

Propagación de árboles de *Bursera graveolens* (Kunt) Triana & Planch, por estacas

*Propagation of Bursera graveolens (Kunt) Triana & Planch trees, by
cuttings*

- ¹ Raúl Armando Ramos Veintimilla  <https://orcid.org/0000-0001-5181-1039>
Docente, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
raul.ramos@esepoch.edu.ec
- ² Ana Alexandra Yagual González  <https://orcid.org/0000-0002-6787-8868>
Egresada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
ana.yagual@esepoch.edu.ec
- ³ Carlos Francisco Carpio Coba  <https://orcid.org/0000-0002-7361-7664>
Docente, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
ccarpio@esepoch.edu.ec
- ⁴ Mario Rolando Ramos Veintimilla  <https://orcid.org/0000-0003-2264-2808>
Investigador Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Ecuador.
mario.ramos@iniap.gob.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 16/07/2022

Revisado: 26/08/2022

Aceptado: 02/09/2022

Publicado: 15/09/2022

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.2.276>

Cítese:

Ramos Veintimilla, R. A., Yagual González, A. A., Carpio Coba, C. F., & Ramos Veintimilla, M. R. (2022). Propagación de árboles de *Bursera graveolens* (Kunt) Triana & Planch, por estacas. *AlfaPublicaciones*, 4(3.2), 40–55.
<https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.2.276>



ALFA PUBLICACIONES, es una Revista Multidisciplinar, **Trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons AttributionNonCommercialNoDerivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras**claves:**

Bursera graveolens, propagación asexual, auxina, ácido indolbutírico, bosque seco, vivero.

Keywords:

Bursera graveolens, asexual propagation, auxin, indolebutyric acid, dry forest, seedbed.

Resumen

Introducción. *Bursera graveolens* (Kunt) Triana & Planch, especie forestal nativa de bosques secos del Ecuador, mantiene un equilibrio en ecosistemas xerofíticos frágiles lo que incide en proteger esta especie en su desarrollo vegetativo, el problema radica en su propagación sexual debido a que presenta un porcentaje bajo de germinación de las semillas, y a su vez la limitada información generada sobre propagación asexual. **Objetivo.** Determinar el tratamiento con el que obtienen mejores comportamientos las variables de crecimiento inicial de *B. graveolens*. **Metodología.** El presente trabajo de investigación se desarrolló en vivero, donde se aplicó un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizados con dos factores: *i*) tipo de sustrato (A1: tierra negra + tamo de arroz + arena de río, A2: tierra negra + estiércol de ganado vacuno y A3: tierra negra + arena de río) y *ii*) Concentraciones de Auxinas (AIB) (B1: 6.000 ppm, B2: 8.000 ppm, B3: 10.000 ppm y B4: agua destilada); generando 12 tratamientos, con 10 observaciones cada uno. Se realizó análisis paramétrico para las variables que cumplían los supuestos de normalidad y homocedasticidad y análisis no paramétrico a las variables que no cumplen. Las variables evaluadas fueron: prendimiento, número, altura y diámetro de brotes. **Resultados.** No se evidenció interacciones entre el tipo de sustrato y las concentraciones de auxina, sí un efecto de sustratos. El prendimiento promedio de estacas de *B. graveolens* fue de 36,9%, mostrando el mayor porcentaje (51,88 %) el sustrato A3, la longitud de brotes a los 45 días fue de 2,04 cm. **Conclusiones.** No existió un efecto en la interacción sustrato con auxina (AIB) en las variables estudiadas, se observó un efecto del factor tipo de sustrato, donde el sustrato A3 experimentó un mayor porcentaje en prendimiento y longitud de brotes.

Abstract

Introduction. *Bursera graveolens* (Kunt) Triana & Planch, a forest species native to dry forests of Ecuador, maintains a balance in fragile xerophytic ecosystems, which affects the protection of this species in its vegetative development, the problem lies in its sexual propagation since it presents a percentage low seed germination, and in turn the limited information available on its asexual propagation. **Objective.** To determine the treatment with which the

initial growth variables of *B. graveolens* obtain better behavior. **Methodology.** The present research work was developed in a seedbed, where a Completely Randomized Block Design was applied with two factors: *i*) type of substrate (A1: black earth + rice chaff + river sand, A2: black earth + cattle manure beef and A3: black earth + river sand) and *ii*) Auxin Concentrations (AIB) (B1: 6,000 ppm, B2: 8,000 ppm, B3: 10,000 ppm and B4: distilled water); generating 12 treatments, with 10 observations each. Parametric analysis was performed for the variables that met the assumptions of normality and homoscedasticity and non-parametric analysis for the variables that did not. The variables evaluated were setting, number, height, and diameter of shoots. **Results.** There was no evidence of interactions between the type of substrate and auxin concentrations, but an effect of substrates. The average taking of *B. graveolens* cuttings was 36.9%, showing the highest percentage (51.88%) in the A3 substrate, the sprout length at 45 days was 2.04 cm. **Conclusions.** There was no effect on the substrate interaction with auxin (AIB) in the variables studied, an effect of the substrate type factor was observed, where the A3 substrate experienced a higher percentage in setting and sprout length.

Introducción

Ecuador es uno de los países a nivel mundial que posee una gran diversidad de flora y fauna (Grijalva et al., 2016; Ramos et al., 2017), existen estimaciones que indican que cerca del 35% de la superficie de bosque en el Ecuador corresponde a los bosques secos, del cual se ha perdido el 50%, considerando que el 75% son especies caducifolias que presentan una época estacionaria, es decir, pierden sus hojas durante un periodo corto (Aguirre, 2012).

En Ecuador la tala indiscriminada de los bosques, y en particular el bosque seco en los últimos años, ha sido cada vez más notoria, una de las causas es la obtención de recursos maderables y no maderables de especies representativas económicamente realizando una extracción selectiva de especies maderables, ocasionando la degradación de éste ecosistema, ampliación de la frontera agrícola y pérdida de la base genética forestal y particularmente en *B. graveolens*, especie que se encuentra en peligro de extinción (Vázquez et al., 2005).

Los bosques deciduos o también llamados bosques secos, son ecosistemas frágiles y únicos que albergan especies endémicas y aportan beneficios económicos, sociales, culturales y ambientales (Aguirre et al., 2016); por ello, el cuidado y la conservación se ha convertido en una prioridad. Este ecosistema ha sido fuertemente perturbado y degradado por la actividad humana, para cambiar de uso del suelo a agricultura convencional; de esta manera, retiran la cobertura forestal, mueven el suelo, este se erosiona y además utilizan agroquímicos indiscriminadamente. Otras de las causas que ocasionan daño este ecosistema es la explotación de recursos forestales madereros, expansión urbana, aumento de industrias camaroneras (Estrella et al., 2005).

Una de las especies forestales, nativa de bosques secos del Ecuador y de interés socioeconómico es la conocida como palo santo, *Bursera graveolens* (Kunt) Triana & Planch, pertenece a la familia Burseraceae, crece en zonas bajas del perfil costanero, su distribución oscila entre 0 a 2000 m.s.n.m. (Aguirre, 2012). Por otro lado, es un árbol aromático que tiene múltiples beneficios, siendo éste utilizado principalmente como medicinal natural y ancestral, se aplica para dolores en todo el cuerpo, reumatismo y como remedio para dolores estomacales (Manzano, 2007).

La especie forestal *B. graveolens*, es considerada una madera sagrada debido a su utilización en rituales espirituales y ceremonias, creando un ambiente de armonía y paz en el entorno. En la industria es utilizada para la elaboración de aceites esenciales, jabones e incienso; debido a esto, es inminente buscar estrategias para conservar este ecosistema natural, restaurar y repoblar con ésta especie de alto valor social y económico, como lo busca el decenio de las Naciones Unidas sobre la restauración de los ecosistemas 2021 – 2030 que es un llamado a la protección y reactivación de los ecosistemas en todo el mundo, en beneficio de las personas y la naturaleza, de esta forma alcanzar objetivos globales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación [FAO], 2021).

B. graveolens es un árbol de hojas caducifolias que vive en asociación con otras especies y mantiene un equilibrio en estos ecosistemas xerofíticos frágiles y poco apreciados. Es una especie forestal difícil de propagar por reproducción sexual o semilla, debido a que por alguna razón física o fisiológica presenta un porcentaje extremadamente bajo de germinación de la semilla y regeneración natural. Los datos reportados en la literatura sobre la germinación de la semilla están alrededor del 20 %; siendo esta una seria limitante para la multiplicación de la especie a nivel de vivero y los programas de repoblación (Morillo et al., 2016).

La propagación asexual en especies leñosas permite obtener una nueva planta con características similares a la planta madre en períodos relativamente cortos y a su vez conservar las especies que estén en peligro de extinción y es la alternativa para la multiplicación de especies leñosas que experimentan problemas de baja germinación de sus semillas o producciones estacionales (Mero et al., 2017).

El desconocimiento de métodos y protocolos de propagación asexual y sustratos apropiados para el desarrollo vegetativo de *B. graveolens* es un limitante para que esta especie sea implementada en planes de reforestación y programas de manejo forestal a nivel de la provincia de Santa Elena y la zona de bosque seco como tal. En esta línea Mero et al. (2017), en la comuna Quimis-Manabi, condujeron un estudio donde evaluaron el comportamiento de *B. graveolens* al efecto de reguladores de crecimiento tipo auxínico, la variable respuesta fue la regeneración de tejido vegetal. En la experiencia reportan que el tratamiento compuesto por ácido indolbutírico a 8000 ppm + tierra de guaba y arena de río alcanzó la mayor presentación de brotes y callos por estaca, así como el menor porcentaje de mortalidad.

En este contexto, nuestra investigación pretendió propagar vegetativamente por estacas arboles de *B. graveolens* (palo santo) en condiciones de vivero, que ayuda con información para la generación de protocolos de multiplicación, misma que servirá para los diferentes programas de restauración y repoblación con esta especie en bosque seco que desarrollarán la presente y futuras generaciones.

Metodología

La presente investigación se realizó en el vivero agroforestal Dos Mangas de la parroquia Manglaralto, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena-Ecuador. El vivero agroforestal Municipal se encuentra ubicada a 1° 49' 36.9984" Sur, 80° 41' 48.1200" Este de latitud sur y Bosque Seco Tropical (bs-T) (Yagual, 2022).

El vivero agroforestal se encuentra a 12 m.s.n.m. con un rango de precipitación anual en la zona de 31,7 a 350,6 mm distribuida en dos épocas, lluviosa (diciembre-marzo) y seca (abril-noviembre). La temperatura promedio es de 24 °C y la humedad de 87% (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2019).

Metodológicamente la investigación ejecutada correspondió a: diseño experimental de tipo cuasiexperimental y nivel de tratamientos múltiples, como se detalla a continuación:

Los factores estudiados fueron: **1. Tipos de sustrato** A1: Tierra negra (50%) + Tamo de arroz (25%) + Arena de río (25%); **A2:** Tierra negra (50%) + Estiércol de ganado vacuno (50%); **A3:** Tierra negra (50%) + Arena de río (50%) y **2. Dosis de Auxinas AIB:** **B1:** 6.000 ppm; **B2:** 8.000 ppm; **B3:** 10.000 ppm; **B4:** Agua Destilada

Los tratamientos estudiados fueron 12, producto de la combinación de los niveles de los factores en estudio (3x4), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Tratamientos en estudio

Tratamiento	Factor A	Factor B	Código	Descripción
T1	A1	B1	A1B1	Tierra negra (50%) + Tamo de arroz (25%) + Arena de río (25%) + 6.000 ppm de AIB
T2	A2	B1	A2B1	Tierra negra (50%) + Estiércol de ganado vacuno (50%) + 6.000 ppm de AIB
T3	A3	B1	A3B1	Tierra negra (50%) + Arena de río (50%) + 6.000 ppm de AIB
T4	A1	B2	A1B2	Tierra negra (50%) + Tamo de arroz (25%) + Arena de río (25%) + 8.000 ppm de AIB
T5	A2	B2	A2B2	Tierra negra (50%) + Estiércol de ganado vacuno (50%) + 8.000 ppm de AIB
T6	A3	B2	A3B2	Tierra negra (50%) + Arena de río (50%) + 8.000 ppm de AIB
T7	A1	B3	A1B3	Tierra negra (50%) + Tamo de arroz (25%) + Arena de río (25%) + 10.000 ppm de AIB
T8	A2	B3	A2B3	Tierra negra (50%) + Estiércol de ganado vacuno (50%) + 10.000 ppm de AIB
T9	A3	B3	A3B3	Tierra negra (50%) + Arena de río (50%) + 10.000 ppm de AIB
T10	A1	B4	A1B4	Tierra negra (50%) + Tamo de arroz (25%) + Arena de río (25%) + Agua Destilada
T11	A2	B4	A2B4	Tierra negra (50%) + Estiércol de ganado vacuno (50%) + Agua Destilada
T12	A3	B4	A3B4	Tierra negra (50%) + Arena de río (50%) + Agua Destilada

Nota: T= Tratamiento; A= Sustratos, B= Concentración de AIB

Fuente: Yagual (2022)

El ensayo se ejecutó con un total de 12 tratamientos, la unidad observacional fue una estaca plantada, el número de observaciones por tratamiento fue n=10 y finalmente el número de bloques fueron 4; por lo que, el número total de unidades observacionales fue 480 estacas plantadas, como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Representación del diseño de bloques completos al azar, tratamientos y unidades experimentales para la evaluación

BLOQUE I												
	T3	T12	T1	T8	T6	T7	T4	T9	T10	T11	T5	T2
1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
7	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
9	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

BLOQUE II												
	T12	T8	T4	T5	T11	T3	T7	T1	T2	T9	T6	T10
1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
7	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
9	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

BLOQUE III												
	T7	T3	T8	T2	T5	T12	T6	T4	T11	T1	T10	T9
1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
7	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
9	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

BLOQUE IV												
	T10	T4	T5	T7	T1	T9	T2	T12	T8	T6	T11	T3
1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
7	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
9	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

Nota: T1...T12 = Tratamientos; 1...10= observaciones por tratamiento

Fuente: Yagual (2022)

Preparación de concentraciones de ácido indolbutírico (AIB)

Para cada uno de los niveles del factor Auxinas se diluyó en un litro de agua destilada las siguientes concentraciones: **B1**: 6000 ppm que equivale a 1,225 g., se le agregó 18 gotitas de hidróxido de sodio hasta formar una mezcla homogénea y luego se diluyó en agua destilada. **B2**: 8000 ppm que equivale a 1,633 g., se le agregó 22 gotitas de hidróxido de sodio hasta formar una mezcla homogénea y luego se diluyó en agua destilada. **B3**: 10000 ppm que equivale a 2,041g., se le agregó 30 gotitas de hidróxido de sodio hasta formar una mezcla homogénea y luego se diluyó en agua destilada (Yagual, 2022).

Preparación de los sustratos

Los sustratos evaluados se prepararon como componente principal tierra negra proveniente de la capa superficial del bosque donde se desarrolla la especie. Para el primer nivel del factor sustratos se utilizó tres porciones de cada componente conformando la siguiente proporción 2:1:1 (50% tierra negra + 25 % tamo de arroz + 25 % arena de río), el segundo nivel estaba compuesto en una proporción 1:1 (50% tierra negra + 50% estiércol descompuesto de ganado vacuno), y finalmente el tercer nivel se conformó con una proporción 1:1 de los materiales en estudio (50% de tierra negra + 50% de arena de río) (Yagual, 2022).

Desinfección de sustratos

Una vez preparados los tres sustratos en estudio, se procedió a desinfectar; para lo cual, se humedeció el sustrato con agua, posterior a ello se aplicó una solución de Vitavax® 300 con una concentración de 17g en 10 litros de agua y se empezó a encharcar completamente los sustratos. Luego de dos días se realizó un movimiento de los sustratos, de una forma individual, con el fin de que expulsen los gases que se pudieron haber generado como efecto de la acción del desinfectante (Yagual, 2022).

Enfundado de sustrato

Se enfundó cada uno de los sustratos A1 (tierra negra + tamo de arroz + arena de río), A2 (tierra negra + estiércol de ganado) y A3 (tierra negra + arena de río) en fundas de polietileno 6 x 8 cm de acuerdo con los tratamientos propuestos a evaluar y se les ubicó en cada uno de los bloques (Yagual, 2022).

*Identificación de plantas madre de *B. graveolens**

Las plantas madre de *B. graveolens* se identificaron en la comuna Aguadita, parroquia Colonche provincia de Santa Elena, para lo cual se seleccionaron árboles con excelentes características morfológicas, mayores a 10 años y que encuentren sanos, libre de problemas sanitarios (Yagual, 2022).

Recolección de estacas

Se recolectaron 480 estacas apicales e intermedias de palo santo (*B. graveolens*) con una longitud entre 35 a 40 cm y un diámetro entre 1 a 5 cm, teniendo al menos 1 o 2 yemas que no muestren (Yagual, 2022).

Repique de especie forestal B. graveolens

Se colocó la estaca en los contenedores de cada uno en los tratamientos (aletorizados) T1, T2, T3 T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 y T12 a una profundidad aproximada de 5 cm, y a su vez se compactó el sustrato dejando sin cámaras de aire (Yagual, 2022).

Variables evaluadas

Prendimiento. - Para el cálculo del porcentaje de prendimiento de las estacas se registró datos a los 50 días después de la instalación del experimento (ddie), y se aplicó la fórmula propuesta por Narváez (2021):

$$\% \text{ Prendimiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de estacas con brote}}{\text{N}^\circ \text{ de estacas establecidas}} \times 100$$

Supervivencia. - Para el cálculo del porcentaje de supervivencia de las estacas se registró los datos a los 50 días después de la instalación del experimento, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Supervivencia} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas vivas}}{\text{N}^\circ \text{ de plantas vivas} + \text{N}^\circ \text{ de plantas muertas}} \times 100$$

Número de brotes. - Se realizaron evaluaciones a los 15, 30 y 45 días después de la instalación del experimento. Se realizó mediante observación directa a cada una de las unidades experimentales (estacas).

Longitud del brote

Se registró información a los 15, 30 y 45 días después de la instalación del experimento, del brote de mayor vigor de la estaca con el calibrador venier y/o pie de rey, se tomó como referencia la base del brote hacia arriba, esta variable se registró en cm

Diámetro del cuello del brote

Se recolectó información a los 15, 30 y 45 días después de la instalación del experimento, tomando el dato al brote de mayor vigor de la estaca, con el calibrador venier y/o pie de rey, se realizó la medición del cuello del brote, esta variable se registró en mm.

Análisis estadístico

A los datos de las variables respuesta evaluadas en los respectivos periodos de acuerdo con el protocolo de investigación, se realizó la comprobación de los supuestos de normalidad y homocedasticidad, luego se aplicaron pruebas paramétricas (ANOVA univariado de dos factores: sustrato y AIB, considerándoles como efectos fijos) a las variables respuesta que cumplieron los supuestos, y pruebas no paramétricas para las variables que no cumplieron dichos supuestos. En el proceso de análisis se utilizó el software estadístico InfoStat.

Resultados y discusión

Prendimiento

Los tipos de sustratos y las dosis de la auxina (Ácido indobutírico) no interactuaron estadísticamente ($p_v = 0,7068$); al igual que, el factor auxina ($p_v = 0,6025$); mientras que, los tipos de sustrato afectó significativamente en el prendimiento ($p\text{-valor} = 0,0003$). El promedio general de prendimiento (%) de *B. grabelens*, a los 50 días después del trasplante, fue de 36,9, como se muestra en la tabla 2).

Tabla 2

Cuadrados Medios, significancias y promedios de variables respuesta de crecimiento temprano de Bursera graveolens a los 45 de evaluación

Fuente de Variación	gl	Prendimiento (%)		Supervivencia (%)			Número de brotes por estaca			Longitud del brote (mm)					
		50 ddie		15 ddie	35 ddie	15 ddie	30 ddie	45 ddie							
Bloque	3	0,62		47,86	0,01	0,96	0,16	0,45	0,1						
Sustrato	2	8,03	**	518,61	*	0,08	*	0,29	n.s.	1,71	**	2,64	**	2,17	**
Auxina	3	0,47	n.s.	202,47	n.s.	0,01	n.s.	0,48	n.s.	0,38	n.s.	0,15	n.s.	0,38	n.s.
Sustrato*Auxina	6	0,47	n.s.	73,12	n.s.	0,01	n.s.	0,3	n.s.	0,48	*	0,22	n.s.	0,33	n.s.
Error	33	0,75		110,61		0,01		0,27		0,18		0,30		0,35	
Total	47														
Promedio		36,90		68,80		1,48		1,35		15,5		16,3		16,2	

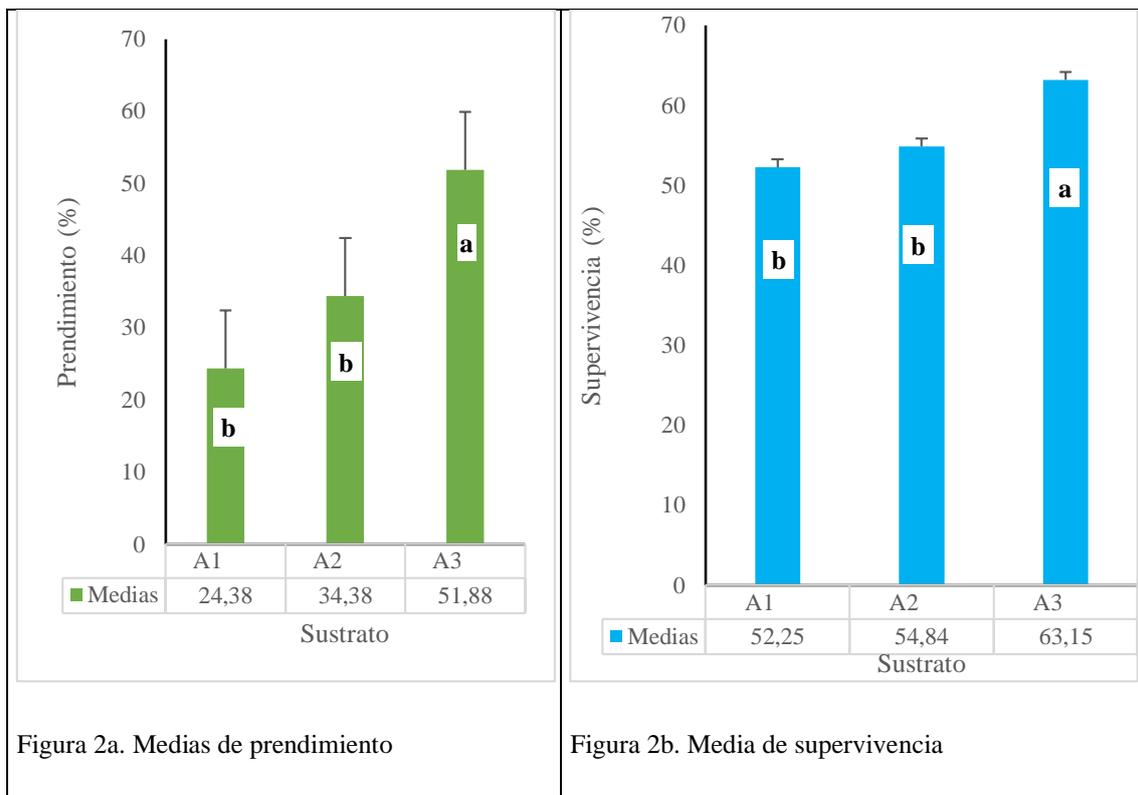
Nota: gl: grados de libertad; **: altamente significativo ($p_v < 0,01$); *: significativo ($p_v < 0,05$); ns: no significativo ($p_v > 0,05$).

Se observa que el sustrato tierra negra (50%) + arena de río (50%) (A3) presentó el mejor promedio de brotación a los 50 días después de la instalación del ensayo (51,88%) siendo diferente estadísticamente a los sustratos tierra negra (50%) + tamo de arroz (25%) + arena de río (25%) (A1) y tierra negra (50%) + estiércol de ganado vacuno (50%) (A2),

que presentaron los menores promedios 24,38 y 34,38%, respectivamente como se muestra en la figura 2a.

Figura 2

Media de prendimiento y supervivencia de B. graveolens, a los 50 días después de la instalación del experimento



Fuente: Yagual (2022)

Supervivencia

No hubo diferencias estadísticas significativas para la interacción Sustrato*Auxina ($p_v = 0,6813$), ni para el factor Auxina ($p_v = 0,1608$); mientras que, para el factor Sustrato encontró diferencias estadísticas altamente significativas ($p\text{-valor} = 0,0160$). El promedio general de Supervivencia (%) a los 50 días después de la instalación del ensayo fue de 60,80 como se muestra en la tabla 2.

El mayor promedio (63,15%) de supervivencia observado en las estacas de *B. graveolens* experimentaron las plantadas en el sustrato tierra negra (50%) + arena de río (50%) (A3), en comparación con los otros sustratos, presentando el menor promedio (52,25%) de supervivencia las estacas plantadas en tierra negra (50%) + tamo de arroz (25%) + arena de río (25%) (A1), como se muestra en la figura 2b.

Número de brotes por estaca

Los tipos de sustrato y las dosis de AIB no generaron efecto importante en el número de brotes por estaca, observado a los 45 días después de la instalación del experimento. La prueba de Friedman desarrollada presentó un p-valor de 0,7185. El promedio general fue 1,2 brotes por estaca, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

*Prueba no paramétrica Friedman para número de brotes por estaca y diámetro (mm) del cuello a la base del brote de *B. graveolens* a los 45 días de instalado el experimento (ddie)*

Variables respuesta	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T ²	p-valor
Número de brotes a los 45 ddie	6,33	6,83	10,00	4,17	6,33	5,67	4,17	6,33	7,50	7,00	6,00	7,67	0,71	0,7185 n.s.
Diámetro del cuello del brote (mm) a los 45 días ddie	4,17	2,67	11,00	4,50	6,00	9,17	4,67	6,50	7,33	6,83	5,50	9,67	1,82	0,1108 n.s.

Promedio de Número de brotes a los 45 ddie = 1,2

Promedio Diámetro del cuello del brote (mm) a los 45 días ddie = 11,4 mm

Fuente: Yagual (2022)

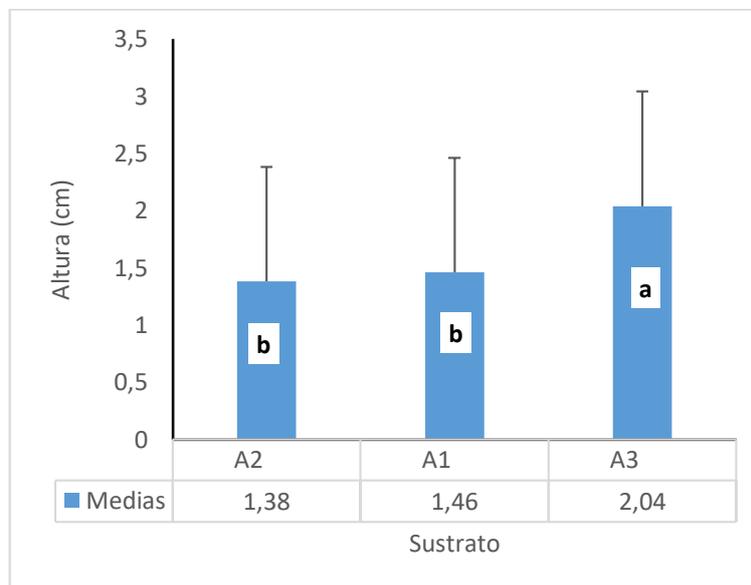
Longitud del brote

A diferencia de las dosis de auxinas AIB, los tipos de sustratos generaron un efecto significativo ($p < 0,005$) en la longitud del brote de *B. graveolens* en las tres evaluaciones realizadas (15, 30 y 45 días de instalado el experimento), presentaron promedios generales de 1,55; 1,63 y 1,62 cm, por evaluación respectivamente como se muestra en la tabla 2.

La longitud de los brotes de las estacas plantadas en el sustrato tierra negra 50% + arena de río 50% (A3) mostraron el mayor promedio (2,04 cm), a los 45 días después de instalado el experimento, siendo diferente estadísticamente que la longitud de los brotes de las estacas plantadas en los sustratos tierra negra 50% + estiércol de ganado vacuno 50% (A2) y tierra negra 50% + tamo de arroz 25% + arena de río 25% (A1) cuyos valores fueron de 1,38 y 1,46 cm respectivamente, siendo éstos últimos similares entre ellos, como se muestra en la figura 3.

Figura 3

*Medias de longitud del brote de *B. graveolens*, a los 50 días después de la instalación del experimento*



Fuente: Yagual (2022)

Diámetro del cuello de los brotes

Al igual que en la variable número promedio de brotes por estaca, en diámetro del cuello de los brotes, los tipos de sustrato y las dosis de AIB estudiados no generaron efecto importante a los 45 días después de la instalación del ensayo. La prueba de Friedman desarrollada presentó un p-valor de 0,1108. El promedio general fue 11,4 mm de diámetro, como se muestra en la tabla 3.

Discusión

Durante el tiempo de la conducción de la investigación (50 días luego de la instalación del ensayo), no se observó una interacción clara entre el tipo de sustrato y las concentraciones de AIB en las variables de crecimiento evaluadas, así como también no se observó efecto alguno de los niveles del factor axina, probablemente con un mayor tiempo de evaluación experimental se pueda encontrar dicha interacción y efecto, éste hallazgo es congruente con los reportados por Morillo et al. (2016), quienes utilizaron productos enraizantes de nombre comercial (Hormonagro 1 y Enraizador H.V) para la propagación asexual de *B. graveolens*, donde no lograron efecto alguno; así como también Carranza et al. (2012), en su estudio de propagación de *Tabebuaya donnell-smithii*. Si nos referimos al efecto de los tipos de sustratos como factor individual, el mejor porcentaje de estacas prendidas de *B. graveolens* alcanzado en esta investigación

(sustrato tierra negra 50%+arena de río 50%) fue 23% menor a los promedios presentados por Sánchez (2019), quien reportó un porcentaje de prendimiento del 67%, a los 60 días después de establecer el ensayo de prendimiento de *B. graveolens* en etapa de vivero, usando una combinación de sustrato y enraizante natural en Portoviejo-Manabí. Los resultados alcanzados en esta investigación para la longitud del brote (cm), de estacas plantadas en sustrato tierra negra 50%+arena de río 50%, son congruentes y superiores a los reportados por Mero et al. (2017), quienes en su estudio de la misma especie indican haber alcanzado una longitud media de brote de 1,45 cm con el tratamiento tierra de campo + tierra de guabo + arena de río + 8.000 ppm de auxina, dicho promedio es similar a las longitudes de brote de estacas plantadas en sustrato tierra negra 50%+estiércol de vacuno 50% de esta investigación. En razón de que las evaluaciones de ésta investigación finalizaron a 45 y 50 días del establecimiento del experimento, es posible que el porcentaje de prendimiento de las estacas hubiera incrementado al evaluar un mayor tiempo, al igual que la longitud del brote, probablemente en un mayor tiempo de investigación su pueden observar interacciones entre los tipos de sustrato y las concentraciones de la auxina, experimentando diferencias estadísticas en las variables respuesta como acción de las concentraciones de la hormona en los procesos fisiológicos del crecimiento inicial de *B. graveolens*. Los resultados alcanzados en esta investigación dan cierta orientación para el diseño y conducción de nuevos derroteros en investigaciones, donde se examinen concentraciones de auxinas y se prueben otras fuentes de fitohormonas que contribuyan al proceso de multiplicación clonal de *B. graveolens*, debido a que los porcentajes de prendimiento de estacas siguen siendo bajos, muy poco interesante para los viveristas.

Conclusiones

- ✓ No se evidenció un efecto claro de interacción entre el tipo de sustrato y las concentraciones de auxinas (AIB), así como también del factor auxina en las variables de crecimiento dasométrico temprano estudiadas.
- ✓ El prendimiento promedio de estacas de *Bursera graveolens* (Kunt) Triana & Planch (Palo Santo) en el vivero agroforestal Dos Mangas del cantón Santa Elena, fue de 36,9 %, presentando el mayor porcentaje (51,88%) de esta variable el sustrato tierra negra 50% + arena de río 50%.
- ✓ Se observó un efecto del factor tipo de sustrato, donde el sustrato tierra negra (50%) + arena de río (50%), experimentó un mayor promedio, sendo éste 50 y 100% superior con respecto a los sustratos tierra negra (50%) + estiércol de ganado vacuno (50%) y tierra negra (50%) + arena de río (50%) respectivamente; así como también, presentó la mayor longitud del brote, superando entre el 40 y 54 % a los brotes de las estas plantadas en los sustratos tierra negra (50%) + tamo

de arroz (25%) + arena de río (25%) y tierra negra (50%) + estiércol de ganado vacuno (50%), respectivamente.

Referencias bibliográficas

- Aguirre Mendoza, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador*. (Ministerio del Ambiente de Ecuador - MAE) Recuperado el 15 de septiembre de 2022, de Guía dendrológica para su identificación y caracterización: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Bosques-Secos4.pdf>
- Aguirre Padilla, N., Alvarado Espejo, J., & Granda Pardo, J. (2016). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosque Latitud Cero*, 8(2), 118-130.
- Carranza Patiño, M., Cruz Ibarra, O., Nieto Rodríguez, E., Saucedo Aguiar, S., Cevallos Falquez, O., Escobar Troya, A., Reyes Chancay, X., Morante Carriel, J. (2012). Propagación de *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Guayacán blanco) utilizando hormonas de enraizamiento. *Ciencia y Tecnología*. 5(2), 17-26. <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/123/137>
- Estrella, J., Manosalvas, R., Mariaca, J., & Ribadeneira, M. (2005). *Biodiversidad y recursos genéticos: una guía para su uso y acceso en el Ecuador* (Primera ed.). Quito, Pichincha, Ecuador: Abya Yala. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5wqYLRGlohMC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Los+bosques+deciduos+o+tambi%C3%A9n+llamados+bosques+secos+son+ecosistemas+%C3%B1nicos+y+fr%C3%A1giles+que+albergan+especies+end%C3%A9micas+y+aportan+beneficios+econ%C3%B3micos,+soci>
- Grijalva O., J., Checa Rivas, X. P., Ramos Veintimilla, R., Barrera A., P., Vera, R., y Sigcha Morales, F. A. (2016). *Estado de los recursos genéticos forestales en Ecuador* (Primera ed.). Quito, Ecuador: Quito, EC: INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2742/1/iniapscpm424.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2019). Estaciones Meteorológicas del INAMHI a nivel nacional. Ecuador. <https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca/>
- Manzano, P. (2007). *Potencial fitofármaco de bursera graveolens (palo santo), del bosque seco tropical, península de Santa Elena, provincia del Guayas*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral] Dspace ESPOL. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4729/1/7252.pdf>

- Mero Jalca, O. F., Cuásquer Fuel, E., García Lucas, L. M., Ramos Rodríguez, M. P., y Jiménez González, A. (2017). Efecto de reguladores de crecimiento tipo auxínico para la regeneración de tejido vegetal en *Bursera graveolens*. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 5(3), 259-269.
- Morillo Infante, L., Eras Guamán, V., Moreno Serrano, J., Minchala Patiño, J., Muñoz Chamba, L., Yaguana Arévalo, M., Sinche Freire, M. (2016). Estudio fenológico y propagación de *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, en la comunidad de malvas, cantón zapotillo, provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 6(2). 1-15.
- Narváez, M. (2021). *Efecto de las hormonas de enraizamiento en la propagación asexual de alnus nepalensis D. Don en dos tipos de ambientes en la granja experimental "yuyucocha"*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte] Repositorio UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11102/2/03%20FOR%20327%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación [FAO]. (2021). *Restaurar la tierra - el próximo decenio* (Vol. 71). Roma, Italia. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=n0s2EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA132&dq=Lanzamiento+del+Decenio+de+las+Naciones+Unidas+sobre+la+Restauraci%C3%B3n+de+los+Ecosistemas&ots=ia4oRiYY3x&sig=EFDmNIDFQxAG64FLpgTrxYMZEuQ#v=onepage&q=Lanzamiento%20del%20Decenio%20de+las+Naciones+Unidas+sobre+la+Restauraci%C3%B3n+de+los+Ecosistemas>
- Ramos Veintimilla, R. A.; Cárdenas Rubio, A. M.; Vera Vélez, R. R.; Limongi Andrade, J. R. & Grijalva Olmedo, J. E. (2017). Propagación *in vitro* de tres especies del género *Paulownia* bajo el sistema de propagación convencional. *Quebracho Vol.25(1,2):69-79*. <http://www.scielo.org.ar/pdf/quebra/v25n2/1851-3026-quebra-25-2-00069.pdf>
- Sánchez, M. (2019). *Prendimiento de Bursera graveolens (kunth) Triana & Planch (2011), en etapa de vivero usando combinación de sustratos y enraizante natural*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí] Repositorio UNESUM. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1752/1/UNESUM-ECU-FORESTAL-2019-11.pdf>
- Vázquez, M., J.F., F., & L., S. (2005). *Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas*. Quito: EcoCiencia. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/45637.pdf>
- Yagual, A (2022). *Evaluación de tres tipos de sustrato y tres dosis de auxinas en la propagación de estacas de Bursera graveolens (Kunt) Triana & Planch*. [Tesis

para obtener el título de Ingeniero Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Riobamba Ecuador.

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones

