesita un tiempo adicional para completar los procesos bioquímicos asociados con la maduración embrionaria. Además, la especie tiende a tener una preferencia ecológica por ambientes con alta humedad y suelos con buena retención hídrica (Fuentes *et al.*, 1996).

### **2.3.2. Condiciones edafoclimáticas**

El “sacha culantro” crece con mayor vigorosidad a temperaturas entre 16°C y 30°C, prefiriendo ambientes húmedos con luz filtrada o indirecta. Esta especie se adapta a climas tropicales, donde las lluvias abundantes y la humedad ambiental son constantes. En zonas de alta pluviosidad, conviene complementar con riego por goteo durante los períodos secos. Además, prospera mejor en suelos con buena capacidad para retener agua, tanto en cultivos al aire libre como en condiciones de sombra. Aunque se adapta a diferentes tipos de suelo (arcillosos, franco-arcillosos), con distintos contenidos de materia orgánica y un pH que oscila entre ligeramente ácido a neutro, su mejor rendimiento se obtiene en terrenos de textura suelta, con una profundidad de veinte y treinta centímetros. Estos suelos deben ofrecer un drenaje adecuado mientras mantienen alrededor del 80 % de humedad en su capacidad de campo (Ramos, 2022).

### **2.3.3. Características botánicas**

*Eryngium foetidum* L. constituye una especie vegetal perenne reconocida por su capacidad de producir aceites esenciales, caracterizada por una intensa emisión olfativa. Esta especie presenta una altura promedio de 40 cm, en condiciones asociadas a la floración y fructificación puede alcanzar hasta 60 cm. El sistema radical se compone de una raíz principal engrosada y carnosa, la cual exhibe un patrón de ramificación lateral y se extiende, en promedio, a una profundidad de 31 cm. El eje caulinar puede presentarse en forma simple o ramificada, portando entre siete y diez hojas en su fase de madurez fisiológica. Dichas hojas poseen un pecíolo reducido y se disponen en roseta basal; morfológicamente, corresponden a formas lanceoladas u oblanceoladas, con longitudes comprendidas entre 3 y 30 cm y anchos que oscilan de 1 a 5 cm. La base foliar se estrecha progresivamente, mientras que los bordes presentan una dentición aserrada. La venación se organiza de manera pinnada, con una red secundaria reticulada. La inflorescencia se caracteriza por una ramificación trifurcada, compuesta por múltiples capítulos diminutos. Las flores, numerosas y polimórficas en cuanto a la coloración varía desde el blanco hasta tonalidades púrpuras,

poseen una estructura diminuta. Cada flor incluye cinco estambres y un cáliz pentamerizado, no superan el milímetro de longitud. La corola está constituida por cinco pétalos libres, igualmente submilimétricos. El fruto resultante es de tipo esquizocarpo, con morfología globosa, conteniendo una única semilla cuyo diámetro promedio es de aproximadamente 2 mm (Ramos, 2022).

#### **2.3.4. Taxonomía**

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988, siendo su taxonomía la siguiente:

División:	Magnoliophyta.
Clase:	Magnoliopsida.
Sub clase:	Rosidae.
Orden:	Apiales.
Familia:	Apiaceae.
Género:	<i>Eryngium L.</i>
Especie:	<i>E. foetidum L.</i>
Nombre vulgar:	“sacha culantro”

#### **2.4. Cultivo de tejidos vegetales**

El cultivo de tejidos vegetales constituye una metodología biotecnológica que emplea explantes tales como fragmentos foliares, segmentos caulinares o células aisladas para regenerar individuos completos bajo condiciones estériles y ambientalmente controladas. Más allá de su utilidad en la micropropagación a gran escala, esta técnica desempeña un papel estratégico en la conservación *ex situ* de especies vegetales amenazadas, así como en la producción de material vegetal certificado libre de patógenos y en la generación de líneas mejoradas mediante ingeniería genética (Rasha *et al.*, 2025). Es una herramienta que ha permitido desarrollar plantas con rasgos agronómicos mejorados, incluyendo variedades transgénicas diseñadas para conferir resistencia a plagas, tolerancia a estrés abiótico o incremento en el contenido de compuestos nutricionales (Sharma *et al.*, 2024).

Es una técnica fundamental que se lleva a cabo en un ambiente controlado y aséptico. La asepsia se logra mediante protocolos de desinfección rigurosos que

eliminan los microorganismos presentes en el explante, así como la implementación de prácticas de bioseguridad y limpieza exhaustivas en las instalaciones del laboratorio. Durante la fase inicial de establecimiento del cultivo, el explante representa la principal fuente potencial de contaminación, dado que puede albergar microorganismos incluyendo hongos, levaduras y bacterias. La proliferación de estos agentes contaminantes en los medios de cultivo representa un riesgo crítico. No obstante, a medida que avanza el tiempo, las fuentes de contaminación tienden a desplazarse hacia factores ambientales o errores en la manipulación durante el manejo rutinario de los cultivos (Murillo *et al.*, 2021). Los sistemas de cultivo *in vitro* permiten la regeneración de individuos vegetales con elevada uniformidad genética y alto potencial productivo en comparación con los métodos convencionales. Además, estos protocolos facilitan la propagación masiva mediante la inducción de multiplicación clonal eficiente, rápida y libre de patógenos, resultando esencial para la conservación, mejora genética y producción sostenible de especies de interés agrícola y medicinal (Jiménez & Agramonte, 2013).

La totipotencia es la capacidad inherente de una célula somática diferenciada como aquellas que constituyen tejidos foliares, caulinares o radicales para desdiferenciarse, reactivar su programa genético y regenerar, de manera autónoma, un organismo vegetal completo. A diferencia de los sistemas animales, en los que la especialización celular suele ser irreversible, las células vegetales conservan este potencial a lo largo de su ciclo de vida. Bajo estímulos adecuados, una célula somática puede ser reprogramada hacia un estado totipotente, sin requerir la fusión gamética ni la fertilización (Su *et al.*, 2021).

## **2.5. Explante**

Un explante vegetal es obtenido de cualquier órgano de la planta, tales como hojas, tallos, raíces o tejidos meristemáticos, que sirve como material inicial para su establecimiento en cultivo *in vitro* (Calva, 2005). Dicho explante se inocula en un medio de cultivo artificial, estéril y debidamente formulado, en el cual las células mantienen su viabilidad y su capacidad para dividirse y proliferar. El éxito de la regeneración *in vitro* depende de la selección adecuada del explante. En este sentido, variables como la identidad tisular, el estado fisiológico del tejido, la edad de la planta donante y la composición del medio de cultivo determinan directamente la competencia morfogénica del explante. Gracias a la totipotencia,

incluso una única célula somática contenida en el explante puede reprogramarse y dar origen a un individuo completo, siempre que se le proporcionen las condiciones físico-químicas y hormonales óptimas para la dediferenciación, la formación de callo o embriogénesis somática (Villavicencio *et al.*, 2022).

El tamaño del explante constituye un parámetro crítico en los protocolos de cultivo *in vitro*, cuya optimización debe considerarse en función tanto del objetivo experimental como de las características fisiológicas de la especie vegetal. En consecuencia, explantes de mayor dimensión pueden favorecer la adherencia al medio de cultivo y la inducción de callo, atribuibles a una mayor reserva metabólica y número de células competentes. La elección del tamaño del explante es un balance entre la necesidad de un tejido lo suficientemente grande para una respuesta adecuada y la minimización de la heterogeneidad y el riesgo de contaminación (Perla, 2007).

## **2.6. Asepsia**

La interacción entre el explante y el medio de cultivo, junto con las condiciones físicas de incubación, crea un entorno susceptible a la proliferación de microorganismos como bacterias y hongos. Estos patógenos pueden causar la destrucción de los cultivos, competir por los nutrientes del medio o incluso modificarlo, comprometiendo el éxito del proceso. La prevención de la contaminación microbiana es un factor crucial para el éxito en el establecimiento inicial de los cultivos. Asimismo, durante la incubación y la manipulación de los mismos. La implementación de protocolos de esterilización y técnicas asépticas es fundamental para garantizar la viabilidad y el desarrollo adecuado de los cultivos *in vitro* (Suárez, 2020). Esta contaminación puede causar la destrucción de los cultivos, impactando negativamente la productividad. Si bien es difícil cuantificar las pérdidas, se estima que, en laboratorios de micropropagación, la contaminación puede afectar alrededor del 10 % de los cultivos. En ciertos casos, los microorganismos no eliminan los cultivos, pero compiten con los explantes por los nutrientes del medio o modifican su composición. En la práctica, cuando se habla de cultivos asépticos, se refiere a aquellos que no presentan proliferación de hongos y bacterias (Levitus *et al.*, 2004).

La desinfección de explantes para cultivos *in vitro* se realiza con una amplia variedad de compuestos químicos, siendo el etanol al 70 % y el hipoclorito de sodio al 1-3 % los más utilizados en la actualidad que son productos de uso

doméstico. Con menor frecuencia, se emplean soluciones de hipoclorito de calcio al 6–12 % y cloruro de mercurio al 0,1–1,5 %. Sin embargo, es importante destacar que el cloruro de mercurio es altamente tóxico y su eliminación completa del explante resulta dificultosa. La elección del desinfectante debe considerar la eficacia contra los microorganismos específicos, la compatibilidad con el explante y el impacto potencial en el desarrollo del cultivo (Mroginski & Roca, 1993).

## **2.7. Medio de cultivo**

En la regeneración *in vitro* de tejidos vegetales, los medios de cultivo brindan los nutrientes esenciales tanto macronutrientes como micronutrientes requeridos para el metabolismo y desarrollo celular, en proporciones equivalentes a las necesarias en plantas completas. El nitrógeno, en particular, se incorpora predominantemente en forma inorgánica como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ); no obstante, en ciertos protocolos especializados también se utilizan fuentes orgánicas alternativas, tales como glutamina, urea o caseína hidrolizada, con el fin de modular la respuesta fisiológica del tejido. Además, el medio contiene fósforo, calcio, magnesio y azufre en concentraciones que oscilan entre 1 y 3 mM, niveles optimizados para sostener procesos bioquímicos fundamentales, como la síntesis de ácidos nucleicos, la estabilización de membranas y la activación enzimática. Con el propósito de garantizar la biodisponibilidad del hierro en un amplio intervalo de pH, condición para prevenir la clorosis férrica, este micronutriente se administra en forma quelada, generalmente como  $\text{Fe}^{2+}$  complejado con EDTA disódico ( $\text{Na}_2\text{EDTA}$ ). En sistemas de cultivo semisólidos, se agrega agar en concentraciones que varían entre 0,6 % y 1,0 % (p/v), dado que su contenido no solo determina la consistencia física del medio, sino que también influye en la difusión de nutrientes, el intercambio gaseoso y, en consecuencia, en la morfogénesis y el crecimiento de los explantes (Castillo *et al.*, 2021).

El medio de cultivo MS, denominado así en honor a sus descubridores, Toshio Murashige y Folke K. Skoog en 1962, surgió de sus investigaciones sobre las hormonas de crecimiento del tabaco. Identificar la concentración óptima de minerales que promovía el crecimiento robusto de estas plantas llevó al desarrollo de este medio. Su aplicación en el cultivo *in vitro* de plantas se basa en la presencia de macronutrientes, micronutrientes y vitaminas (Rodríguez *et al.*, 2014).

**Tabla 1** Composición del medio basal Murashige y Skoog (MS)

Componente	Fórmula	Cantidad típica (mg/L)
<b>Macronutrientes</b>		
Nitrato de amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	1650
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3$	1900
Fosfato monopotásico	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	170
Cloruro de calcio dihidratado	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	440
Sulfato de magnesio heptahidratado	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	370
<b>Micronutrientes</b>		
Sulfato de manganeso tetrahidratado	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	22,3
Sulfato de zinc heptahidratado	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	8,6
Yoduro de potasio	KI	0,83
Ácido bórico	$\text{H}_3\text{BO}_3$	6,2
Molibdato de sodio dihidratado	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,25
Sulfato de cobre (II) pentahidratado	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,025
Cloruro de cobalto (II) hexahidratado	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,025
Sulfato de hierro (II) heptahidratado	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	27,8
EDTA (agente quelante de hierro)	$\text{Na}_2\text{-EDTA} / \text{Fe-EDTA}$	37,3
<b>Vitaminas &amp; Orgánicos</b>		
mio-Inositol	-	100
Ácido nicotínico (Niacina)	-	0,5
Piridoxina-HCl (Vitamina B6)	-	0,5
Tiamina-HCl (Vitamina B1)	-	0,1
Glicina	-	2

Este medio de cultivo está específicamente diseñado para promover el crecimiento vegetal, proporcionando hormonas y compuestos esenciales que las plantas utilizan para su desarrollo. Su eficacia ha llevado a su amplia aplicación en cultivos *in vitro* (Kumar *et al.*, 2015).

## 2.8. Fitohormonas

Las fitohormonas constituyen un grupo de compuestos orgánicos de origen endógeno o sintético que actúan como señales moleculares, regulando procesos fisiológicos y bioquímicos a lo largo del desarrollo de las plantas. Entre sus funciones más relevantes se destaca la estimulación de la división y elongación celular, la inducción de la transición floral, la regulación del proceso de senescencia y la activación de vías de señalización asociadas con la tolerancia a estrés abiótico. En este último contexto, estas fitohormonas median respuestas adaptativas frente a condiciones adversas, tales como déficit hídrico, salinidad del suelo o fluctuaciones térmicas extremas, lo cual permite a las plantas mantener la homeostasis celular y preservar su viabilidad bajo estrés ambiental (Biswajit *et al.*, 2020). Dentro de este grupo destacan cinco clases fundamentales de fitohormonas: auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno. Cada

una de estas moléculas desempeña funciones específicas, en la regulación integrada del crecimiento, el desarrollo y la adaptación fenotípica de las plantas a estímulos ambientales. Gracias a los mecanismos de acción y aplicación estratégica, la biotecnología vegetal ha logrado avances significativos en la mejora de la productividad agrícola, la optimización de protocolos de micropropagación *in vitro* y en el refuerzo de la tolerancia en los cultivos frente a factores de estrés. Las fitohormonas son compuestos orgánicos producidos por las plantas que regulan su crecimiento y desarrollo a través de efectos a nivel celular, actuando en concentraciones muy bajas. Además, son compuestos sintéticos o de origen natural que imitan la acción de las fitohormonas, pero con una mayor potencia que sus análogos naturales (Alcantara *et al.*, 2019).

### **2.8.1. Auxinas**

Las auxinas se localizan principalmente en el citosol de las células de los meristemos apicales de la raíz, así como en embriones jóvenes y hojas jóvenes en desarrollo. También se encuentran en el tejido vascular, especialmente en la xilema, en las puntas de las raíces, en frutos en desarrollo, en semillas en germinación y en los nódulos de las raíces de las leguminosas (Tiaz & Zeiger, 2006). Aunque las auxinas no induzcan directamente la proliferación de brotes axilares, sí contribuyen al crecimiento general del explante. En este contexto, se ha propuesto que su inclusión en medios de multiplicación podría mitigar el efecto inhibitorio ejercido por concentraciones elevadas de citocininas sobre la elongación de yemas axilares, restableciendo así su desarrollo habitual (Erig *et al.*, 2002). Desde una perspectiva fisiológica integral, las auxinas participan en múltiples procesos del desarrollo vegetal, entre los que se incluyen la dominancia apical, la formación de raíces adventicias, la partenocarpia, la abscisión foliar, la elongación celular y en condiciones controladas en cultivos celulares. Dentro del grupo de reguladores sintéticos, el AIB destaca como uno de los compuestos más empleados para la inducción radicular *in vitro*. Su principal ventaja radica en su baja fitotoxicidad y en la ausencia de efectos inhibidores sobre el crecimiento caulinar, características que lo posicionan como un regulador óptimo para la generación de sistemas radiculares funcionales en protocolos de micropropagación (Condemarín *et al.*, 2015).

El ácido 3-indol butírico es una auxina sintética que ha demostrado ser una herramienta invaluable en el cultivo *in vitro* de plantas, es ampliamente utilizado

para inducir la formación de raíces adventicias en explantes de tallos, hojas y raíces. Su aplicación en concentraciones específicas puede promover un desarrollo radicular vigoroso, crucial para el establecimiento exitoso de las plántulas *in vitro* (García *et al.*, 2012). El 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) es una auxina sintética ampliamente utilizada en cultivo de tejidos vegetales, es conocido por su capacidad para inducir la formación de callos, masas de células indiferenciadas que pueden ser utilizadas para la regeneración de plántulas o la producción de metabolitos secundarios. Su función radica en estimular la proliferación celular y mantiene su especialización (Espinosa *et al.*, 2012).

### **2.8.2. Citocininas**

La principal síntesis de las citocininas tiene lugar en tejidos meristemáticos apicales, ápices caulinares, yemas terminales, hojas jóvenes y otras zonas de crecimiento activo (Cruz, 2012). Las citoquininas inducen la división celular, estimulan el crecimiento de brotes laterales al contrarrestar la dominancia apical y facilitan el desvío de nutrientes hacia las hojas. También juegan un papel crucial en la germinación de semillas, el desarrollo de brotes, la maduración de los cloroplastos, la síntesis de pigmentos fotosintéticos y proteínas enzimáticas, en conjunto con otros factores como la luz y los nutrientes. Además, las Citocininas promueven la expansión celular en hojas y cotiledones, retrasan la senescencia foliar y regulan este proceso en equilibrio con el etileno. Debido a su capacidad de mantener el color verde de las hojas, las Citocininas se utilizan comercialmente para prolongar la frescura de las hortalizas hasta su consumo (Lozano *et al.*, 2015). Estas fitohormonas son capaces de inducir tanto la elongación como la expansión celular, procesos fundamentales en el desarrollo vegetativo. Además, en sistemas de cultivo *in vitro*, se ha demostrado que las Citocininas también estimulan la división celular, favoreciendo la formación de callo y ejerciendo un control central sobre la morfogénesis radicular y caulinar (Kurepa & Smalle, 2022). La utilización de reguladores del crecimiento, como el ácido naftalenacético (NAA) y la bencilaminopurina (6-BAP), son factores cruciales que determinan el éxito de la regeneración y el enraizamiento de muchas plantas. En ciertos casos, se ha observado una sinergia entre diferentes reguladores del crecimiento, favoreciendo la formación de nudos y brotes. La concentración óptima de cada regulador varía según la especie vegetal, el tipo de explante y la etapa de multiplicación. Por consiguiente, es fundamental optimizar las combinaciones y concentraciones de estos reguladores para cada especie, genotipo y fase de desarrollo, con el fin de

obtener los mejores resultados en la regeneración y el enraizamiento de las plántulas(Condemarín *et al.*, 2015). Su principal acción de 6-BAP se centra en la activación de la división celular, un proceso esencial para la formación de nuevos tejidos y órganos. Demostrado su capacidad para promover la proliferación celular, estructuras indiferenciadas que pueden dar origen a nuevas plantas. Además, 6-BAP ha sido asociada con la estimulación de la germinación de embriones en diversas especies vegetales, sugiriendo su participación en la regulación de la transición de la fase embrionaria a la fase de plántula. La capacidad de la 6-BAP para influir en la división celular y la germinación la convierte en una herramienta valiosa para la manipulación del desarrollo vegetal en cultivos *in vitro*, con aplicaciones en la propagación clonal, la producción de plantas libres de patógenos (Rodríguez & Tampe, 2017).

## **2.9. Aclimatación de vitroplanta**

La aclimatación constituye un proceso fisiológico que implica la transición progresiva de plántulas *in vitro* hacia condiciones ambientales *ex vitro*, incluyendo variaciones en humedad relativa, intensidad lumínica, régimen térmico y disponibilidad de nutrientes. Dado que las plántulas cultivadas *in vitro* se desarrollan en un entorno estéril presentan una marcada susceptibilidad a los factores abióticos del ambiente exterior (Castro, 2023). El objetivo principal de la aclimatación es inducir ajustes morfofisiológicos que fortalezcan la capacidad de las plántulas para sobrevivir y establecerse en condiciones naturales tras su permanencia prolongada en un sistema artificial y altamente controlado (Pineda *et al.*, 2018).El éxito de la aclimatación de plántulas *in vitro* depende en gran medida de las características fisiológicas, estructurales y anatómicas que han desarrollado durante su crecimiento en condiciones controladas. Mediante una aclimatación adecuada, se maximiza la tasa de supervivencia post-trasplante, preservando simultáneamente la integridad y el estado fisiológico de las plántulas. Esta etapa resulta, por tanto, determinante para garantizar un establecimiento exitoso en sustrato, así como para asegurar un crecimiento vigoroso y sostenido en condiciones de campo (Raymundo *et al.*, 2013).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación de la zona de muestreo

##### 3.1.1. Ubicación georreferencial

El lugar de recolección del material biológico se encuentra en el Sector Mozobamba del Distrito de Santa Rosa, Provincia La Mar, Departamento de Ayacucho, a una altitud de 670 msnm siendo las coordenadas UTM: 638764.00 m E; 8596906.00 m S.

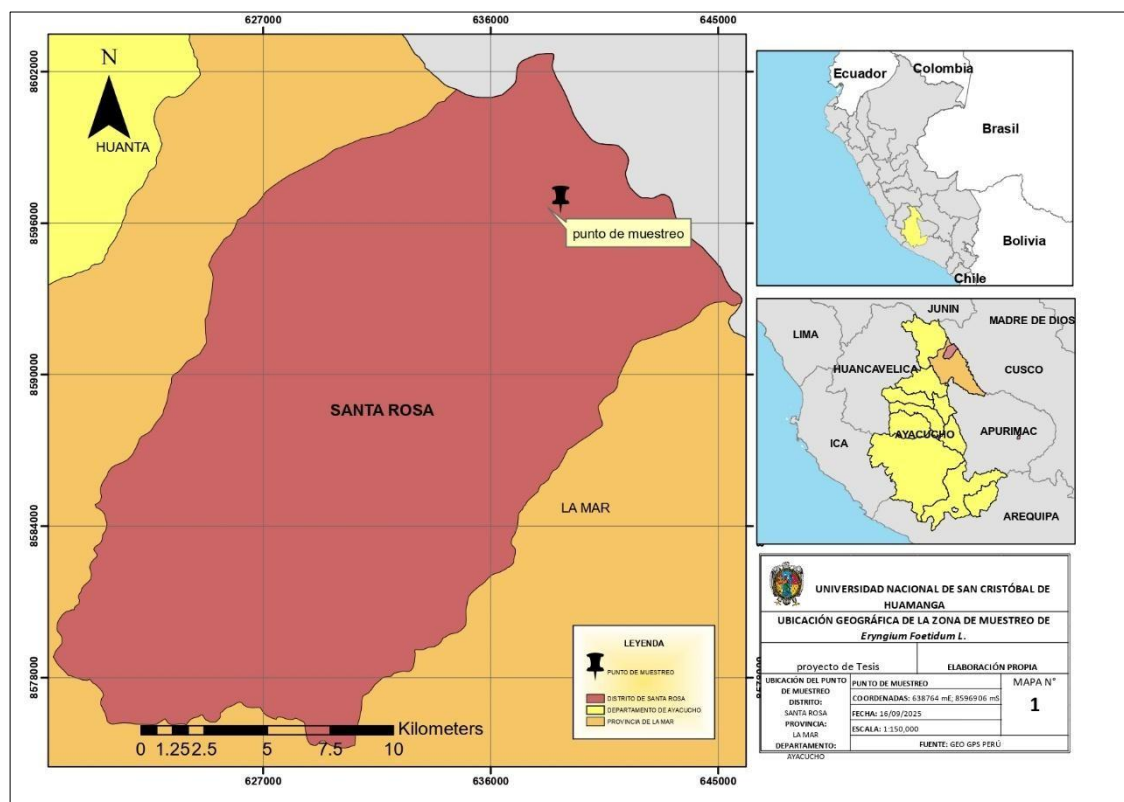


Figura 1 Mapa georreferencial de la zona de muestreo.

### **3.2. Población y muestra**

#### **3.2.1. Población**

Totalidad de plantas de *Eryngium foetidum L.*, del el Sector Mozobamba del Distrito de Santa Rosa.

#### **3.2.2. Muestra**

10 plantas de “sacha culantro” sin evidencia de signos y síntomas de enfermedad.

#### **3.2.3. Unidad de análisis**

150 explantes de tallos y 150 explantes de hojas de *Eryngium foetidum L.*

### **3.3. Metodología y recolección de datos**

#### **3.3.1. Zona de muestreo**

El material vegetal de “sacha culantro” recolectado corresponde ecológicamente a la zona de valle interandino o selva alta, caracterizada por condiciones climáticas típicas de los ecosistemas tropicales húmedos. En este entorno, el sacha culantro se desarrolla de forma natural en asociación con plantaciones de *Theobroma cacao L.* “cacao”, lo que refleja su adaptación a microclimas sombreados y suelos ricos en materia orgánica, propios de agroecosistemas cacaoteros de la región.

#### **3.3.2. Colecta de muestra**

La planta entera de “sacha culantro” fue recolectada en su hábitat natural y transportada inmediatamente al Laboratorio de Biología Celular y Molecular, de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Con el fin de preservar su viabilidad fisiológica y minimizar el riesgo de contaminación microbiana durante el traslado, la muestra se colocó en un recipiente de medida 6,5 cm ancho x 17 cm largo x 11 cm altura cuyo interior estaban provistas de algodón estéril humedecido, garantizando mantener un microambiente húmedo.

#### **3.3.3. Preparación del medio cultivo**

Se pesó 4,3 g/L de medio MS, luego se adicionó 30 g/L de sacarosa. A continuación, se mezclaron en un vaso precipitado con agua destilada, utilizando un agitador con placa de calentamiento para homogenizar la solución. Una vez obtenida una mezcla uniforme, se ajustó el pH del medio a 5,7 utilizando 0,1N HCl y 0,1N NaOH. Para solidificar el medio, se incorporó 7 g/L de agar y se calentó la solución en el hasta su completa disolución. Posteriormente, se distribuyeron 30

ml del medio en frascos de vidrio de 150 ml previamente lavados y secos, se cubrieron con papel aluminio y se esterilizó en autoclave a 121°C, 15 lb/pulg<sup>2</sup> de presión durante 15 minutos. Finalmente, se dejó enfriar al medio ambiente para su posterior uso.

### 3.3.4. Desinfección del material vegetal

El proceso de desinfección se efectuó dentro de una cabina con flujo laminar, adaptado a la metodología de Cruz, (2012). El proceso de desinfección superficial de los explantes de *Eryngium foetidum* L. (hojas y tallos) se llevó a cabo siguiendo un protocolo gradual. En primer lugar, las muestras vegetales se sometieron a un prelavado en un vaso de precipitado con agua destilada durante 10 minutos, con el fin de eliminar partículas adheridas y restos de materia orgánica superficial. A continuación, se realizó un lavado complementario con una solución suave de jabón antibacteriano durante un minuto, permitiendo reducir significativamente la carga microbiana. Posteriormente, los explantes se sumergieron brevemente en etanol al 70 % (v/v) durante 30 segundos. Seguidamente, se utilizó hipoclorito de sodio (NaClO), a distintas concentraciones y tiempos de exposición según las condiciones experimentales descritas en la Tabla 2. Finalmente, para eliminar completamente los residuos químicos del desinfectante que podrían resultar fitotóxicos durante el cultivo *in vitro*, los explantes fueron sometidos a tres enjuagues consecutivos con abundante agua destilada estéril, por un periodo de tiempo de 3 minutos en cada enjuague.

**Tabla 2** Diseño experimental de la concentración de hipoclorito de sodio (NaClO) en la desinfección del explante de *Eryngium foetidum* L.

N° Tratamientos	Etanol	[ ] NaClO %	Tiempo (min)	Medio	Repeticiones
1		1,5	10		I, II, III
2		2,0	8		I, II, III
3	70% por 30''	2,5	3	MS	I, II, III
4		3,0	3		I, II, III
5		3,5	3		I, II, III

### **3.3.5. Introducción *in vitro***

La siembra de los explantes se realizó bajo condiciones asépticas en una cabina de flujo laminar. Para ello, se utilizaron frascos de vidrio de 150 mL, previamente esterilizados, conteniendo 30 mL de medio de cultivo MS. Sobre una placa de Petri estéril, los explantes de las hojas se cortaron en tamaños de 1,5 cm × 2,0 cm y tallos en segmentos de 1,0 cm × 0,5 cm, asegurando uniformidad en el tamaño y orientación del tejido. Cada tratamiento experimental se inició con tres repeticiones descritas en la Tabla 2, y en cada frasco se colocó 4 explantes, permitiendo una evaluación de la tasa de supervivencia, y el desarrollo inicial *in vitro*. Una vez sembrados, los frascos se transfirieron a un ambiente de crecimiento con una temperatura de 25 °C ± 2 °C, fotoperiodo de 16 horas diarias de luz y una intensidad lumínica de 1500 lux.

### **3.3.6. Micropropagación**

Se seleccionaron cinco explantes foliares (1,5 cm × 2,0 cm) y cinco explantes de tallos (1,0 cm × 0,5 cm) por repetición, los cuales se sembraron en frascos de vidrio con 30 mL del medio de cultivo Murashige y Skoog, enriquecido con diversas combinaciones de 6-BAP y AIB. Estas combinaciones se distribuyeron en seis tratamientos experimentales, cuyas concentraciones específicas se detallan en la Tabla 3. Cada tratamiento se desarrolló con cinco repeticiones, con el fin de garantizar la validez estadística de los resultados. Una vez sembrados, los frascos se colocaron a un ambiente de crecimiento con una temperatura de 25 °C ± 2 °C, fotoperiodo de 16 horas diarias de luz y una intensidad lumínica de 1500 lux. El monitoreo del desarrollo de los explantes se realizó de forma semanal, registrando variables cuantitativas clave como el número de hojas, la longitud de las hojas, el número de raíces y la longitud de las raíces, parámetros que permitieron evaluar de manera objetiva la respuesta morfogénica y el efecto de los reguladores de crecimiento en la regeneración *in vitro*.

**Tabla 3** Diseño experimental para la micropropagación de *Eryngium foetidum L.* de hojas y tallos.

Tratamiento	6-BAP (ppm)	AIB (ppm)	Repeticiones	Fotoperiodo	Temperatura
T0	0	0	I, II, III, IV, V	16h luz / 8h oscuridad	25 °C ± 2
T1	1	0	I, II, III, IV, V		
T2	1	1	I, II, III, IV, V		
T3	3	1	I, II, III, IV, V		
T4	5	1	I, II, III, IV, V		
T5	0	1	I, II, III, IV, V		

### 3.3.7. Aclimatación

El proceso de aclimatación de las plántulas de *Eryngium foetidum L.*, previamente regeneradas *in vitro*, se inició con la desinfección de bandejas plásticas en agua caliente a 60 °C durante 60 segundos, con el fin de garantizar un entorno libre de contaminantes microbianos. Se preparó en las bandejas un sustrato constituido por una proporción equilibrada de tierra negra, arena y perlita, asignada a cuatro tratamientos experimentales (T0, T1, T2 y T3), cuya composición específica se detalla en la Tabla 4. Las plántulas se extrajeron cuidadosamente del medio de cultivo MS, evitando daño mecánico a sus sistemas radiculares, y se sometieron a un lavado con agua destilada estéril para eliminar completamente los restos de agar. Posteriormente, se trasplantaron individualmente a las bandejas contenían diferentes sustratos y se cubrieron con film de polipropileno transparente, con el propósito de mantener un microclima de humedad y reducir el estrés hídrico durante la fase crítica de transición del ambiente *in vitro* al *ex vitro*. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones. Inmediatamente se trasladaron al área del Laboratorio de Biología Celular y Molecular, donde se mantuvieron bajo supervisión constante antes de su exposición gradual a condiciones ambientales no controladas. La evaluación del proceso de aclimatación se realizó semanalmente, registrando como variable principal la tasa de supervivencia de las plántulas.

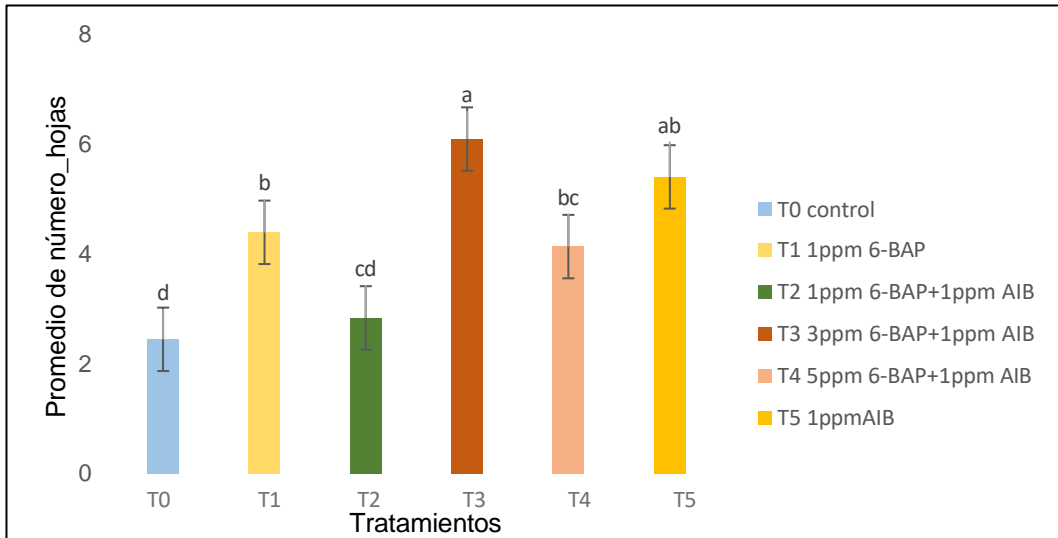
**Tabla 4** Diseño experimental para la aclimatación de *Eryngium foetidum* L.

<b>Tratamiento</b>	<b>Composición</b>	<b>Proporción</b>	<b>Repeticiones</b>
T0	Tierra negra	4:0	I, II, III, IV, V
T1	Tierra negra + arena	3:1	I, II, III, IV, V
T2	Tierra negra + arena + perlita	2,75: 1,125: 0,125	I, II, III, IV, V
T3	Tierra negra + perlita	3,5: 0,5	I, II, III, IV, V

### **3.6. Análisis de datos**

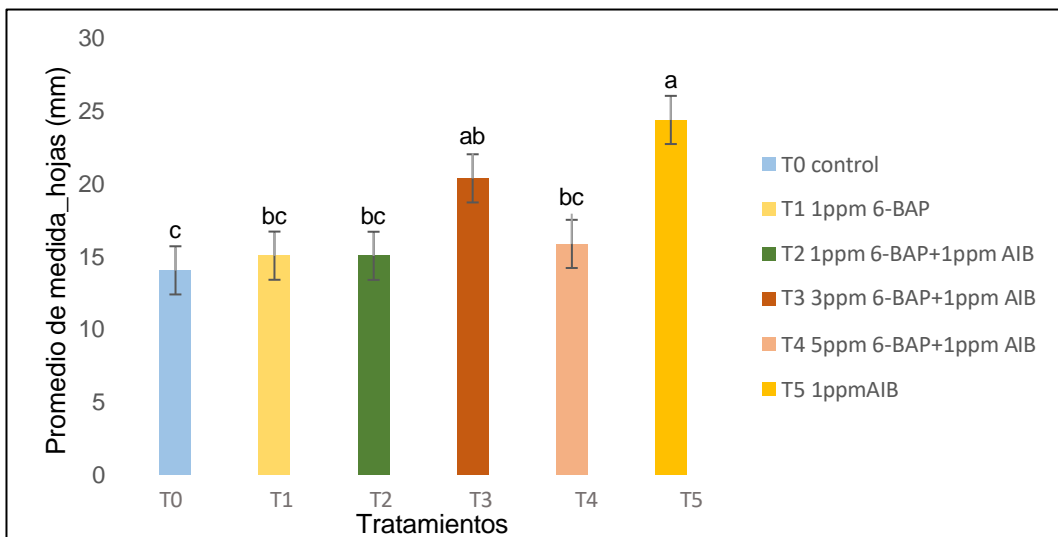
Los datos obtenidos fueron sometidos a procesamiento y análisis, y se presentan en tablas y gráficos que incluyen estadísticos descriptivos. Se utilizó herramientas estadísticas para analizar la relación entre las variables independientes y dependientes. Donde se calculó análisis de varianza (ANOVA), se aplicaron pruebas *post hoc* de Tukey considerando un nivel de significancia de  $p < 0,05$ . Empleando programas de Excel, Minitab Statistical 22 y SPS Statistical 23.

## **IV. RESULTADOS**



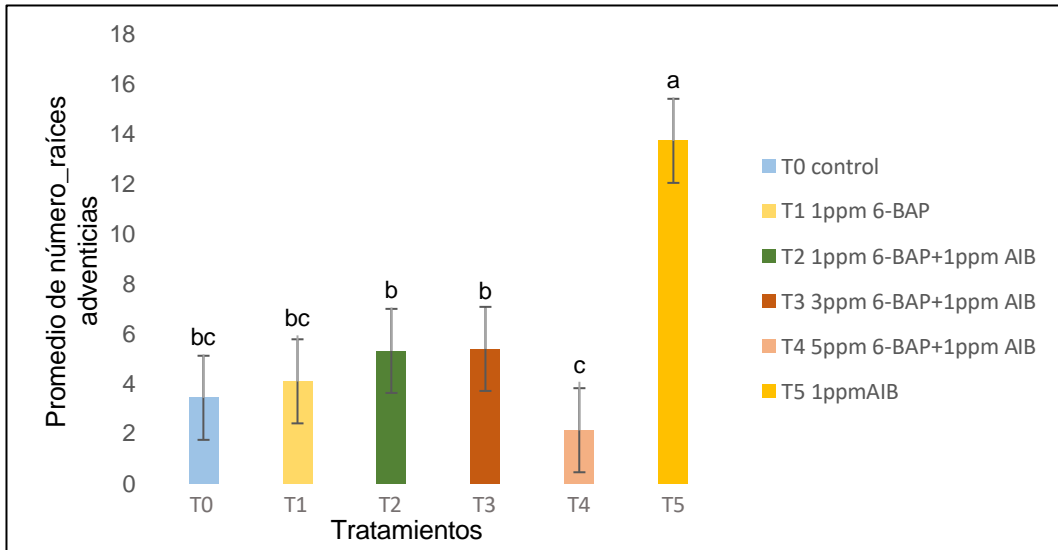
Nota: Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0,05$ ).

**Figura 2** Promedio del número de hojas desarrolladas en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de tallos. Ayacucho, 2025.



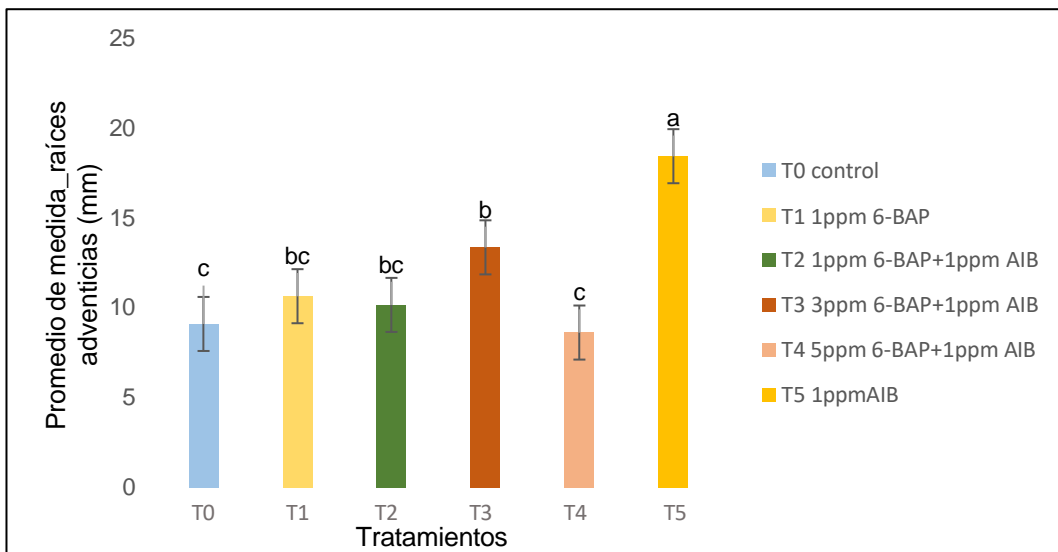
Nota: Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0,05$ ).

**Figura 3** Promedio de la medida de hojas (mm) en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de tallos. Ayacucho, 2025.



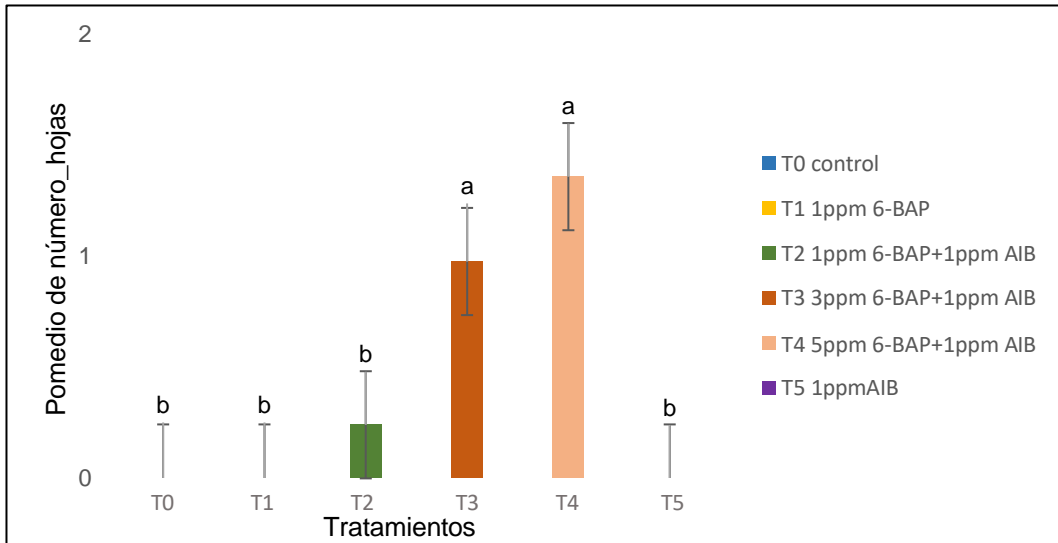
Nota: Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0,05$ ).

**Figura 4** Promedio del número de raíces adventicias desarrolladas en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de tallos. Ayacucho, 2025.



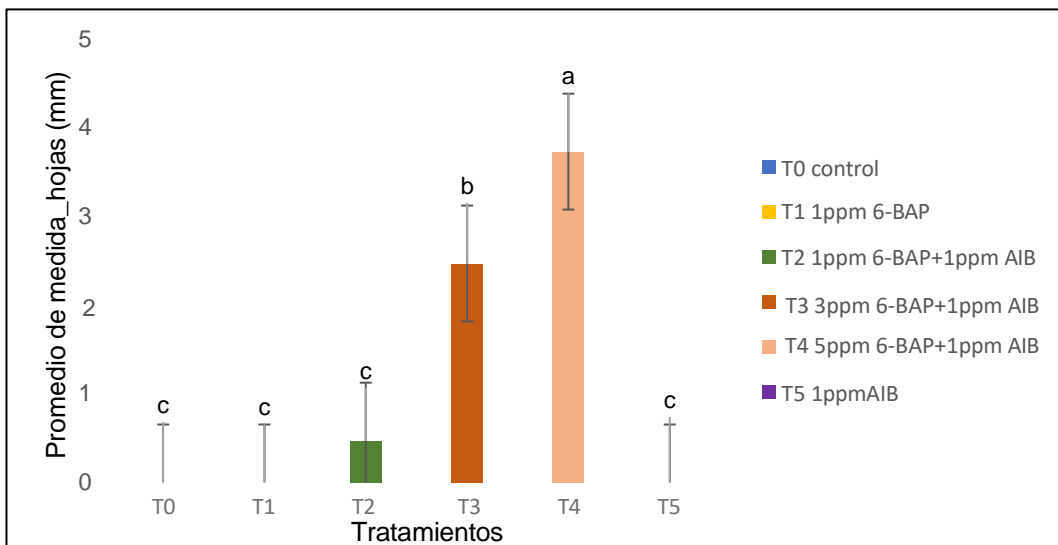
Nota: Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0,05$ ).

**Figura 5** Promedio de la medida de raíces adventicias (mm) en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de tallos. Ayacucho, 2025.



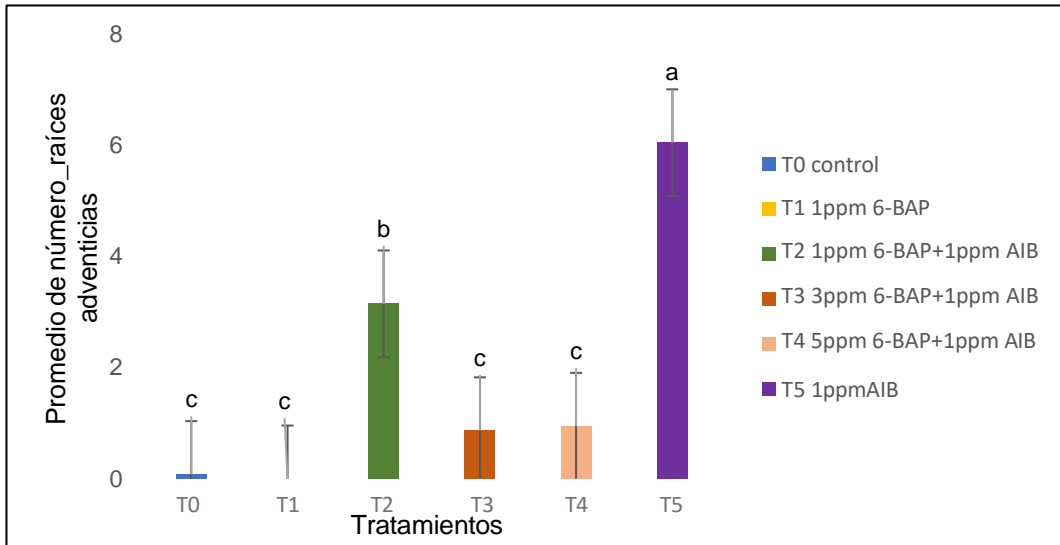
Nota: Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0,05$ ).

**Figura 6** Promedio del número de hojas desarrolladas en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de hojas. Ayacucho, 2025.



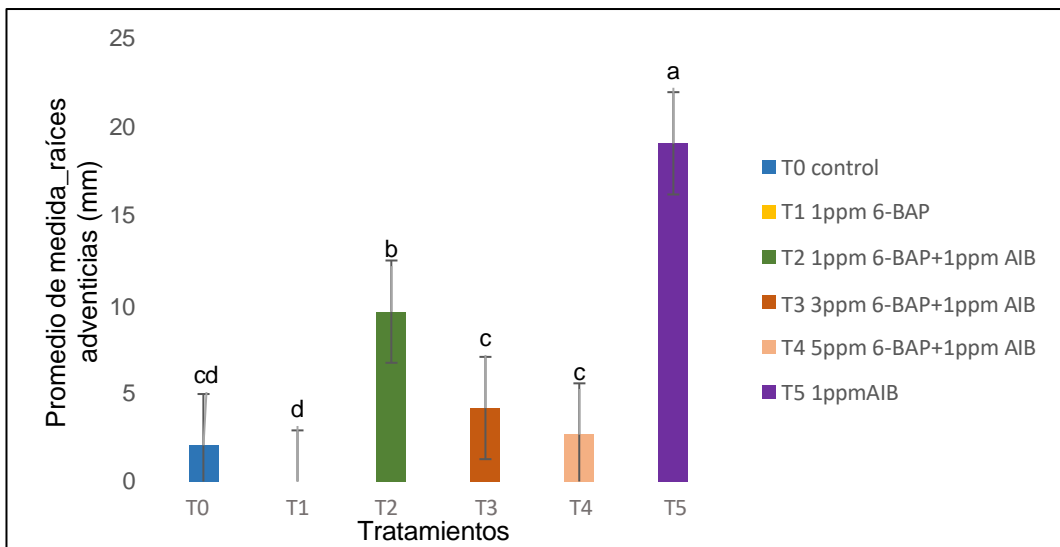
Nota: Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0,05$ ).

**Figura 7** Promedio de la medida de hojas (mm) desarrolladas en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de hojas. Ayacucho, 2025.



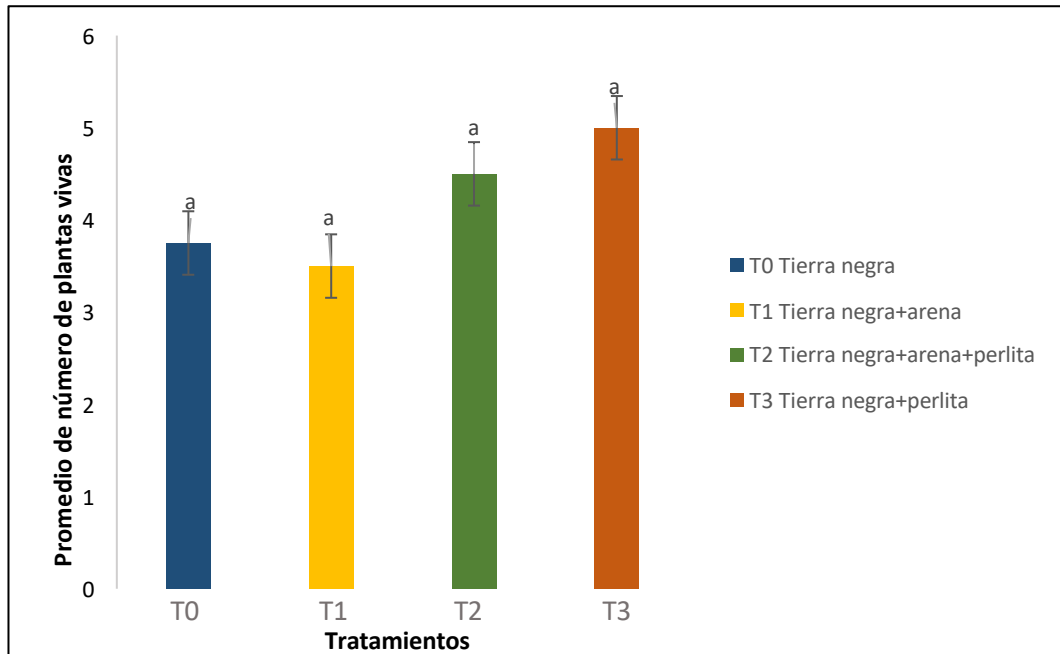
Nota: Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0,05$ ).

**Figura 8** Promedio del número de raíces adventicias desarrolladas en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de hojas. Ayacucho, 2025.



Nota: Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0,05$ ).

**Figura 9** Promedio de la medida de raíces adventicias (mm) desarrolladas en función a los tratamientos con 6-BAP y AIB en explante de hojas. Ayacucho, 2025.



Nota: Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0,05$ ).

**Figura 10** Promedio de número de plantas vivas de *Eryngium foetidum* L. en fase de aclimatación bajo diferentes tratamientos de sustrato. Ayacucho, 2025.

## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos, ilustrados en la figura 2, revelan diferencias estadísticamente significativas en el promedio de número de hojas entre los distintos tratamientos evaluados a lo largo del período experimental. El tratamiento T3 (MS + 6-BAP 3 ppm + AIB 1 ppm) presentó mayor promedio del número de hojas  $6,10 \pm 0,43$  por explante superando significativamente a los demás tratamientos en las semanas evaluadas. Además, se observó un crecimiento progresivo desde la segunda hasta la quinta semana, alcanzando un máximo de 8,60 hojas por explante, indicando que esta combinación de reguladores de crecimiento favorece de manera óptima el desarrollo foliar. Los resultados obtenidos en este estudio, fueron comparados por Arockiasamy *et al.*, (2002), quienes añadieron concentraciones de 2 ppm de BAP y 0,10 ppm de IAA resultando de manera más efectiva en la proliferación de brotes. De igual manera, Chandrika *et al.*, (2011), obtuvieron una tendencia en el incremento de brotes suplementando al medio MS con 3 ppm de BA y 1 ppm de IAA logrando una proliferación de  $11,3 \pm 0,64$  brotes por explante. Esto evidencia la influencia directa del tipo y concentración hormonal sobre el desarrollo foliar en la propagación *in vitro* de *Eryngium foetidum L.*

La figura 3 ilustra los datos cuantitativos del tamaño foliar evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento que presentó el mayor efecto en la elongación foliar fue T5 (MS + AIB 1 ppm), alcanzando un promedio de  $24,42 \pm 1,82$  mm. Esta respuesta sugiere que, en *Eryngium foetidum L.*, el AIB actúa como auxina morfogénica para raíces, que a su vez puede modular el crecimiento foliar. El segundo tratamiento de mayor

efecto fue el T3 (MS + 6-BAP 3 ppm + AIB 1 ppm), con un promedio de  $20,40 \pm 1,4$  mm. Estos resultados encuentran apoyo en estudios previos. Nagananda *et al.*, (2012), reportaron que al suplementar al medio MS con 2 ppm de BAP y 1 ppm de NAA, junto con fuentes nitrogenadas al 10 %, favoreció el crecimiento en el tamaño de las hojas de la plántula. Por otro lado, Deepa (2019), demostró que concentraciones superiores a 8 ppm de benciladenina (BA) inhiben el crecimiento de brotes, mientras que la combinación de 6 ppm BA y 2 ppm NAA resultó óptima tanto en número como en tamaño de brotes por explante. Estos hallazgos confirman que existe una ventana estrecha de concentraciones ideales, donde el equilibrio entre citoquininas y auxinas maximiza la respuesta morfogénica sin inducir estrés fisiológico.

La figura 4 ilustra la evaluación del promedio de número de raíces adventicias a lo largo del período experimental, evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T5 (MS + AIB 1 ppm) se destacó como el más eficaz para la formación radicular, registrando un promedio de  $13,75 \pm 1,08$  raíces por explante, superando significativamente a los demás tratamientos. Este resultado es consistente con el papel fisiológico bien establecido del AIB como auxina promotora de la rizogénesis en sistemas de cultivo *in vitro* (García *et al.*, 2012). En contraste, los tratamientos que incluyeron citoquininas particularmente en concentraciones elevadas mostraron una respuesta radicular reducida como el tratamiento T4 (MS + 6-BAP 5 ppm + AIB 1 ppm), presentó menor tasa de enraizamiento, confirmando que las citoquininas, cuando se aplican en ausencia o desequilibrio con auxinas, pueden inhibir el desarrollo de las raíces adventicias. Este fenómeno ha sido contrastado por Mohamed (2002), quien observó que al combinar NAA (0,458 ppm) con elevadas concentraciones de TDZ (1,982 ppm), suprimieron significativamente la formación de raíces. Los resultados confirman que el regulador de crecimiento más efectivo para la inducción de raíces en *Eryngium foetidum L.* en condiciones *in vitro* fue el AIB aplicado solo (1 ppm), lo cual refuerza su uso como auxina principal en protocolos orientados a la etapa de enraizamiento.

En la figura 5 se observa los promedios en la medida de raíces adventicias evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento más efectivo fue T5 (MS + AIB 1 ppm), con un promedio de  $18,45 \pm 1,14$  mm en

longitud. Este comportamiento confirma el rol del AIB como la auxina de mayor eficacia en la inducción y elongación de raíces, especialmente cuando se emplea sin la interferencia de citoquininas. El uso exclusivo de AIB potencia no solo la cantidad sino también el alargamiento de las raíces, condición esencial para una futura aclimatación exitosa. Esta investigación concuerda con los estudios de Mohamed (2002), donde menciona que al aumentar las concentraciones de citoquininas en conjunto con las auxinas retrasan el crecimiento y desarrollo de la parte radicular. Este fenómeno ha sido reportado previamente en otras especies, donde la dominancia de citoquinina impide la diferenciación adecuada de tejidos radiculares Kurepa & Smalle, (2022).

La figura 6 presenta el análisis del promedio de número de hojas regeneradas a partir de explantes foliares de *Eryngium foetidum L.*, evidenciando una marcada respuesta diferencial entre los tratamientos evaluados. El tratamiento más efectivo fue el T4 (MS + 6-BAP 5 ppm + AIB 1 ppm), con un promedio de  $1,36 \pm 0,18$  hojas por explante. Este resultado sugiere que concentraciones más altas de 6-BAP (5 ppm), en combinación con AIB, estimulan favorablemente el desarrollo de hojas en esta especie. Este resultado se compara con los informes de Chandrika *et al.*, (2011), quienes observaron una expansión óptima de brotes en presencia de 3 ppm de BAP y 1 ppm de kinetina. Si bien las concentraciones y la combinación hormonal difieren, ambos estudios coinciden que existe una relación dosis-respuesta positiva con respecto a las citoquininas. De igual manera, Gayatri *et al.*, (2006) obtuvieron una mayor proliferación de brotes y hojas utilizando el medio de Linsmaier y Skoog suplementado con solo 1,5 ppm de BAP y 250 ppm de PVP, un antioxidante que previene el oscurecimiento fenólico. Esta discrepancia refuerza que la composición del medio de cultivo y concentración de fitohormonas es altamente específica. Los resultados obtenidos permiten concluir que la formación de hojas en *Eryngium foetidum L.* a partir de explantes foliares requiere una combinación de reguladores de crecimiento específica, caracterizada por concentraciones elevadas de 6-BAP (5 ppm) y la presencia complementaria de AIB (1 ppm).

En la figura 7 se observa el promedio de medida de hojas (mm) a partir de explantes foliares revelando diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El tratamiento más efectivo fue T4 (MS + 6-BAP 5 ppm + AIB 1 ppm),

con un promedio de  $3,73 \pm 0,49$  mm. Este resultado indica la acción sinérgica entre estas dos fitohormonas estimulando la división y expansión celular en tejidos meristemáticos, promoviendo un crecimiento foliar. En el estudio de Chandrika *et al.*, (2011) muestran que al incorporar al medio MS 3 ppm de BA y 1 ppm de IAA obtuvieron una proliferación de  $11,3 \pm 0,64$  brotes por explante, dando a conocer la importancia del uso de las citoquininas y auxinas, ya que varían en las concentraciones de las mismas. Los datos evidencian que la elongación foliar en *Eryngium foetidum L.* cultivado *in vitro* depende directamente de la concentración de citoquinina aplicada, siendo el tratamiento T4 el más eficaz para estimular tanto la formación como el crecimiento longitudinal de hojas.

Las figuras 8 y 9 muestran los resultados referentes al promedio de número de raíces adventicias y al promedio de medida de raíces adventicias a partir de explantes foliares mostrando diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T5 (MS + AIB 1 ppm) fue el más efectivo para la formación de raíces, con un promedio de  $6,06 \pm 0,43$  raíces por explante. En cuanto al promedio de medida de raíces el tratamiento T5 (MS + AIB 1 ppm) presentó la mayor respuesta en términos de longitud radicular, con un promedio de  $19,08 \pm 0,60$  mm. Este resultado confirma el papel esencial del AIB, una auxina conocida por promover la elongación celular y la diferenciación de raíces, optimizando el desarrollo radicular en cultivos *in vitro*. Gayatri *et al.*, (2006), en su estudio emplearon el medio LSBM enriquecido con 1,5 ppm de BAP y 250 ppm de PVP favoreciendo al desarrollo óptimo de sus raíces en cuanto a la longitud. Obtuvieron mejores resultados sin la necesidad de agregar una auxina al medio basal. De igual manera Nagananda *et al.*, (2012), utilizaron 2 ppm de BAP y 1 ppm de NAA y obtuvieron el desarrollo de las raíces. Además, se añadieron 10 % de distintas fuentes de. En este estudio los resultados demuestran que el AIB es crucial para la promover el desarrollo radicular en *Eryngium foetidum L.* cultivado *in vitro*. La adición de citoquininas (6-BAP) en bajas concentraciones puede complementar el efecto de la auxina, pero en concentraciones elevadas tiende a inhibir el crecimiento radicular.

En la figura 10 se ilustra la supervivencia de *Eryngium foetidum L.* evaluadas en las cuatro semanas, indicando que no reveló diferencia significativa entre los tratamientos durante la fase de aclimatación en los cuatro tratamientos. Siendo el tratamiento T3 (tierra negra + perlita) que mostró la media más alta ( $M = 5,0$ ). Los

resultados de este estudio demuestran que todos los sustratos evaluados fueron igualmente eficaces en el proceso de aclimatación, evidenciando su capacidad para el establecimiento *ex vitro* de las plántulas regeneradas *in vitro*. En el estudio de Chandrika *et al.*, (2011), la aclimatación se completó en un periodo de 3 a 4 semanas después de la siembra alcanzando una tasa de supervivencia de 95 % a condiciones ambientales naturales. De igual manera, Mohamed, (2002) menciona que el desarrollo de sus raíces se adaptaron perfectamente al trasplante en el suelo. Nagananda *et al.*, (2012), afirmaron que una vez que las plántulas alcanzaron un desarrollo adecuado, lograron aclimatar y trasplantar al campo, logrando una tasa de supervivencia del 85 %. Confirmando con el estudio de Biswajit *et al.*, (2020), tras una fase de aclimatación, lograron que las plántulas se transfirieron exitosamente al suelo.

## VI. CONCLUSIONES

La combinación de 6-BAP y AIB resultó eficaz para la propagación *in vitro* de *Eryngium foetidum* L. en explantes caulinares, el tratamiento con 3 ppm de 6-BAP y 1 ppm de AIB indujo la mayor proliferación foliar, mientras que en explantes foliares la respuesta máxima se alcanzó con 5 ppm de 6-BAP y 1 ppm de AIB.

La aplicación de 6-BAP promovió a la propagación *in vitro* de *Eryngium foetidum* L. únicamente en explantes caulinares con el tratamiento que contenía 1 ppm de 6-BAP.

El uso de AIB reveló alta eficacia para inducir la rizogénesis *in vitro* en *Eryngium foetidum* L. En tejidos caulinares generó mayor promedio de raíces adventicias por explante, mientras que en explantes foliares la respuesta fue significativamente menor.

La aclimatación de “sacha culantro” tuvo éxito en todos los sustratos que se utilizó, indicando que no hubo diferencias significativas entre los cuatro tratamientos.

## VII. RECOMENDACIONES

Es importante mencionar a los investigadores estandarizar rigurosamente el protocolo de desinfección con hipoclorito de sodio (NaClO) para cada especie de planta, definiendo de manera explícita parámetros como concentración y tiempo de exposición, a fin de asegurar la eficacia del proceso y la viabilidad del explante.

En una futura investigación se debe incorporar ácido cítrico o Polivinilpirrolidona (PVP) al medio de cultivo, con el fin de mitigar la oxidación fenólica, un factor limitante en el establecimiento *in vitro*. Dado que los tejidos lesionados liberan compuestos fenólicos que, en presencia de oxígeno y polifenol oxidasa, se transforman en quinonas fitotóxicas, dichas sustancias inducen necrosis y supresión de la división celular, lo que conduce a la inviabilidad del explante.

En futuras investigaciones se debe llevar una evaluación post-aclimatación para verificar la estabilidad genética y fenotípica de las plantas regeneradas *in vitro*, mediante el análisis de metabolitos secundarios, dado que los procesos de dediferenciación y rediferenciación, así como la acción de reguladores de crecimiento y el número de subcultivos pueden inducir variaciones somaclonales.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcantara, J., Acero, J., & Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109-129. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1794-24702019000200109&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1794-24702019000200109&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Arockiasamy, S., Prakash, S., & Ignacimuthu, S. (2002). Direct Organogenesis from Mature Leaf and Petiole Explants of *Eryngium Foetidum* L. *Biologia Plantarum*, 45(1), 129-132. <https://doi.org/10.1023/A:1015177330589>
- Biswajit, J., Bhagyashree, B., Kumar, G., Reena, P., & Laxmikanta, A. (2020). Rapid *in vitro* propagation and genetic fidelity evaluation of medicinally important mexican coriander (*Eryngium foetidum* L.). *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 79-88. <https://ikprress.org/index.php/PCBMB/article/view/5153>
- Calva, G. (2005). Cultivo de células y tejidos vegetales: Fuente de alimentos para el futuro. *Revista Digital Universitaria*. [https://www.revista.unam.mx/vol.6/num11/art104a/nov\\_art104a.pdf](https://www.revista.unam.mx/vol.6/num11/art104a/nov_art104a.pdf)
- Cárdenas, J., García, I., Angoa, M., & Mena, H. (2023). Ethnobotany, Biological Activities and Phytochemical Compounds of Some Species of the Genus *Eryngium* (Apiaceae), from the Central-Western Region of Mexico. *Molecules*, 28(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/molecules28104094>
- Casey, C., Mangan, F., Herbert, S., Barker, A., & Carter, A. (2004). The effect of light intensity and nitrogen fertilization on plant growth and leaf quality of Ngo Gai (*Eryngium foetidum* L.) in massachusetts. *Acta Horticulturae*, 629, 215-229. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.629.28>
- Castillo, M., Armas, A., Medina, E., León, J., Rivero, A., Zavaleta, A., & Castillo, A. (2021). Micropropagación de *Vaccinium corymbosum* en medio Murashige y Skoog (1962), suplementado con 6-bencilaminopurina. *Revista Peruana de Innovación Agraria - ISSN: 2810-8876 (En línea)*, 1(1), 106-116. <https://revistas.inia.gob.pe/index.php/REVINIA/article/view/8>
- Castro, Á. (2023). Aclimatación de plantas *in vitro* de *Stevia rebaudiana* B. en tres ambientes controlados. <https://hdl.handle.net/20500.12996/5815>
- Chandrika, R., Saraswathi, K., Vyshali, P., & Kaliwal, B. (2011). Rapid multiplication of mature flowering plant of *Eryngium foetidum* L. by *in vitro* technique. *International Journal of Biotechnology Applications*, 3(4), 114-117. <https://doi.org/10.9735/0975-2943.3.4.114-117>
- Condemarin, C., Chico, J., & Vargas, C. (2015). Efecto del ácido indolbutírico (IBA) y 6-bencilaminopurina (BAP) en el desarrollo *in vitro* de yemas axilares de *Encyclia microtos* (Rchb.f.) Hoehne (Orchidaceae). *Lankesteriana*, 7(1-2). <https://doi.org/10.15517/lank.v7i1-2.19513>
- Cruz, F. (2012). Cultivo de tejidos vegetales. 20-23. [https://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/cultivosdetejidosvegetales\\_m anualprac.pdf](https://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/cultivosdetejidosvegetales_m anualprac.pdf)
- Dalukdeniya, D., & Rathnayaka, R. (2017). Comparative Study on Antibacterial and Selected Antioxidant Activities of Different *Eryngium foetidum* Extracts.

- Journal of Applied Life Sciences International, 12(4), 1-7.  
<https://doi.org/10.9734/JALSI/2017/34378>
- Deepa, P. (2019). The micro-propagation study of *Eryngium foetidum*, L using various plant growth regulators. International Journal of Research in Advent Technology, 7(2), 34-38. <https://doi.org/10.32622/ijrat.72201904>
- Erig, A., De Rossi, A., & Fortes, G. (2002). 6-Benzilaminopurina e ácido indolbutírico na multiplicação *in vitro* da amoreira—Preta (*Rubus idaeus* L.), cv. Tupy. *Ciência Rural*, 32, 765-770. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000500005>
- Espinosa, A., Silva, J., Sariego, S., Cholo, L., & Delgado, H. (2012). Efecto del tipo de explante y la concentración de ácido 2,4-diclorofenoxiacético en la formación de callos en *Morus alba* L. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 407-416. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0864-03942012000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942012000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Flores, F., & Gutiérrez, C. (2021). Comportamiento vegetativo del culantro (*Eryngium foetidum* L.) empleando tres sustratos a nivel de vivero. *La Calera*, 21(36). <https://lacalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/download/451/705?inline=1>
- Fuentes, V., Rodríguez, N., & Rodríguez, C. (1996). La germinación del culantro (*Eryngium foetidum* L.). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 1(2), 31-33. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1028-47961996000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1028-47961996000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Gallegos, M. (2017). Las plantas medicinales: Usos y efectos en el estado de salud de la población rural de Babahoyo – Ecuador – 2015. [https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/03/880037/las-plantas-medicinales-usos-y-efectos-en-el-estado-de-salud-de\\_iHP5e7s.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/03/880037/las-plantas-medicinales-usos-y-efectos-en-el-estado-de-salud-de_iHP5e7s.pdf)
- García, Y., Freire, M., Pérez, B. R., & Hurtado, O. (2012). Efecto del AIB y el TDZ en el enraizamiento *in vitro* de plantas de *Bambusa vulgaris var vulgaris* Schrad. Ex Wendl. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1), 200-207. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0123-34752012000100018&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-34752012000100018&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Gayatri, M., Madhu, M., Kavyashree, R., & Dhananjaya, S. (2006). Un protocolo para in vitro regeneración de *Eryngium foetidum*. 5, 249-251. [https://www.researchgate.net/publication/286911888\\_A\\_protocol\\_for\\_in\\_vitro\\_regeneration\\_of\\_Eryngium\\_foetidum\\_L](https://www.researchgate.net/publication/286911888_A_protocol_for_in_vitro_regeneration_of_Eryngium_foetidum_L)
- George, E., Hall, M., & Klerk, G. (2008). The Components of Plant Tissue Culture Media I: Macro- and Micro-Nutrients. En E. George, M. Hall, & G. Klerk (Eds.), *Plant Propagation by Tissue Culture: Volume 1. The Background* (pp. 65-113). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3_3)
- Jiménez, F., & Agramonte, D. (2013). Cultivo *in vitro* y macropropagación como vía de sostenibilidad de la propagación de especies forestales. 13(1). <https://biblat.unam.mx/hevila/Biotecnologiavegetal/2013/vol13/no1/1.pdf>
- Kumar, M., Branton, A., Trivedi, D., Nayak, G., Bairwa, K., & Snehasis, J. (2015). Physical, Thermal, and Spectroscopic Characterization of Biofield Energy

- Treated Murashige and Skoog Plant Cell Culture Media. *Cell Biology*, 3(4), 50. <https://doi.org/10.11648/j.cb.20150304.11>
- Kurepa, J., & Smalle, J. (2022). Auxin/Cytokinin Antagonistic Control of the Shoot/Root Growth Ratio and Its Relevance for Adaptation to Drought and Nutrient Deficiency Stresses. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 1933. <https://doi.org/10.3390/ijms23041933>
- Levitus, G., Echenique, V., Rubinstein, C., & Hopp, E. (2004). Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. [https://intainforma.inta.gob.ar/wp-content/uploads/2010/09/bio\\_WEB.pdf](https://intainforma.inta.gob.ar/wp-content/uploads/2010/09/bio_WEB.pdf)
- Lian, X., Liu, S., Sikandar, A., Kang, Z., Feng, Y., Jiang, L., & Wang, Y. (2023). The influence of 6-Benzylaminopurine (BAP) on yield responses and photosynthetic physiological indices of soybean. *Kuwait Journal of Science*, 50(3), 345-352. <https://doi.org/10.1016/j.kjs.2022.12.002>
- Lozano, M., Menchaca, R., Alanís, J., & Pech, J. (2015). Cultivo *in vitro* de yemas axilares de *Vanilla planifolia Andrews* con diferentes citocininas. [https://www.academia.edu/download/44489705/Cultivo\\_in\\_vitro\\_de\\_yemas\\_axilares\\_de\\_Vanilla\\_planifolia\\_con\\_diferentes\\_citocininas.pdf](https://www.academia.edu/download/44489705/Cultivo_in_vitro_de_yemas_axilares_de_Vanilla_planifolia_con_diferentes_citocininas.pdf)
- Martin, K. (2004). *In vitro* propagation of the herbal spice *Eryngium foetidum L.* on sucrose-added and sucrose-free medium without growth regulators and CO<sub>2</sub> enrichment. *Scientia Horticulturae*, 102(2), 277-282. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2003.12.013>
- Mohamed, Y. (2002). *In vitro* regeneration, flower and plant formation from petiolar and nodal explants of culantro (*Eryngium foetidum L.*). *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 38(5), 423-426. <https://doi.org/10.1079/IVP2002311>
- Mroginski, L., & Roca, W. (1993). Establecimiento de cultivos de tejidos vegetales *in vitro*. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Cultivo%20de%20Tejidos%20en%20la%20Agricultura/capitulo2.pdf>
- Murillo, P., Aguilar, H., Murillo, P., & Aguilar, H. (2021). Principales ácaros encontrados en laboratorios comerciales de cultivo de tejidos vegetales y su asociación con hongos en el Valle Central de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 41-52. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0377-94242021000100041&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0377-94242021000100041&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Nagananda, G., Rajath, S., Mathew, R., & Rajan, S. (2012). Effect of adjuvants and nitrogen sources on *in vitro* shoot regeneration and clonal propagation of medicinally important plant *Eryngium foetidum L.* *Research in Biotechnology*, (ISSN:2229-791x), 3, 21-25. [https://www.researchgate.net/profile/Rajath-s-2/publication/244991302\\_Effect\\_of\\_adjuvants\\_and\\_nitrogen\\_sources\\_on\\_in\\_vitro\\_shoot\\_regeneration\\_and\\_clonal\\_propagation\\_of\\_medicinally\\_important\\_plant\\_Eryngium\\_foetidum\\_L/links/54ff04740cf2672e2240f68a/Effect-of-adjuvants-and-nitrogen-sources-on-in-vitro-shoot-regeneration-and-clonal-propagation-of-medicinally-important-plant-Eryngium-foetidum-L.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rajath-s-2/publication/244991302_Effect_of_adjuvants_and_nitrogen_sources_on_in_vitro_shoot_regeneration_and_clonal_propagation_of_medicinally_important_plant_Eryngium_foetidum_L/links/54ff04740cf2672e2240f68a/Effect-of-adjuvants-and-nitrogen-sources-on-in-vitro-shoot-regeneration-and-clonal-propagation-of-medicinally-important-plant-Eryngium-foetidum-L.pdf)

- OMS. (2023). Medicina tradicional. <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/traditional-medicine>
- ONU. (2025). Población | Naciones Unidas. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- Paul, J., Seaforth, C., & Tikasingh, T. (2011). *Eryngium foetidum*L.: Una revisión. *Fitoterapia*, 82(3), 302-308. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2010.11.010>
- Perla, H. (2007). Evaluación de métodos de desinfección y tipos de explante de la especie vegetal Piper oradendron Trel. & Standl., para el establecimiento de su cultivo *in Vitro*. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/MUPLAM7.pdf>
- Pineda, E., Acosta, F., Fernández, I., Núñez, D., Hernández, A. R., Aday, O. de la C., Occeguera, Z., Machado, P., Jiménez, M., Toledo, E., Martínez, R., Pineda, E., Acosta, F., Fernández, I., Núñez, D., Hernández, A., Aday, O., Occeguera, Z., Machado, P., ... Martínez, R. (2018). Nuevo sustrato para la aclimatización de vitroplantas de caña de azúcar. *Centro Agrícola*, 45(3), 32-36. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0253-57852018000300032&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852018000300032&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Ramos, H. (2022). Extracción de semilla del cultivo de *Eryngium Foetidum* L. (Sacha culantro) en Tingo María. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/48a67e61-2307-405f-a33b-09e7a51bf039/content>
- Rasha, M., Emad, H., & Maha, S. (2025). Implementations of Plant Tissue Culture Technique in Producing Hybrid Plants: (Article Review). *Al-Nahrain Journal of Science*, 28(1), 107-117. <https://anjs.edu.iq/index.php/anjs/article/view/2867>
- Raymundo, J., Estrada, A., Rodríguez, G., Velasco, V., & Campos, G. (2013). Sustrato y dosis de fertirriego en la aclimatización de vitroplantas de *Agave americana* var. *Oaxacencis*. 341-348. [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/6128/t452-nc03-enriquezdelvalle.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/6128/t452-nc03-enriquezdelvalle.pdf)
- Remesh, R., Madambikattil, J., Dharmapalan, B., & Dhanya, D. S. (2023). An Effective Protocol for the Micro-propagation of Spiny Coriander (*Eryngium foetidum* L.) (Vol. 3). [https://www.researchgate.net/profile/Ashwani-Kumar-50/publication/377875579\\_JPSR-39\\_3\\_2023/links/65bbc33c1bed776ae31cc1a6/JPSR-39-3-2023.pdf#page=138](https://www.researchgate.net/profile/Ashwani-Kumar-50/publication/377875579_JPSR-39_3_2023/links/65bbc33c1bed776ae31cc1a6/JPSR-39-3-2023.pdf#page=138)
- Rodrigues, T., Silva, M., Gurgel, E., Oliveira, M., & Lucas, F. (2022). *Eryngium foetidum* L. (Apiaceae): A Literature Review of Traditional Uses, Chemical Composition, and Pharmacological Activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022(1), 2896895. <https://doi.org/10.1155/2022/2896895>
- Rodríguez, M., Chacón, M., & Carrillo, R. (2014). Efecto de la concentración y de los componentes del medio de cultivo MS sobre la germinación *in vitro* de *Ugni molinae*. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92002014000100012](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002014000100012)

- Rodríguez, M., & Tampe, J. (2017). Efectos del ácido giberélico, N6-bencilaminopurina y fluridona sobre la germinación *in vitro* de *Aristotelia chilensis*. *Bosque* (Valdivia), 38(3), 593-597. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300017>
- Saraswathi, T. (2019). Evaluación de compuestos secundarios y propagación *in vitro* de poblaciones de *Eryngium foetidum* L.: Una aproximación hacia su utilización comercial. <https://core.ac.uk/download/pdf/189169539.pdf>
- Sharma, A., Jadhav, D., Dachawar, R., & Zunzulde, S. (2024). Plant Tissue Culture: A Review. 30. [https://ijppr.humanjournals.com/wp-content/uploads/2024/06/43.Dr\\_-Anupkumar-T-Sharma-Miss.-Diksha-S-Jadhav-Mr.-Ruturaj-R-Dachawar-Mr.-Dnyaneshwar-V-Pawde-Mr.-Suraj-S-Zunzulde.pdf](https://ijppr.humanjournals.com/wp-content/uploads/2024/06/43.Dr_-Anupkumar-T-Sharma-Miss.-Diksha-S-Jadhav-Mr.-Ruturaj-R-Dachawar-Mr.-Dnyaneshwar-V-Pawde-Mr.-Suraj-S-Zunzulde.pdf)
- Singh, B., Ramakrishna, Y., & Ngachan, S. (2014). Spiny coriander (*Eryngium foetidum* L.): A commonly used, neglected spicing-culinary herb of Mizoram, India. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(6), 1085-1090. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0130-5>
- Su, Y., Tang, L., Zhao, X., & Zhang, X. (2021). Plant cell totipotency: Insights into cellular reprogramming. *Journal of Integrative Plant Biology*, 63(1), 228-243. <https://doi.org/10.1111/jipb.12972>
- Suárez, I. (2020). Cultivo de Tejidos Vegetales. Universidad de Córdoba. <https://core.ac.uk/download/pdf/288339333.pdf>
- Tiaz, L., & Zeiger, E. (2006). Fisiología Vegetal (3.<sup>a</sup> ed.). Universitat Jaume I. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FisiologiaVegetalVolumenII%20espanhol.pdf>
- Villavicencio, E., Arellano, G., Carranza, M., Villavicencio, E., Arellano, G., & Carranza, M. (2022). Estabilidad del explante en la proliferación de brotes axilares *in vitro* de la biznaga. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(1), 53-64. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2309>

## **ANEXOS**

## Anexo 1 matriz de consistencia

Efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en la propagación *in vitro* de *Eryngium foetidum* L “sacha culantro” Ayacucho, 2025

Problema de investigación	Objetivos de la investigación	Hipótesis	Variable de estudio	Dimensiones	Metodología
<b>PROBLEMA GENERAL</b>  ¿Cuál será el efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en la propagación <i>in vitro</i> de <i>Eryngium foetidum</i> L “sacha culantro”?	<b>OBEJETIVO GENERAL</b>  Evaluar el efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en la propagación <i>in vitro</i> de <i>Eryngium foetidum</i> L “sacha culantro”.	La combinación de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en el medio Murashige y Skoog (MS) promoverá el crecimiento y enraizamiento <i>in vitro</i> de <i>Eryngium foetidum</i> L “sacha culantro”.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Órgano de origen del explante de <i>Eryngium foetidum</i> L “sacha culantro”</li> <li>Reguladores de crecimiento (1ppm, 3ppm, 5ppm de 6-BAP y 1ppm de AIB)</li> <li>Aclimatación (arena, perlita)</li> </ul>	Concentración  Cantidad  Tamaño	<b>Tipo de Investigación:</b>  Investigación experimental - aplicada  <b>Población y muestra de estudio:</b> Plantas de <i>Eryngium foetidum</i> L “sacha culantro”, recolectada a 8 km del Distrito de Santa Rosa, Provincia La Mar, Región Ayacucho.  <b>Tipo de muestreo:</b> no probabilística  <b>Análisis estadístico:</b> Los datos obtenidos serán procesados y analizados en tablas y figuras, en las cuales se mostrarán estadísticos descriptivos. Se empleará programas de Excel, Minitab, Rstudio y SPS.
	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>  1. Evaluar el efecto de la concentración de 6-bencilaminopurina (6-BAP) en la propagación de brotes de <i>Eryngium foetidum</i> L “sacha culantro”.  2. Evaluar el efecto de la concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en el enraizamiento de <i>Eryngium foetidum</i> L “sacha culantro”.  3. Establecer un protocolo para la aclimatación de <i>Eryngium foetidum</i> L “sacha culantro” producidas <i>in vitro</i> .		<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  Propagación <i>in vitro</i> de brotes y hojas de <i>Eryngium foetidum</i> L “sacha culantro” de explantes de hojas y tallos.  Indicadores  <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de propagación (días)</li> <li>Número de hojas</li> <li>Tamaño de hojas (mm)</li> </ul> Enraizamiento <i>in vitro</i> de <i>Eryngium foetidum</i> L “sacha culantro” de explantes de hojas y tallos.  Indicadores  <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de enraizamiento (días)</li> <li>Tamaño de raíz (mm)</li> <li>Número de raíz</li> </ul>		

**Anexo 2** Resultados del análisis de varianza (ANOVA) bifactorial para variables morfogénicas en explantes de tallo de *Eryngium foetidum* L. bajo tratamientos con 6-BAP y AIB. Ayacucho, 2025.

Variable dependiente	Tratamientos	Semana	Interacción Tratamiento x semana	R <sup>2</sup> ajustado	Conclusión
Número de hojas	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,401	0,320	Influencia significativa de ambos factores por separado, sin interacción significativa.
Medida de hojas (mm)	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,302	0,337	Influencia individual del tratamiento y el tiempo, sin efecto conjunto.
Número de raíces adventicias	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	0,549	Influencia significativa del tratamiento, el tiempo y su interacción.
Medida de raíces adventicias (mm)	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,200	0,451	Tratamiento y tiempo influyen por separado, sin interacción significativa.

**Anexo 3** Resultados del análisis de varianza (ANOVA) bifactorial para variables morfogénicas en explantes de hoja de *Eryngium foetidum* L. bajo tratamientos con 6-BAP y AIB. Ayacucho, 2025.

Variable dependiente	Tratamiento	Semana	Interacción T x S	R <sup>2</sup> ajustada	Conclusión estadística
Número de hojas	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	0,249	Influencia significativa de todos los factores.
Medida de hojas (mm)	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	0,282	Influencia de tratamiento, tiempo e interacción.
Número de raíces adventicias	p = 0,000	p = 0,180	p = 1,000	0,256	Solo el tratamiento tiene efecto significativo.
Medida de raíces adventicias (mm)	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	0,502	Todos los factores influyen significativamente.

**Anexo 4** Promedios generales ( $\pm$  EE) de variables morfológicas en explantes de tallo de *Eryngium foetidum* L. bajo tratamientos con 6-BAP y AIB, con letras de comparación según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Ayacucho, 2025.

Tratamiento	Número de hojas	Medida de hojas (mm)	Número de raíces adventicias	Medida de raíces adventicias (mm)
T0	2,45 $\pm$ 0,28 <sup>d</sup>	14,07 $\pm$ 1,64 <sup>c</sup>	3,45 $\pm$ 0,52 <sup>bc</sup>	9,11 $\pm$ 1,14 <sup>c</sup>
T1	4,40 $\pm$ 0,30 <sup>b</sup>	15,08 $\pm$ 1,03 <sup>bc</sup>	4,11 $\pm$ 0,40 <sup>bc</sup>	10,65 $\pm$ 0,89 <sup>bc</sup>
T2	2,84 $\pm$ 0,32 <sup>cd</sup>	15,07 $\pm$ 1,66 <sup>bc</sup>	5,33 $\pm$ 0,69 <sup>b</sup>	10,17 $\pm$ 1,14 <sup>bc</sup>
T3	6,10 $\pm$ 0,43 <sup>a</sup>	20,40 $\pm$ 1,34 <sup>ab</sup>	5,41 $\pm$ 0,53 <sup>b</sup>	13,37 $\pm$ 0,95 <sup>b</sup>
T4	4,14 $\pm$ 0,39 <sup>bc</sup>	15,89 $\pm$ 1,49 <sup>bc</sup>	2,15 $\pm$ 0,28 <sup>c</sup>	8,63 $\pm$ 0,93 <sup>c</sup>
T5	5,41 $\pm$ 0,35 <sup>ab</sup>	24,42 $\pm$ 1,82 <sup>a</sup>	13,75 $\pm$ 1,08 <sup>a</sup>	18,45 $\pm$ 1,14 <sup>a</sup>

**Anexo 5** Promedios generales ( $\pm$  EE) de variables morfológicas en explantes de hojas de *Eryngium foetidum* L. bajo tratamientos con 6-BAP y AIB, con letras de comparación según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Ayacucho, 2025.

Tratamiento	Número de hojas	Medida de hojas (mm)	Número de raíces adventicias	Medida de raíces adventicias (mm)
T0	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	0,08 $\pm$ 0,04 <sup>c</sup>	2,05 $\pm$ 0,53 <sup>cd</sup>
T1	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup>	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup>	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>d</sup>
T2	0,24 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>	0,47 $\pm$ 0,17 <sup>c</sup>	3,15 $\pm$ 0,44 <sup>b</sup>	9,58 $\pm$ 0,80 <sup>b</sup>
T3	0,98 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	2,47 $\pm$ 0,44 <sup>b</sup>	0,87 $\pm$ 0,14 <sup>c</sup>	4,15 $\pm$ 0,54 <sup>c</sup>
T4	1,36 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	3,73 $\pm$ 0,49 <sup>a</sup>	0,95 $\pm$ 0,16 <sup>c</sup>	2,65 $\pm$ 0,40 <sup>c</sup>
T5	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup>	6,06 $\pm$ 0,43 <sup>a</sup>	19,08 $\pm$ 0,60 <sup>a</sup>

**Anexo 6** Clasificación taxonómica de *Eryngium foetidum* L. "sacha culantro"  
Ayacucho 2025.

**CONSTANCIA**

**LA BIOLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN  
TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:**

Que, el Bach. en Ciencias Biológicas, Sr. Kenyi Robert, ROJAS QUISPE, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988, siendo su taxonomía la siguiente:

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ROSIDAE
ORDEN	:	APIALES
FAMILIA	:	APIACEAE
GENERO	:	<i>Eryngium</i>
ESPECIE	:	<b><i>Eryngium foetidum</i> L.</b>
N.V.	:	"sacha culantro".

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 11 de diciembre del 2025

  
LAURA AUCASIME MEDINA  
BIÓLOGA  
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

**Anexo 7** Constancia de depósito al Herbario san Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, 2025.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**HERBARIO SAN CRISTÓBAL HUAMANGA**

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

**CONSTANCIA DE DEPÓSITO N° 08-2025/UNSCH-HSCH**

**EL DIRECTOR DEL HERBARIO SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA, DEJA CONSTANCIA QUE:**

El investigador(a) Bach. en ciencias Biológicas, Kenyi Robert Rojas Quispe, identificado con DNI N° 74170058, ha entregado al Herbario San Cristóbal de Huamanga (HSCH) un total de 02 muestras botánicas montadas e identificadas. Dichos ejemplares forman parte del proyecto "Efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en la propagación *in vitro* de *Eryngium foetidum* L. "sacha culantro" Ayacucho, 2025."

Los ejemplares serán enumerados, registrados e incorporados a la colección científica del Herbario San Cristóbal de Huamanga.

Se adjunta a la presente:

- 02 ejemplares de la especie *Eryngium foetidum* L.

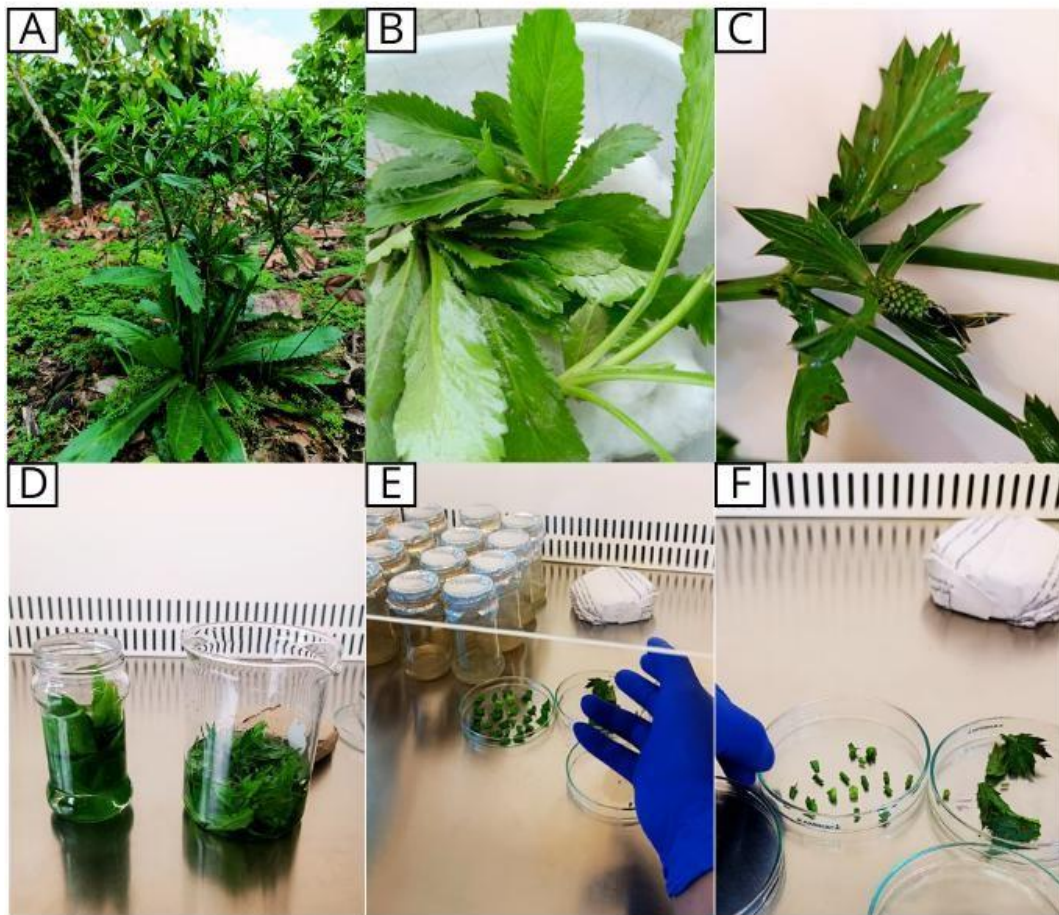
Se expide la presente a solicitud del interesado, para los fines de investigación de tesis.

Ayacucho, 12 de diciembre de 2025

  
Dr. Jesús De la Cruz Arango  
Director del Herbario San Cristóbal de Huamanga

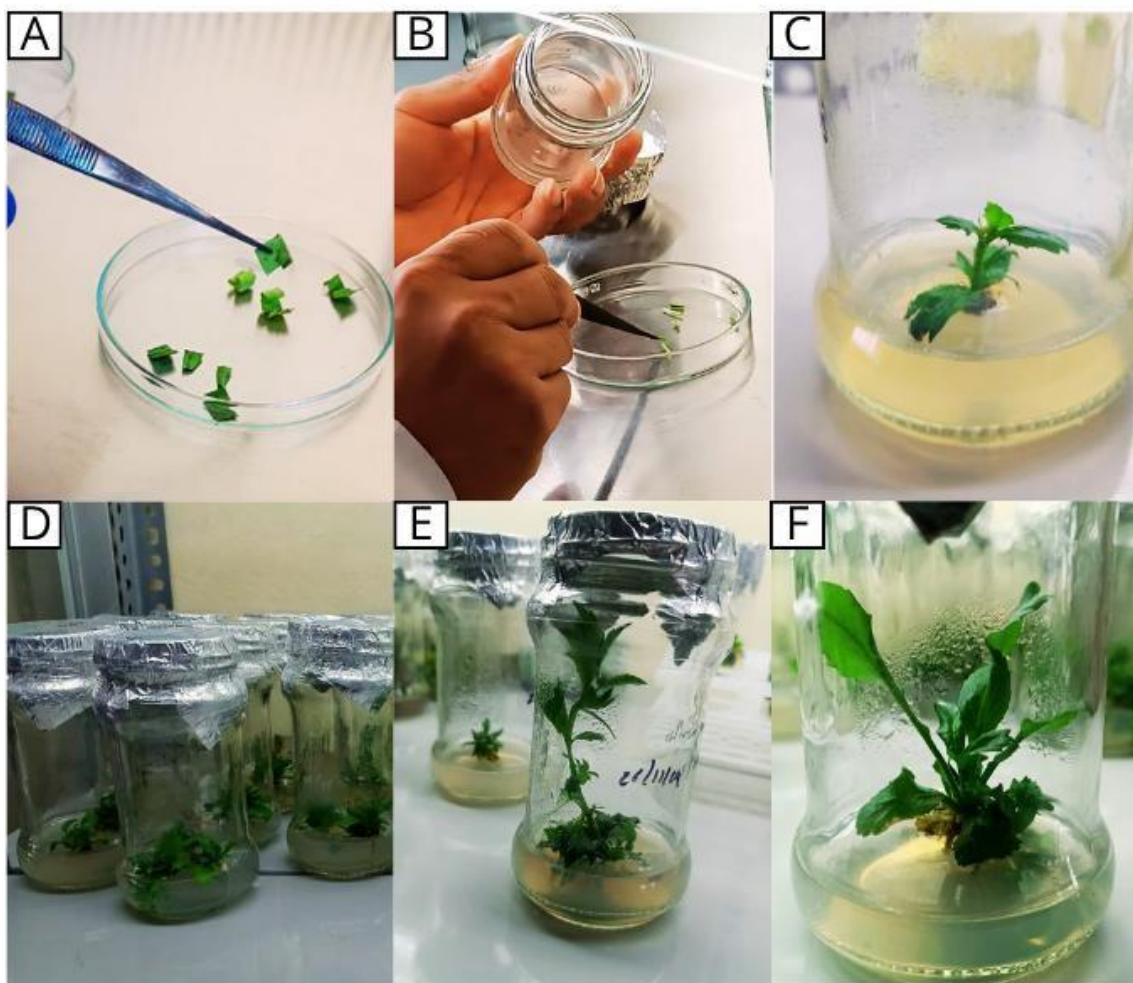
Ciudad Universitaria - Av. Independencia s/n - Ayacucho

**Anexo 8** Obtención de la muestra y desinfección del material vegetal de *Eryngium foetidum* L. Ayacucho, 2025.



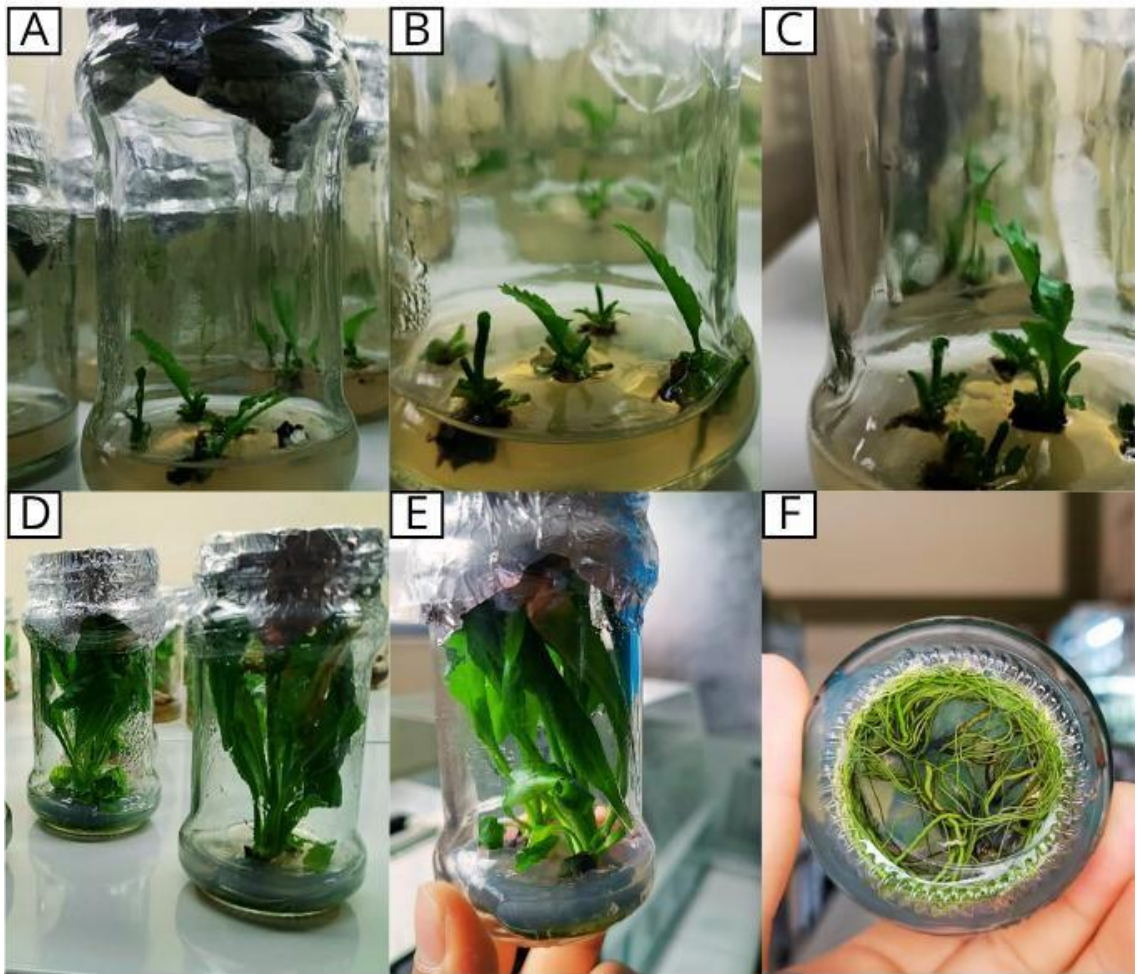
A) planta en campo, B) explante de hojas, C) explante de tallos, D) desinfección, E) corte de explante de hojas y F) corte de explante de tallo.

**Anexo 9** Introducción *in vitro* de *Eryngium foetidum* L. Ayacucho, 2025.



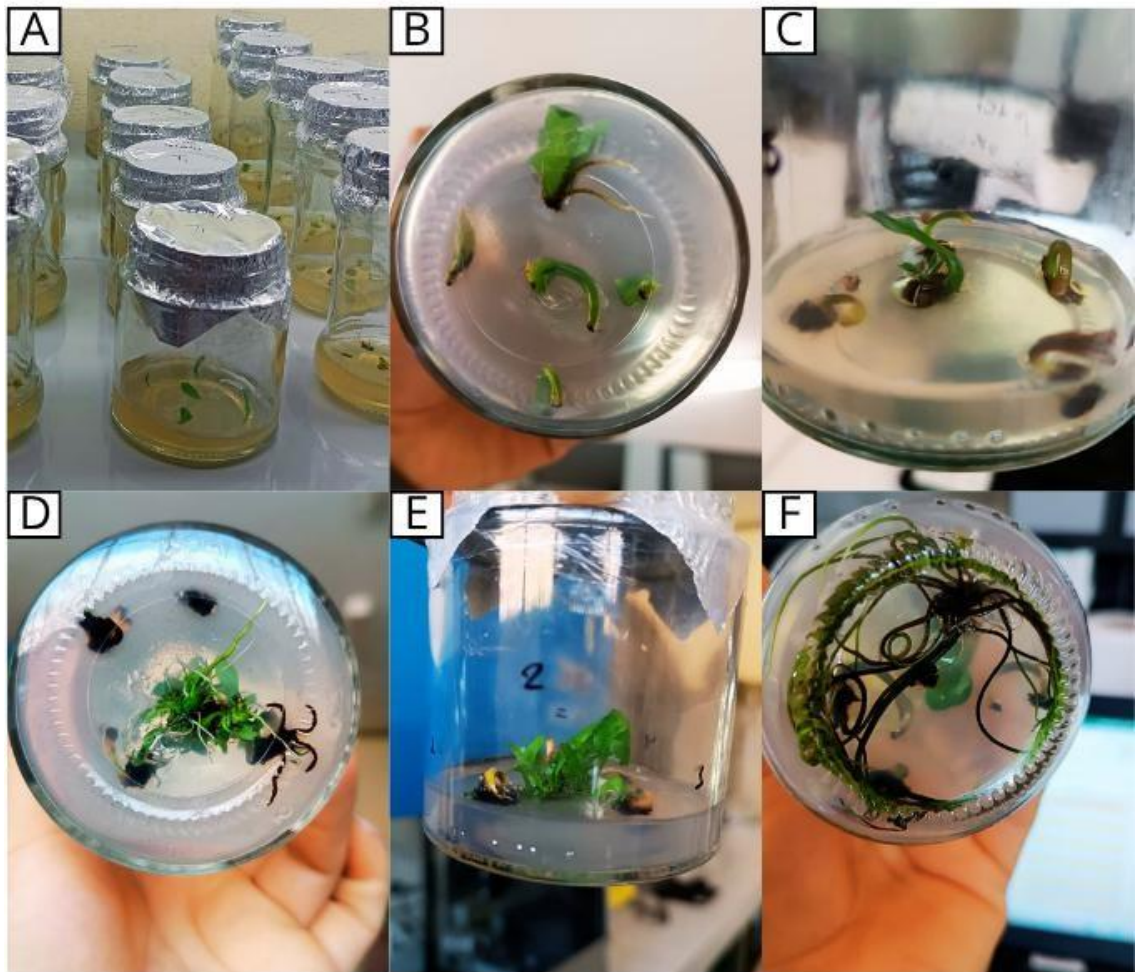
A) corte de explantes, B) siembra en medio MS, C) cuarta semana de desarrollo, D) sexta semana de desarrollo, E) plántula con explante de tallo y F) plántula con explante de hoja.

**Anexo 10** Micropropagación de *Eryngium foetidum* L. con explante de tallo en los diferentes tratamientos. Ayacucho, 2025.



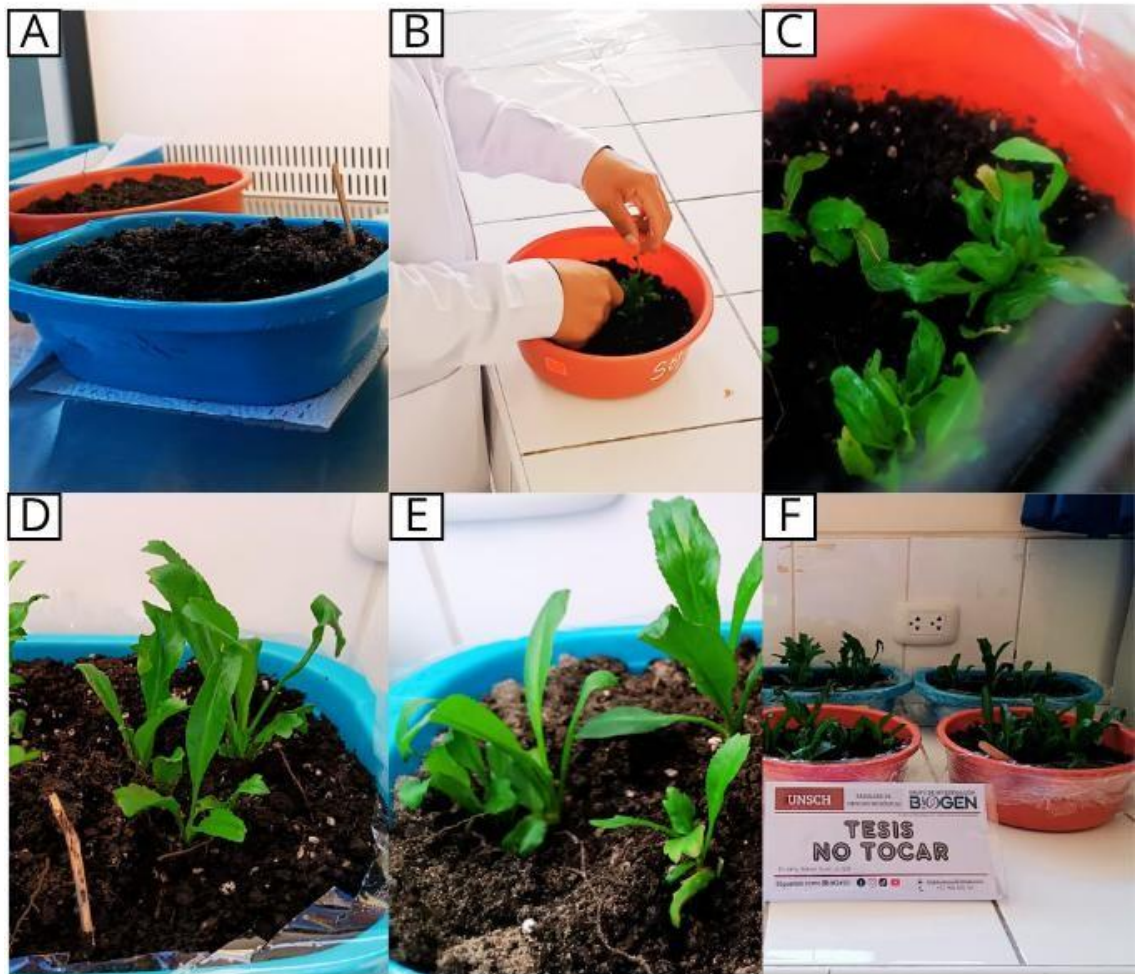
A) MS, B) MS+1ppm 6-BAP, C) MS+1ppm 6-BAP+1ppm AIB, D) MS+3ppm 6-BAP+1ppm AIB, E) MS+5ppm 6-BAP+1ppm AIB y F) MS +1ppm AIB.

**Anexo 11** Micropropagación de *Eryngium foetidum* L. con explante de hoja en los diferentes tratamientos. Ayacucho, 2025.



A) MS, B) MS+1ppm 6-BAP, C) MS+1ppm 6-BAP+1ppm AIB, D) MS+3ppm 6-BAP+1ppm AIB, E) MS+5ppm 6-BAP+1ppm AIB y F) MS +1ppm AIB.

**Anexo 12** Aclimatación de las plántulas *in vitro* de *Eryngium foetidum* L. en los diferentes sustratos. Ayacucho, 2025.



A) Preparación de sustrato, B) trasplante, C) cubierta con bolsa, D) después de 5 días, E) después de 2 semanas F) después de 4 semanas.



**UNSCH**

FACULTAD DE  
CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**Bach. Kenyi Robert ROJAS QUISPE**


**RESOLUCIÓN DECANAL N° 023-2026-UNSCH-FCB-D**

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro de la tarde del día viernes trece de marzo del año dos mil veintiséis; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente el Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA; a su vez, Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO (Miembro-Jurado), el Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ (Miembro-Jurado) y Dr. Gilmar PEÑA ROJAS (Miembro-Asesor), actuando como secretaria docente encargada la Mg. Ana María CANCHO CUBA, con Memorando N° 014-2026-UNSCH-FCB, de fecha doce de marzo del año dos mil veintiséis; para presenciar la sustentación de tesis titulada: Efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en la propagación in vitro de *Eryngium foetidum* L. "sacha culantro" Ayacucho, 2025, presentado por el Bach. Kenyi Robert ROJAS QUISPE; el presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones correspondientes; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:


Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO	17	16	17
Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ	18	13	16
Dr. Gilmar PEÑA ROJAS	19	18	19
<b>PROMEDIO</b>			<b>17</b>

El sustentante alcanzó el promedio de 17 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso del sustentante y el público al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las seis y nueve de la noche, del día 13 de marzo del 2026; firmando al pie del presente en señal de conformidad.

  
Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA  
Presidente

  
Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ  
Miembro-Jurado

  
Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO  
Miembro - Jurado

  
Dr. Gilmar PEÑA ROJAS  
Miembro-Jurado

  
Mg. Ana María CANCHO CUBA  
Secretara Docente (e)



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA-ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 10-2026-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en la propagación *in vitro* de *Eryngium foetidum* L. "sacha culantro" Ayacucho, 2025**, por KENYI ROBERT ROJAS QUISPE; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 7%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 02 de abril del 2026.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
Escuela Profesional de Biología  
Dr. Fidel R. Mujica Lengua  
DIRECTOR

# Efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en la propagación in vitro de *Eryngium foetidum* L. "sacha culantro" Ayacucho, 2025

*por* KENYI ROBERT ROJAS QUISPE

---

**Fecha de entrega:** 01-abr-2026 09:03a. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2919775487

**Nombre del archivo:** ROJAS\_QUISPE\_-\_Kenyi\_Robert\_-\_pregrado\_-\_2026\_TURNITIN\_Word.docx (531.77K)

**Total de palabras:** 9204

**Total de caracteres:** 51155

# Efecto de las concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido indol-3-butírico (AIB) en la propagación in vitro de *Eryngium foetidum* L. "sacha culantro" Ayacucho, 2025

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.uchile.cl">repositorio.uchile.cl</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="https://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://epdf.pub">epdf.pub</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://vdocuments.net">vdocuments.net</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1%
6	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://doczz.net">doczz.net</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1%

10

Submitted to Universidad del Valle de Guatemala

Trabajo del estudiante

<1 %

11

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

12

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo