

## RESEARCH ARTICLE

# Evaluación de diferentes niveles de hormonas en el desarrollo de raíces en estacas de *Piper nigrum* L

Carmen Victoria Marín Cuevas<sup>1</sup>  Roberto Carranza-Patiño<sup>1</sup> Mercedes Susana Carranza-Patiño<sup>1</sup>  Robinson J. Herrera-Feijoo<sup>1,2\*</sup>  

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

<sup>2</sup> Unidad de Posgrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

 Correspondencia: [herreraf2@uteq.edu.ec](mailto:herreraf2@uteq.edu.ec)  + 593 0980563032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62085>

**Resumen:** La propagación vegetativa de pimienta negra *Piper nigrum* L. es un tema relevante para mejorar su producción, pero aún existe escasa información respecto a las combinaciones óptimas de hormonas y sustratos para maximizar el enraizamiento y desarrollo de brotes. El estudio evaluó el efecto de diferentes concentraciones hormonales (AIB y ANA) en la inducción de raíces en estacas de pimienta negra. Se utilizaron dos sustratos (tierra y arena) para constituir los tratamientos. Se aplicó un diseño experimental factorial con 10 tratamientos y 5 repeticiones. Los resultados mostraron que el tratamiento T5 (2000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> de ANA más tierra) obtuvo el mayor promedio de número y longitud de raíces. El porcentaje promedio de supervivencia osciló entre 61,91% y 97%, mientras que el porcentaje más alto de enraizamiento se observó en el T9 (3000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB + 3000 mg kg<sup>-1</sup> de ANA más tierra) con 74,43%. Los tratamientos más efectivos para el número de brotes fueron el T8 (2500 mg kg<sup>-1</sup> de AIB + 2500 mg kg<sup>-1</sup> de ANA más arena) y para la longitud, el T3 (1500 mg kg<sup>-1</sup> de AIB + 1500 mg kg<sup>-1</sup> de ANA más tierra) con 0,54 y 1,47 respectivamente. El tratamiento T2 (testigo en tierra) demostró la mejor rentabilidad con un 96.62%. En conclusión, se identificaron combinaciones hormonales y sustratos que favorecen el enraizamiento y el desarrollo de brotes en estacas de pimienta negra, proporcionando información valiosa para mejorar las prácticas de propagación en esta especie.

**Palabras claves:** Auxinas, Citocininas, Fitohormonas, Enraizamiento, Propagación vegetativa

**Evaluation of different levels of hormones on root development in *Piper nigrum* L. cuttings.**

**Abstract:** Vegetative propagation of black pepper *Piper nigrum* L. is an important issue to improve its production, but there is still little information on the optimal combinations of hormones and substrates to maximise rooting and shoot development. This study evaluated the effect of different hormone concentrations (AIB and ANA) on root induction in black pepper cuttings. Two substrates (soil and sand) were used to form the treatments. A factorial design with 10 treatments and 5 replicates was used. The results showed that the T5 treatment (2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA plus soil) gave the highest average number and length of roots. The average survival percentage ranged from 61.91% to 97%, while the

Green World Journal /Vol 06/ Issue 02/085/ May - August 2023 /[www.greenworldjournal.com](http://www.greenworldjournal.com)



Check for updates

**Cite:** Cuevas Marín, C. V., Carranza-Patiño, R., Carranza-Patiño, M. S., & Herrera-Feijoo, R. J. (2023). Evaluación de diferentes niveles de hormonas en el desarrollo de raíces en estacas de *Piper nigrum* L. Green World Journal, 06(02), 085.

<https://doi.org/10.53313/gwj62085>

**Received:** 10/mar/2023

**Accepted:** 30/jul/2023

**Published:** 05/agu/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.  
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial  
[editor@greenworldjournal.com](mailto:editor@greenworldjournal.com)

**Editor's note:** CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

highest rooting percentage was observed in T9 (3000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 3000 mg kg<sup>-1</sup> ANA plus soil) with 74.43%. The most effective treatments for shoot number were T8 (2500 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2500 mg kg<sup>-1</sup> ANA plus sand) and for shoot length T3 (1500 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1500 mg kg<sup>-1</sup> ANA plus soil) with 0.54 and 1.47 respectively. Treatment T2 (soil control) showed the best profitability with 96.62%. In conclusion, hormone and substrate combinations that favour rooting and shoot development in black pepper cuttings were identified, providing valuable information for improving propagation practices in this species.

**Keywords:** Auxins, cytokinins, phytohormones, rooting, vegetative propagation

## 1. Introducción

La pimienta (*Piper nigrum* L.) es una especie de gran relevancia comercial, cuyo valor mundial alcanzó los 1000 millones de dólares en 2011 [1]. Debido a su elevada demanda y su importancia económica a lo largo de la historia, es conocida como la "reina de las especias" [2]. Originaria de la costa de Malabar, al sur de la India, la pimienta negra ha sido introducida en el Continente Americano, obteniendo excelentes rendimientos en países como Brasil, Perú, México, Costa Rica, Honduras y Ecuador [3-5]. Se cultiva en regiones tropicales y subtropicales como la India, Malasia e Indonesia [2]. Tradicionalmente se propaga por semillas, pero debido a la baja disponibilidad de semillas viables, se han desarrollado técnicas de propagación vegetativa como esquejes, acodos y cultivo in vitro [6].

La introducción de la pimienta negra en Ecuador tuvo lugar a principios de los años 70, y su cultivo comercial se inició en la década de los 90 en la localidad de Santo Domingo [7]. El cultivo de pimienta se ha extendido a diversas provincias ecuatorianas que presentan condiciones ecológicas favorables para el desarrollo de la planta, logrando rendimientos promedio anuales que oscilan entre 800 y 4500 kg/ha/año [8]. En el año 2016, se calculó que la cantidad de pimienta negra producida en Ecuador fue de 2,485 toneladas métricas. Se proyectaba que esta cifra aumentaría a alrededor de 3,319 toneladas métricas para el año 2019 [9]. La pimienta negra tiene uso culinario, además posee propiedades medicinales, siendo empleada para tratar enfermedades del hígado, vejiga y matriz [10-12]. Se le atribuyen propiedades vasoconstrictoras y se ha observado su efectividad en el tratamiento de hemorragias de las varices o varicocele, así como en el alivio de las hemorroides [10,12]. Entre sus componentes destacan los aceites esenciales, el ericolina, materias nitrogenadas y otras sustancias, que le otorgan propiedades antioxidantes naturales y se han estudiado por su posible beneficio frente al cáncer [2,13,14].

La propagación de la pimienta por semillas presenta dificultades debido a la alta variabilidad de la descendencia, lo que resultaría en una plantación con poca homogeneidad [15]. Además, este método requiere un tiempo considerable, alrededor de siete años, para obtener una producción significativa [16,17]. La propagación vegetativa mediante esquejes de tallos verticales o bejucos principales de plantas productivas y vigorosas, con una edad no mayor de cinco años, es el enfoque más recomendable para esta especie [18,19].

El uso de polvos enraizantes en la propagación clonal presenta ventajas en cuanto al tiempo requerido para el enraizamiento de los esquejes, y permite partir de plantas seleccionadas para mantener las características genéticas deseadas [20,21]. Dado que la aplicación de auxinas ha demostrado ser una práctica viable y determinante para promover la formación de raíces [22,23], buscamos mejorar el proceso de propagación vegetativa y contribuir al desarrollo sostenible de esta especie de importancia económica y medicinal. En este contexto, en este estudio se enfocó en la utilización de concentraciones de fitohormonas enraizantes con el objetivo de evaluar el incremento y la eficiencia en el enraizamiento de estacas de pimienta negra.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el invernadero del Programa de Plantas Ornamentales y Medicinales, situado en la finca "La María", propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La finca se encuentra ubicada en el Km 7½ de la vía Quevedo–El Empalme, con desvío al cantón Mocache, en la región con coordenadas geográficas 79° 27' longitud oeste y 01° 06' latitud sur ubicado a 73 m.s.n.m.

### 2.2 Diseño del experimento

Se aplicó el diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial con cinco concentraciones hormonales 0,1500, 2000, 2500 y 3000 mg Kg<sup>-1</sup> Ácido naftalenacético (ANA) y Ácido Indol Butírico (AIB); por dos tipos de sustratos (tierra de monte y arena), con un total de 10 tratamientos, cinco repeticiones y ocho observaciones por unidad experimental. Los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95% ( $P \geq 0,05$ ), las variables evaluadas fueron número de raíces, longitud de raíz mayor, número de brotes, longitud mayor de brotes, porcentaje de sobrevivencia y porcentaje de enraizamiento.

### 2.3 Procesos de selección, recolección y desinfección de las plántulas

La recolección del material experimental se realizó en la finca "La Represa" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, las mismas que fueron mantenidas en condiciones de humedad hasta llegar al invernadero de la finca "La María". Los esquejes seleccionados presentaron yemas en crecimiento activo con una longitud de 15 cm. Los esquejes se seccionaron de la parte basal ortotrófica de las plantas donadoras, con edades de 45 a 60 días. Las estacas se sumergieron en una solución del fungicida Vitavax al 0.1% durante 15 minutos, antes de la siembra.

### 2.4 Preparación del área experimental

Para reducir la intensidad luminosa y poder controlar la temperatura se construyó una cámara húmeda de 2.5 x 2.5 m, con una estructura de caña y plástico de polietileno, sobre este a 1 metro de altura una estructura de caña y sarán que permitió el paso del 70% de luz. Las fundas se llenaron con los sustratos tierra y arena. En la parte superior se realizó un agujero en donde se colocó 2 cm de tamo de arroz quemado. La desinfección del sustrato se realizó con vitavax 0,1% siete días antes del establecimiento.

### 2.5 Preparación de polvos enraizantes

Se utilizó el protocolo de preparación de polvos enraizantes según Del Valle [24], principalmente se pesaron las hormonas con una pureza del 99,9% en diferentes concentraciones de 1500, 2000, 2500 y 3000 mgKg<sup>-1</sup> de ANA y AIB. Luego se procedió a disolver en alcohol al 70%, se mezclaron con talco Mg<sub>3</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub> (1 Kg<sup>-1</sup>) y se dejaron secar al ambiente durante 24 horas, luego de lo cual se almacenaron en frasco debidamente rotulado.

### 2.6 Recolección y siembra de brotes obtenidas de las plantas donantes

Las estacas fueron sembradas en posición vertical en un túnel de polietileno. Luego se llevó a cabo un proceso de aclimatación en la cámara de polietileno durante 45 días. En este periodo el túnel se destapó gradualmente una hora al día durante ocho días dando un total de 53 días previo a la evaluación de las variables. Una vez evaluadas las plantas fueron trasplantadas a fundas plásticas con un sustrato a base de arena y tierra de bosque. Estas plantas fueron mantenidas en condiciones de semi invernadero hasta su traslado al lugar definitivo de cultivo.

### 2.7 Proceso de evaluación de las diferentes variables

A los 53 días de establecido el ensayo se analizaron parámetros clave, como el número de raíces, la longitud de la raíz mayor, el número y longitud de brotes, así como los porcentajes de sobrevivencia y enraizamiento. Se utilizó mediciones precisas y controles rigurosos con escalímetro graduado en milímetros. Se obtuvo una visión detallada del crecimiento y la adaptabilidad de las plantas en el contexto experimental.

### 3. Resultados

#### 3.1. Efecto simple concentraciones hormonales y sustratos

El número y longitud de raíces mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos hormonales, observándose los valores promedio más altos con las concentraciones de 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA + 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB y 3000 mg kg<sup>-1</sup> ANA + 3000 mg kg<sup>-1</sup> AIB. Las demás variables evaluadas no presentaron diferencias entre tratamientos. Con respecto al tipo de sustrato, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para todas las variables. El número y longitud de raíces fueron mayores en el sustrato tierra, mientras que el número y longitud de brotes, porcentaje de sobrevivencia y enraizamiento resultaron superiores en el sustrato arena (Tabla 1).

**Tabla 1.** Promedios del efecto simple de los factores, hormonas (ANA – AIB) y sustratos en estacas de *P. nigrum* L. a los 53 días de establecido el ensayo.

	Efecto de los tratamientos	Número de raíces	Longitud de raíces	Número de brotes	Longitud de brotes	Sobrevivencia (%)	Enraizamiento (%)
A1	Testigo	1,15 b	1,82 b	0,28 a	0,70 a	86,34 a	36,33 a
A2	1500 mg kg <sup>-1</sup> ANA+1500 mg kg <sup>-1</sup> AIB	2,49 ab	4,25 a	0,24 a	0,66 a	85,66 a	58,55 a
A3	2000 mg kg <sup>-1</sup> ANA+2000 mg kg <sup>-1</sup> AIB	2,82 a	3,56 ab	0,27 a	0,62 a	84,97 a	26,33 a
A4	2500 mg kg <sup>-1</sup> ANA+2500 mg kg <sup>-1</sup> AIB	2,32 ab	2,79 ab	0,27 a	0,60 a	78,48 a	38,55 a
A5	3000 mg kg <sup>-1</sup> ANA+3000 mg kg <sup>-1</sup> AIB	3,34 a	3,22ab	0,27 a	0,73 a	81,64 a	41,18 a
B1	Tierra	3,82 a	4,30 a	0,16 b	0,36 b	76,05 b	76,05 b
B2	Arena	1,22b	2,04 b	0,39 a	1,01 a	91,07 a	91,07 a
CV	%	21,74	24,02	8,17	18,95	8,82	22,98

#### 3.2. Interacción sustratos por concentraciones hormonales

En la interacción de los dos factores, todas las variables presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), excepto para la variable "porcentaje de sobrevivencia". Se observó que los tratamientos que influyeron en el número de raíces fueron 2000 mg Kg<sup>-1</sup> de ANA + 2000 mg Kg<sup>-1</sup> de AIB más tierra, y 3000 mg Kg<sup>-1</sup> de ANA + 3000 mg Kg<sup>-1</sup> de AIB más tierra. En cuanto a la longitud de las raíces, el tratamiento con 2000 mg Kg<sup>-1</sup> de ANA + 2000 mg Kg<sup>-1</sup> de AIB

más tierra fue el más efectivo. Respecto al número de brotes, el tratamiento que más influyó fue 2500 mg Kg<sup>-1</sup> de ANA + 2500 mg Kg<sup>-1</sup> de AIB más arena. En referencia a la longitud de los brotes, se observó que el tratamiento "Testigo más arena" tuvo una mayor influencia. Por último, en cuanto al enraizamiento, el tratamiento con 3000 mg Kg<sup>-1</sup> de ANA + 3000 mg Kg<sup>-1</sup> de AIB más tierra resultó ser el más influyente. En la variable porcentaje de sobrevivencia todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Tabla 2).

**Tabla 2.** Promedios de la interacción entre hormonas (ANA – AIB) y sustratos (tierra– arena) en estacas de *P. nigrum* L. a los 53 días de establecido el ensayo

	Tratamientos	Número de raíces	Longitud de raíces	Número de brotes	Longitud de brotes	Sobrevivencia (%)	Enraizamiento (%)
1	Testigo más tierra	0,97 c	1,14 d	0,10 de	0,12 e	76,73 a	20,00 d
2	Testigo más arena	1,34 c	2,61bcd	0,50 ab	1,47 a	96,52 a	33,51 bcd
3	1500 mg kg <sup>-1</sup> ANA+1500 mg Kg <sup>-1</sup> AIB mas tierra	4,47 a	5,61 ab	0,22cde	0,41cbe	79,42 a	58,61 ab
4	1500 mg Kg <sup>-1</sup> ANA+1500 mg Kg <sup>-1</sup> AIB mas arena	1,01 c	3,06 bcd	0,27 cd	0,93 abc	92,12 a	22,64 d
5	2000 mg Kg <sup>-1</sup> ANA+2000 mg Kg <sup>-1</sup> AIB mas tierra	5,32 a	6,56 a	0,17cde	0,46 bcde	78,82 a	63,63 ab
6	2000 mg Kg <sup>-1</sup> ANA+2000 mg Kg <sup>-1</sup> AIB mas arena	1,01 c	1,38 d	0,37abc	0,80 abcd	91,33 a	25,55 cd
7	2500 mg Kg <sup>-1</sup> ANA+2500 mg Kg <sup>-1</sup> AIB mas tierra	4,06 ab	4,26 abc	0,05 e	0,13 de	61,91 a	51,74 acb
8	2500 mg Kg <sup>-1</sup> ANA+2500 mg Kg <sup>-1</sup> AIB mas arena	1,00 c	1,59cd	0,54 a	1,20 ab	97,00 a	15,18 d

9	3000 mg Kg <sup>-1</sup> ANA+3000 mg Kg <sup>-1</sup> AIB mas tierra	5,29 a	5,04 ab	0,25 cd	0,74 abcde	84,32 a	74,43 a
10	3000 mg Kg <sup>-1</sup> ANA+3000 mg Kg <sup>-1</sup> AIB mas arena	1,79 bc	1,80cd	0,29bcd	0,72 abcde	79,00 a	17,22 d
		21,74	24,01	8,17	18,95	8,82	22,98

#### 4. Discusión

En la propagación vegetativa de pimienta negra, producto de la aplicación de los reguladores del crecimiento vegetal tanto ANA como AIB, se obtuvo un alto porcentaje de sobrevivencia (61,91% y 96.52%), indistintamente del tipo de sustrato o concentración hormonal utilizada podría considerarse como operacionalmente aceptable[17]. El porcentaje de enraizamiento en el sustrato tierra estuvo marcado por un incremento a medida que la concentración hormonal fluctuó de 1500 hasta 3000 mg kg<sup>-1</sup>, sin embargo en el sustrato arena el efecto fue, que a medida que se incrementó la concentración hormonal el porcentaje empezó a disminuir. Este hecho que corroborado por Santelices y Cabello [25] quienes manifiestan que es común que al aumentar la concentración de auxina también lo haga la inducción de raíces, hasta llegar a un máximo y luego disminuir, formándose así lo que se conoce como curva óptima [26]. Por otra parte, no todas las estacas que sobrevivieron lograron inducir raíces, además las estacas que obtuvieron los más altos porcentajes de enraizamiento fueron los que formaron una mayor longitud.

Es de destacar que los porcentajes de enraizamientos en aquellos tratamientos que no recibieron la aplicación de las auxinas, sobre todo cuando se utilizó el sustrato tierra es inferior, hecho que lo corrobora Ramírez-Villalobos et al. [27] quienes mencionan que en plantas de *Chrysobalanus icaco* L. (icaco) observó el mismo efecto, aun cuando las estacas fueron colocadas en un buen sustrato y con alta humedad relativa. Es de destacar sin embargo que cuando no hay formación de raíces no se produce la liberación y traslocación de la auxina endógena, la cual es un requerimiento para la iniciación de las raíces adventicias en tallo y para la división de las primeras células iniciadoras de la raíz [28,29].

El número de raíces tuvo marcadas diferencias entre aquellos tratamientos que no tuvieron la aplicación de las hormonas (testigo) frente a los que si recibieron la aplicación, los promedios más altos fueron obtenidos en el sustrato tierra a las concentraciones 1500, 2000 y 3000, observándose una gran diferencia en la cantidad de las raíces inducidas, estos promedios difieren de los obtenidos por Rendón [30] quien propagó pimienta con concentraciones hormonales inferiores, utilizando como sustrato tierra de monte, obteniendo 7,43raíces por planta a 1500 mg kg<sup>-1</sup> de ANA + 1500 mg kg<sup>-1</sup> de AIB. Estos resultados concuerdan con lo expresado por Poliszulk et al. [31] quienes mencionan que algunos factores como los sustratos influyen de forma significativa sobre los resultados obtenidos. Además, se corrobora lo expresado por Álvarez y Varona [32] quienes manifiestan que mientras algunas especies no requieren la adición de estimuladores de enraizamiento otras sí. Concordando con Ramírez-Villalobos et al. [27], quienes manifiestan que la opinión más extendida es que la variación de la concentración de las auxinas es importante en la acción hormonal.

En la variable longitud máxima de raíz, se observa que el tratamiento T5 obtuvo 6.52cm, resultados que son inferiores a los obtenidos por (Ortiz y Santín, 2006), quienes obtuvieron 7,85 cm, sobresale el sustrato tierra como el ideal para la longitud de raíz lo que no ocurre con el sustrato arena, aunque que si bien es cierto como lo menciona Royero (2007) permite una buena aireación y un buen drenaje al conferir porosidad al sustrato, resultando adecuado para la funcionalidad de las raíces, en el caso de pimienta no fue el ideal. Por otro lado, concuerda con Davies et al. [33], quienes mencionan que un buen sustrato es ideal para la propagación, ya que debe estar provisto de suficiente porosidad para permitir una buena aireación y una alta capacidad de retención de agua; tener un buen drenaje y estar libre de patógenos.

Adicionalmente en el trabajo realizado por García y Rivadeneira [34] sobre la evaluación de dos métodos de propagación y cinco tipos de sustratos en plantas de pimienta negra. Para el número de brotes el tratamiento 8 (2500 mg kg<sup>-1</sup> de ANA + 2500 mg kg<sup>-1</sup> de AIB) obtuvo el mayor número de brotes con un promedio de 0.50, el mismo que fue inferior a los mostrados por Rendón et al. [30] que obtuvieron 0.62 con 1000 mg kg<sup>-1</sup> de ANA + 1000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB.

En la variable longitud máxima de brotes se observó que el tratamiento testigo más arena alcanzó el promedio más alto esto es 1,47 cm y el menor el Testigo más tierra con 0.12 cm, estos resultados son inferiores a los obtenidos por Rendón et al. [30] que obtuvieron 2.81cm con 1500 mg kg<sup>-1</sup> de ANA + 1500 mg kg<sup>-1</sup> de AIB como mejor resultado y 1.71 cm en el testigo sin hormona como el menor. Esto concuerda con lo mencionado por Salisbury et al. [35] quienes mencionan que la relación auxina – citocinina es importante para controlar la dominancia apical, debido a que concentraciones altas favorecen el desarrollo de yemas y las concentraciones bajas favorecen la dominancia apical.

## 5. Conclusiones

Este estudio demuestra que la propagación vegetativa de la pimienta negra utilizando los reguladores de crecimiento ANA y AIB es una técnica viable y prometedora. Se lograron altos porcentajes de sobrevivencia y enraizamiento, lo que indica que esta técnica puede ser efectiva para la reproducción y propagación de esta especie. Además, se observó que la elección adecuada del sustrato y la concentración hormonal son factores clave para obtener resultados óptimos en la propagación. El sustrato tierra favoreció el enraizamiento y el desarrollo de raíces, mientras que el sustrato arena resultó más favorable para la formación de brotes.

Estos hallazgos son de gran importancia tanto para la producción comercial de pimienta negra como para la conservación y propagación de la especie en su medio natural. La propagación vegetativa puede acelerar el proceso de producción, evitando la alta variabilidad de la descendencia asociada con la propagación por semillas. Además, al utilizar reguladores de crecimiento vegetal, se pueden obtener plantas con características genéticas deseadas, lo que es beneficioso para el desarrollo sostenible de la especie.

Este estudio ha contribuido al conocimiento sobre la propagación vegetativa de la pimienta negra y sus factores influyentes. Los resultados obtenidos pueden ser de utilidad para mejorar las prácticas de propagación y producción comercial de esta especie de gran importancia económica y medicinal. Sin embargo, se sugiere continuar investigando para optimizar las concentraciones hormonales y sustratos utilizados, y así seguir mejorando la propagación vegetativa de la pimienta negra.

**Contribución de autores:** conceptualización, C.V.M.C., R. C-P. y M.S.C-P.; metodología, C.V.M.C. y M. S. C-P.; software, M.S.C-P. y R. J. H-F.; validación, C.V.M.C., M.S.C-P. y R. J. H-F.; análisis formal, C.V.M.C., R.J.H-F. y M.S.C-P.; investigación, C.V.M.C., R. C-P., R.J.H-F.

Green World Journal /Vol 06/Issue 02/085/ May - August 2023 /[www.greenworldjournal.com](http://www.greenworldjournal.com)



F., M.S.C-P. y C. V-M.; recursos, C. V-M. y R.J.H-F.; curaduría de datos, C. V-M. y R.J.H-F.; redacción-revisión y edición, C.V.M.C., R. C-P., R.J.H-F., M.S.C-P. y C. V-M.; visualización, C. V-M. y R.J.H-F.; supervisión, M.S.C-P. y R.J.H-F.; administración de proyectos, C.V.M.C. y R.J.H-F.; adquisición de fondos, C.V.M.C. y R.J.H-F.

**Financiamiento:** Esta investigación fue llevada a cabo gracias al financiamiento y uso de instalaciones de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

**Conflictos de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

1. Partelli, F.L. Nutrition of Black Pepper (*Piper Nigrum* L.)—a Brazilian Experience. *J. Spices Aromat. Crop.* **2011**, *18*.
2. Khan, A.U.; Talucder, M.S.A.; Das, M.; Noreen, S.; Pane, Y.S. Prospect of the Black Pepper (*Piper Nigrum* L.) as Natural Product Used to an Herbal Medicine. *Open Access Maced. J. Med. Sci.* **2021**, *9*, 563–573.
3. Barata, L.M.; Andrade, E.H.; Ramos, A.R.; de Lemos, O.F.; Setzer, W.N.; Byler, K.G.; Maia, J.G.S.; da Silva, J.K.R. Secondary Metabolic Profile as a Tool for Distinction and Characterization of Cultivars of Black Pepper (*Piper Nigrum* L.) Cultivated in Pará State, Brazil. *Int. J. Mol. Sci.* **2021**, *22*, 890.
4. Noriega, P.; Guerrini, A.; Sacchetti, G.; Grandini, A.; Ankuash, E.; Manfredini, S. Chemical Composition and Biological Activity of Five Essential Oils from the Ecuadorian Amazon Rain Forest. *Molecules* **2019**, *24*, 1637.
5. Delgado-Paredes, G.E. Propagación Masiva Del Matico (*Piper Tuberculatum* Jacq.) y Su Aplicación En La Erradicación de Vectores de Enfermedades Metaxénicas En Lambayeque (Perú). *Rev. Latinoam. Recur. Nat.* **2017**, *13*, 39–50.
6. Alaje, V.I.; Amadi, J.O.; Williams, A.O.; Oyedji, O.F.; Gely, O.A.; Adebusuyi, G.A. Vegetative Propagation of African Black Pepper (*Piper Guineense*): The Role of Growth Hormones and Rooting Media. **2022**, *6*, 71–77.
7. Zuñiga Sandoya, L.E. Manejo Agronómico de Pimienta Negra (*Piper Nigrum* L.), En Ecuador 2022.
8. Carranza Patiño, R.D. Efectos de Distintas Concentraciones Hormonales En La Inducción de Raíces En Estacas de Pimienta Negra (*Piper Nigrum*). 2012.
9. Romero Martínez, S.I. Análisis de Variación Del Precio de Exportación de Pimienta Hacia Estados Unidos Durante El 2013–2018, Universida Tecnológica Empresarial de Guayaquil, 2019.
10. Takooree, H.; Aumeeruddy, M.Z.; Rengasamy, K.R.R.; Venugopala, K.N.; Jeewon, R.; Zengin, G.; Mahomoodally, M.F. A Systematic Review on Black Pepper (*Piper Nigrum* L.): From Folk Uses to Pharmacological Applications. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2019**, *59*, S210–S243.
11. Ashokkumar, K.; Murugan, M.; Dhanya, M.K.; Pandian, A.; Warkentin, T.D. Phytochemistry and Therapeutic Potential of Black Pepper [*Piper Nigrum* (L.)] Essential Oil and Piperine: A Review. *Clin. Phytoscience* **2021**, *7*, 1–11.
12. Neha, P.; Joshi, M.D. *Piper Nigrum*: An Overview of Effects on Human Health. *Res. J. Sci. Green World Journal* /Vol 06/Issue 02/085/ May - August 2023 /[www.greenworldjournal.com](http://www.greenworldjournal.com)



- Technol.* **2020**, *12*, 331–337.
13. Poompavai, S.; Gowri Sree, V. Synergy of Electrical Pulses and Black Pepper (*Piper Nigrum*) Extracts for Effective Breast Cancer Treatment: An in Vitro Model Study. *IETE J. Res.* **2021**, 1–15.
  14. Prakash, S.; Radha; Kumar, M.; Kumari, N.; Thakur, M.; Rathour, S.; Pundir, A.; Sharma, A.K.; Bangar, S.P.; Dhumal, S. Plant-Based Antioxidant Extracts and Compounds in the Management of Oral Cancer. *Antioxidants* **2021**, *10*, 1358.
  15. Ee, K.P.; Shang, C.Y. Novel Farming Innovation for High Production of Black Pepper (*Piper Nigrum* L.) Planting Materials. *J. Agric. Sci. Technol. B* **2017**, *7*, 301–308.
  16. Shango, A.J.; Majubwa, R.O.; Maerere, A.P. Morphological Characterization and Yield of Pepper (*Piper Nigrum* L.) Types Grown in Morogoro District, Tanzania. *CABI Agric. Biosci.* **2021**, *2*, 1–13.
  17. Nguyen, A.D.; Wang, S.-L.; Trinh, T.H.T.; Tran, T.N.; Nguyen, V.B.; Doan, C.T.; Huynh, Q. V; Vo, T.P.K. Plant Growth Promotion and Fungal Antagonism of Endophytic Bacteria for the Sustainable Production of Black Pepper (*Piper Nigrum* L.). *Res. Chem. Intermed.* **2019**, *45*, 5325–5339.
  18. Syam, N.; Hidrawati; Sabahannur, S.; Nurdin, A. Effects of Trichoderma and Foliar Fertilizer on the Vegetative Growth of Black Pepper (*Piper Nigrum* L.) Seedlings. *Int. J. Agron.* **2021**, *2021*, 1–9.
  19. Raju, J.; Jayalakshmi, K.; Sonavane, P.S.; Raghu, S. Important Diseases of Black Pepper (*Pipernigrum* L.) and Management Strategies. In *Diseases of Horticultural Crops: Diagnosis and Management*; Apple Academic Press, 2022; pp. 199–211.
  20. Cruz, E.S. da; Medici, L.O.; Leles, P.S. dos S.; Ambrozim, C.S.; Souza, W.L.; Carvalho, D.F. de Growth of Black Pepper Plantlets under Different Substrates and Irrigation Levels. *Sci. Agric.* **2021**, *79*.
  21. Alexandre, R.S.; de Araujo, C.P.; Siqueira, A.L.; Aoyama, E.M.; de Mello, T.; Rosa, T.L.M.; Raymundo, C.E.V.; Schimdt, E.R.; Lopes, J.C.; de Oliveira, J.P.B. Influence of Tendrils and IBA on Rhizogenic Responses in Cuttings of Black Pepper Cultivars: Histological and Histochemical Aspects. *J. Plant Growth Regul.* **2022**, 1–12.
  22. Issukindarsyah, I.; Sulistyaningsih, E.; Indradewa, D.; Putra, E.T.S. The Growth of Three Varieties of Black Pepper (*Piper Nigrum*) under Different Light Intensities Related to Indigenous Hormones Role. *Biodiversitas J. Biol. Divers.* **2020**, *21*.
  23. AMANAH, S.; BUDIASTUTI, M.T.H.S.R.I.; SULISTYO, A.T.O. Effect of the Media Type and Auxin Concentration on the Growth of Cuttings Seedlings of Pepper (*Piper Nigrum*). *Cell Biol. Dev.* **2022**, *6*.
  24. Del valle, A. Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. F. (teca), UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO: Quevedo, 2012.
  25. Santelices, R.; Cabello, A. Efecto Del Ácido Indolbutírico, Del Tipo de La Cama de Arraigamiento, Del Substrato, y Del Árbol Madre En La Capacidad de Arraigamiento de Estacas de *Nothofagus Glauca* (Phil.) Krasser. *Rev. Chil. Hist. Nat.* **2006**, *79*, 55–64.

26. Uribe, M.E.; Ulloa, J.; Delaveau, C.; Sáez, K.; Muñoz, F.; Cartes, P. Influencia de Las Auxinas Sobre El Enraizamiento in Vitro de Microtallos de *Nothofagus Glauca* (Phil.) Krasser. *Gayana. Botánica* **2012**, *69*, 105–112.
27. Ramírez-Villalobos, M.; Urdaneta-Fernández, A.; Vargas-Simón, G. Tratamientos Con Ácido Indolbutírico y Lesionado Sobre El Enraizamiento de Estacas de Icaco (*Chrysobalanus Icaco* L.). *Agron. Trop.* **2004**, *54*, 203–218.
28. Jarvis, B.C. Endogenous Control of Adventitious Rooting in Non-Woody Cuttings. In *New root formation in plants and cuttings*; Springer, 1986; pp. 191–222.
29. El-Gedaway, H.I.M. Propagation of Croton Cuttings Relation to Hormones and Seasonal Changes. *Egypt. Acad. J. Biol. Sci. H. Bot.* **2021**, *12*, 135–148.
30. Rendón Baño, D.M. Empleo de Ácido Indolbutírico (Aib) y Ácido Naftalenacético (ANA) Para La Propagación Vegetativa de Hijuelos DE *Pachyveria* Y *Sedum* En Vivero 2022.
31. Poliszulk, H.; Silva, W.; Ferrer, M.; Betancourt, E.; Rivero, G. Efectos de Distintos Tratamientos Hormonales En La Inducción de Raíces Adventicias En Estacas Apicales de «Búcaro» *Bucida Buceras*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* **1999**, *16*, 71–75.
32. Álvarez Olivera, P.; TORRES, J.C.V. Silvicultura. *Pueblo y Educ.* **1988**.
33. Davies Jr, F.T.; Hartmann, H.T. The Physiological Basis of Adventitious Root Formation. In *Proceedings of the International Symposium on Vegetative Propagation of Woody Species* 227; 1987; pp. 113–120.
34. Haro Garcia, J.P.; Rivadeneira Matheu, G.A. Evaluación de Cinco Tipos de Sustratos y Dos Métodos de Propagación Vegetativa En Plantas de Pimienta Negra (*Piper Nigrum*) En Fase de Vivero. **2009**.
35. Salisbury, F.B.; Ross, C.W.; González Velázquez, V.; Palacios Martínez, R.; Philip, G. Fisiología Vegetal. **1994**.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>