

EL LINÁLOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina), ESPECIE MADERABLE AMENAZADA: UNA ESTRATEGIA PARA SU CONSERVACIÓN

LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski Calderon & Medina), THREATENED SPECIES WITH TIMBER AND INDUSTRIAL POTENTIAL: A STRATEGY FOR ITS CONSERVATION

Arellano-Ostoa, G.¹, González-Bernal, S². Arellano-Hernández, G.^{1*}

¹Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad–Fruticultura, Colegio de Posgraduados, *Campus* Montecillo, Km 36.5 carretera México-Texcoco, Texcoco México CP 56230. ²P.S. Ing. Agrícola egr. FESC-UNAM, Km. 2.5 de la Carretera Cuautitlán Teoloyucan, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, México. CP. 54714.

*Autor responsable: arellano@colpos.mx

RESUMEN

El árbol de lináloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina), es una especie amenazada, debido a la sobreexplotación que ha sufrido en los estados mexicanos de Puebla, Guerrero, Morelos y Oaxaca. El uso principal es la fabricación de las artesanías de Olinalá, Guerrero, que utilizan secciones de madera necrosada o "jaspe", lo cual incrementa su valor comercial y las identifica como artesanías originales debido a su apariencia y aroma. También se obtiene aceite esencial por la destilación de la madera y frutos que se utiliza en las industrias de perfumería y farmacéutica. Estas actividades implican la explotación de las poblaciones naturales que se han realizado sin considerar programas de manejo sustentable. En este trabajo se presenta una alternativa para la propagación del lináloe, a través del enraizamiento de estacas de árboles adultos nativos seleccionados de la cuenca del río Balsas, México. Esta técnica permitirá a corto plazo establecer viveros en las zonas rurales y en forma mediata el establecimiento de plantaciones para la explotación sustentable de la especie.

Palabras clave: Estacas, enraizamiento, linalol, propagación, Burceraceae.

ABSTRACT

The LINALOE tree (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski Calderon & Medina), is a species endangered because of over-exploitation in the Mexican states of Puebla, Guerrero, Morelos and Oaxaca. Its main application is in the manufacture of handicrafts in Olinalá, Guerrero, where necrotic or "jaspe" wood sections are used, increasing their market value and identifying them as original crafts due to their appearance and aroma. Essential oil is also obtained from distillation of wood and fruits, and it is used in the perfume and pharmaceutical industries. These activities involve the exploitation of natural populations that has been conducted without regard to sustainable management programs. This study presents an alternative for the propagation of linaloe tree, through rooting of cuttings of mature native trees selected in the river Balsas basin, México. This technique will allow establishing nurseries in rural areas in the short-term, and in the mediate way establishing plantations for the sustainable exploitation of the species.

Key words: cuttings, rooting, linaloe, propagation, Burceraceae.



INTRODUCCIÓN

El género

Bursera agrupa a un centenar de especies leñosas distribuidas solo en el Continente Americano. Su centro de diversidad se localiza en México, donde hasta la fecha se conocen al menos 80 especies que habitan en los bosques tropicales a altitudes entre 650 y 1800 m, situados principalmente en la cuenca del río Balsas (Rzedowski *et al.*, 2005). El lináloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) es un miembro importante de este grupo y generalmente se trata de árboles de tamaño bajo a medio (5 a 15 m); se considera característico de comunidades maduras, ya que su presencia en los sitios perturbados es poco frecuente. Es una especie dioica, muy resinosa, con aroma agradable y penetrante. Presenta un tronco de hasta 60 cm de diámetro, con corteza gris-rojiza, no exfoliante y con ramillas lignificadas rojizas oscuras. Su floración se presenta de mayo a principios de julio y se encuentra desprovisto de follaje durante los meses de noviembre a mayo (Figura 1) (Rzedowski y Kruse, 1979).

El lináloe se conoce mundialmente por el fino aroma de su aceite esencial; en México se ha explotado de forma intensiva desde el siglo XIX, siendo Francia e Inglaterra los principales mercados para la madera y el aceite esencial. Desde fines del siglo XIX y durante la primera mitad del XX, en México se destiló el aceite que se exportaba a Estados Unidos de América y Europa para ser utilizada por la industria de la perfumería. Sin embargo, los ingleses se llevaron propágulos de plantas mexicanas de *B. delpechianum* a la India para su cultivo comercial, produciendo a la fecha cerca de 50 toneladas de aceite



Figura 1. Corteza gris-rojiza de lináloe (*Bursera linanoe*) y frutos de un ejemplar de Chiautla, Puebla, México.

al año, lo que les ha permitido abastecer de linalol a las industrias especializadas en todo el mundo y desplazar al aceite proveniente de México (Hussain, 1993; Hersch-Martínez, 2005). Además de lo anterior, la especie se usa para artesanías en los estados de Puebla, Guerrero, Morelos y Oaxaca, causando sobreexplotación, sin un programa de sustentabilidad, por lo que la especie se ha visto amenazada (Figura 2).

MATERIALES Y MÉTODOS

Estrategias de propagación

La propagación vegetativa de esta especie, así como de otras del mismo género, sería importante ya que su establecimiento en sitios perturbados aceleraría la sucesión y ayudaría a restablecer la composición y estructura de las comunidades naturales (Bradshaw, 1987; Bonfil-Sonders *et al.*, 2007). El lináloe es una especie recalcitrante para su propagación por semilla, dado que únicamente 10% de éstas germinan (Andrés-Hernández y Espinosa-Organista, 2002) debido a la dureza de las cubiertas seminales y su impermeabilidad al agua y al oxígeno. Por otro lado, en trabajos publicados sobre la propagación vegetativa de esta especie se ha mencionado un enraizamiento



Figura 2. Artesanías de Olinálá, Guerrero hechas de *Bursera linanoe*.

de entre 17% y 40%, utilizando material juvenil (Bonfil-Sanders *et al.*, 2007; Castellanos-Castro y Bonfil-Sanders, 2010). Es importante considerar que el proceso de formación de raíces adventicias en varias especies leñosas es afectado por la variación genética, el estado ontogénico del tejido, características fisiológicas del brote y los tratamientos que se aplican a las estacas después de que son cortadas (Bonga, 1982), además de que las diferencias en la respuesta entre materiales del mismo genotipo se puede atribuir a: cambios fisiológicos a escala hormonal, edad ontogénica del propágulo y factores ambientales como temperatura, humedad, luz y nutrición mineral (Marks *et al.*, 1998; Howard, 1996). Al parecer, los niveles de auxina limitan el enraizamiento en muchas especies consideradas difíciles, de modo que se requiere una aplicación exógena para contrarrestar los bajos niveles y favorecer el enraizamiento (De Klerk *et al.*, 1999).

Selección de individuos nativos

Se seleccionó en campo y recolectó el material vegetativo de árboles nativos de lináloe (*Bursera linanoe*) en las localidades de Chiautla, Puebla, Olinálá, en el estado de Guerrero, y la Tigra, Morelos (Figura 3). La recolecta fue llevada a cabo durante las cuatro épocas del año (invierno, otoño, primavera y verano) para evaluar el potencial de enraizamiento *in vivo*. Se usó el hábito de crecimiento como parámetro para seleccionar a los árboles que podrían ser utilizados para la producción de madera (hábito erecto) y de aceite (hábito ramificado). Además se

consideró el sexo de los individuos para el mismo fin, es decir, individuos machos para uso potencial maderable e individuos hembra para uso industrial (Cuadro 1).

Se obtuvieron estacas procedentes de la parte basal (Rb) y de la copa (C) del mismo árbol (Ballester *et al.*, 1999; Vidal *et al.*, 2003) (Figura 4). Las estacas se recolectaron durante los meses de octubre-noviembre (otoño), diciembre-febrero (invierno), marzo-mayo (primavera) y julio-agosto (verano) para determinar la mejor época de enraizamiento. En la mayoría de los casos la longitud final de las estacas fue de entre 15 cm a 20 cm, con presencia o no de hojas, según la época de evaluación.

Cuadro 1. Características de los árboles de lináloe (*Bursera linanoe*) seleccionados en la Cuenca del Río Balsas, México para propagación asexual.

Clon	Procedencia	Hábito/sexo	Uso
CP1	Puebla	Ramificado/macho	Maderable
JCP	Puebla	Ramificado/hembra	Industrial
2CP	Puebla	Erecto/macho	Maderable
OEAL1	Guerrero	Ramificado/hembra	Industrial
OEAL2	Guerrero	Ramificado/hembra	Industrial
OEJ	Morelos	Ramificado	Industrial



Figura 3. Individuos seleccionados de lináloe (*Bursera linanoe*) recolectados en localidades de: A: Guerrero, B: Morelos, C: Oaxaca y D: Puebla.

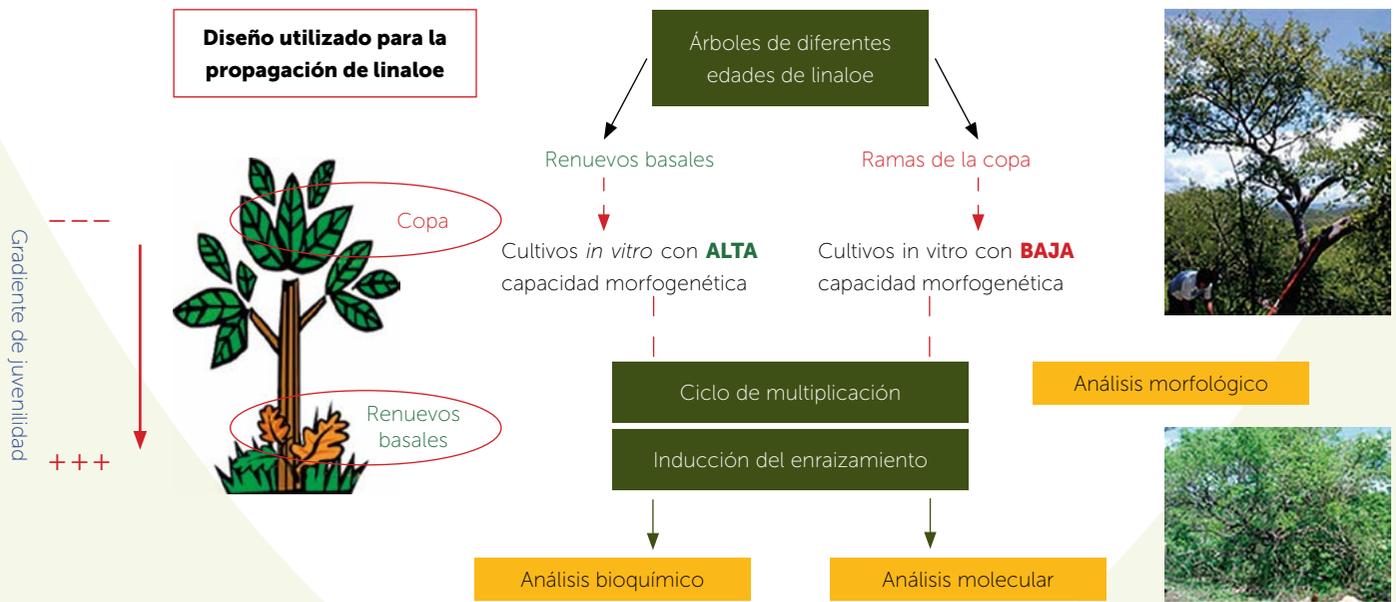


Figura 4. Modelo experimental utilizado para la clonación de árboles de lináloe (*Bursera linanoe*) seleccionados para propagación asexual. Modificado de Ballester *et al.* (1999).

En cada época del año se realizaron dos experimentos independientes. Se evaluó la aplicación del producto comercial Radix® 10,000 (i.a. ácido indol-3-butírico (AIB) 10,000 ppm) y para conformar los tratamientos (T0-T4) el p.c. se diluyó con talco al 0%, 10%, 20%, 40% y 80%. Se evaluó la aplicación a nivel reactivo de AIB y el ácido nafalén acético (ANA) en concentraciones de 10,000 mg kg⁻¹; el RAIZONE* PLUS (i.a. 3% AIB y 0.06% Alfa-naftilacetamida) en polvo; la mezcla líquida de 5,000 mg kg⁻¹ ANA+5,000 mg kg⁻¹ AIB y el testigo sin hormonas. Para cada clon o árbol seleccionado se usaron entre 20 y 35 estacas por tratamiento, según la cantidad de material disponible por individuo.

En la preparación de las estacas se retiraron dos terceras partes de las hojas, (verano); posteriormente se realizó un corte transversal en la base de la estaca en la parte inferior donde se ubicara una yema, y un corte inclinado por arriba de otra yema en la parte superior. Las estacas se trataron con una solución de 2 g L⁻¹ del fungicida a base de benomilo por 30 minutos. Posteriormente se les aplicó el tratamiento con el enraizador a la concentración indicada, en forma de polvo o líquido (Figura 5, 6).

Las estacas se establecieron en una cámara de enraizamiento bajo condiciones de invernadero, manteniendo la humedad relativa cercana a 100% con la ayuda de un sistema de nebulización intermitente y la temperatura

del sustrato a 28 °C, por medio de resistencias eléctricas. La temperatura media del aire en la cámara fue de 25 °C y la mínima de 18 °C. Se utilizó una mezcla base de sustrato de 2:1 v/v peat moss y agrolita, la cual no requiere esterilización. Después de 60 días se evaluaron las siguientes variables por tratamiento y por época del año: Porcentaje de enraizamiento (% ER), número de raíces por estaca (NR), longitud radical (LR), porcentaje de estacas vivas sin enraizar (EV), porcentaje de estacas muertas (EM), porcentaje de estacas con callo (% Callo) y número de estacas brotadas con y sin raíz (PB). Cada siete días se realizaron aplicaciones de fungicidas y bactericidas a las estacas, excepto en las épocas donde no había hojas. Con relación a los sustratos, se usaron materiales del lugar de origen de la especie y otros comerciales para producción de plantas en vivero.

RESULTADOS

Efecto de la concentración de Radix® (verano)

El porcentaje máximo de enraizamiento obtenido (27%) fue muy bajo, comparado con los valores registrados en otras especies del género *Bursera* spp., lo que demuestra que el lináloe es una especie de difícil enraizamiento. Bonfil-Sanders *et al.* (2007) encontraron que el rango en la formación de callo fue de entre 40% y 100% en siete especies de *Bursera*, mientras que el de raíces osciló entre 18% y 70%. Esta dificultad se agrava cuando



Figura 5. Secuencia de la preparación de estacas de lináloe (*Bursera lináloe*) con enraizador en polvo: A, B, C: Enraizamiento en invernadero, Montecillo, Texcoco, Estado de México. D, E, F: Enraizamiento en Vivero en Olinálá, Guerrero.

se parte de material adulto que procede de áreas rurales, por lo que es necesario el diseño de estrategias adecuadas de propagación para obtener individuos con calidad que reciban un mantenimiento correcto dentro de un programa de manejo de viveros. La Figura 7 muestra que las estacas con hojas colectadas en el verano, de los árboles nativos seleccionados en Puebla, tuvieron un enraizamiento diferente. El clon CP1 en su modalidad (Rb), es decir, con características juveniles, fue el

que obtuvo el mayor porcentaje de enraizamiento (27%) con el producto Radix® 10,000 diluido al 80%. Con esta concentración, el mismo material CP1 en su modalidad (C), que presentó características adultas, tuvo un enraizamiento ligeramente mayor (14%) al resto de los clones evaluados (JCP y 2CP). Estos resultados sugieren que el lináloe presenta variabilidad genética para la capacidad de enraizamiento, resultados que fueron constatados cuando se evaluaron individuos

procedentes de los estados de Guerrero y Morelos.

Cabe indicar que las estacas de todos los clones evaluados que sirvieron como testigo no formaron raíces adventicias, lo que puso de manifiesto que el uso de las auxinas es imprescindible para inducir la formación de raíces. Se observó también que sin la aplicación de auxina o enraizador se produjo mayor porcentaje de callo en la base de las estacas de los clones evaluados.



Figura 6. Preparación de las estacas con hojas de lináloe (*Bursera lináloe*). A: Enraizador líquido, B: Enraizador en polvo, C: Condiciones de nebulización.

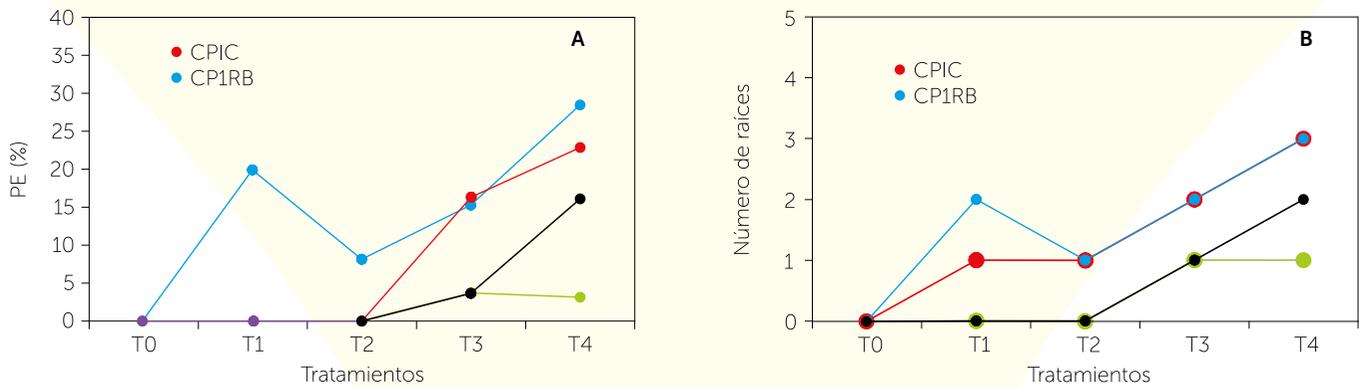


Figura 7. Estacas enraizadas de *Bursera linanoe* durante la época de verano con diferentes diluciones del enraizador Radix® 10,000. T0= Testigo; T1=10%; T2=20%; T3=40% y T4=80%. A: Porcentaje de enraizamiento (PE) y (B) número promedio de raíces por estaca, de los clones evaluados de lináloe colectados en Chiautla, Puebla.

Algunos autores mencionan que la formación de callo podría suponer que existe un mayor potencial para obtener éxito en el desarrollo de las raíces (Bonfil-Sanders *et al.*, 2007); sin embargo, en este estudio se observó que en todos los clones evaluados se presentó alto porcentaje de callo el cual, aun después de 60 días, no culminó con el desarrollo de raíces (Figura 8, 9). Estos resultados están en línea con lo mencionado por Hartmann *et al.* (1990) y Vidal *et al.* (2003) en el sentido de que la formación de callo en muchos casos no conlleva a la formación de raíces, o bien, son eventos antagónicos.

Se pudo observar que en las épocas de otoño e invierno no hubo enraizamiento; por tal motivo, se tomó la decisión de evaluar nuevamente la época de verano, la cual sí había presentado un efecto positivo en la formación

de raíces en los árboles colectados en Chiautla, Puebla. Para este estudio se colectaron muestras de árboles seleccionados en la región de Ixcamilpa, Puebla y Olinalá, Guerrero y fueron sometidos a tratamientos con enraizador, aplicados tanto en forma de polvo como líquida.

Efecto del tipo de enraizador en forma líquida (verano)

La Figura 10 muestra que existió un comportamiento diferencial entre clones en la respuesta al enraizamiento. Los clones tuvieron su mejor respuesta con Radix® 10,000 (OEJ1 con 33%) y ANA 10,000 ppm para OEAL1 (25%) y OEAL2 (21%). Sin embargo, el clon OEAL1 enraizó con todos los tratamientos probados, excepto con el testigo. Los tratamientos que mejor respondieron a la formación de raíces fueron el Radix® 10,000 en polvo sin diluir y la aplicación líquida de ANA 10,000 mg kg⁻¹.



Figura 8. Estacas enraizadas de lináloe (*Bursera linanoe*) en época de verano con Radix® 10000 al 80%. A: Estaca juvenil con tres raíces, después de 10 semanas de iniciado el proceso. B, C, D: Estacas enraizadas derivadas de la copa del clon CP1. E: Estaca que formó una raíz muy débil y F: Estaca que generó solo callo.

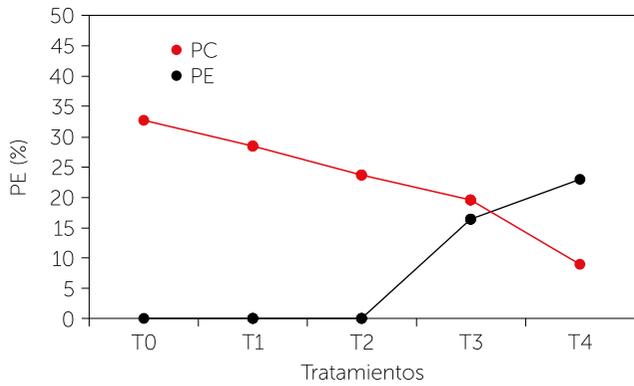


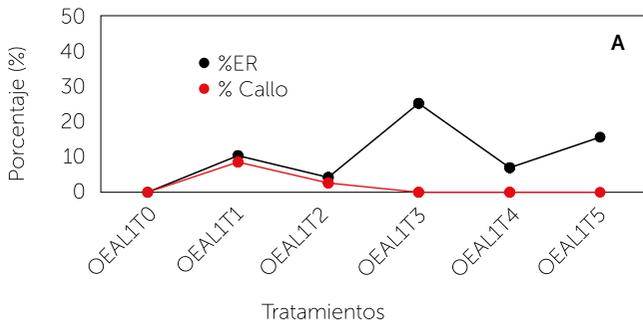
Figura 9. Evaluación de enraizamiento en el clon CP1c de lináloe (*Bursera linanoe*), mostrando la relación inversa entre (% ER) y producción de callo (% Callo). Se usaron diferentes diluciones de Radix® 10000. T0= Testigo; T1= 10%; T2= 20%; T3=40% y T4=80%.

El tratamiento testigo sin aplicación de auxina no logró generar raíces. Estos datos coinciden con aquellas especies que enraizan con dificultad, las cuales requieren

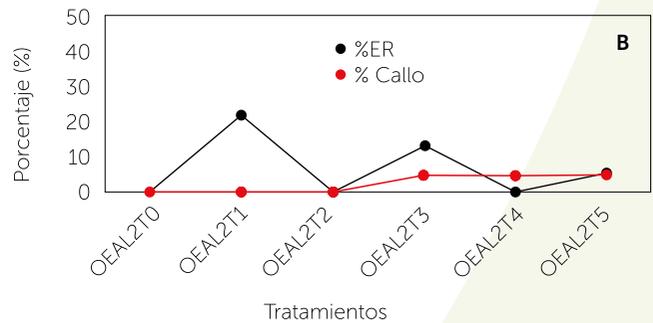
de un tratamiento con algún producto que contribuya a mejorar el porcentaje de estacas enraizadas y la calidad del sistema radical formado. Hatmann y Kester (1988) mencionan que al tratar las estacas con sustancias reguladoras de crecimiento (fitohormonas) del tipo auxínico aumenta el número de las que forman raíces y se acelera su iniciación, así como el número, la calidad y la uniformidad del enraizamiento.

La aplicación líquida de ANA a una concentración de 10,000 ppm (T3) se usó en los clones OEJ1, OEAL1 y OEAL2, practicando un anillado en la base de las estacas antes de la aplicación de la auxina. Los resultados indicaron que la forma de aplicación de la auxina puede ser un factor importante en la respuesta al enraizamiento ya que las estacas que fueron anilladas y tratadas posteriormente con el regulador líquido presentaron un incremento significativo en la respuesta, logrando 46% de enraizamiento con cinco y seis raíces por estaca de buena calidad (Tratamiento OEAL 1 y 2) (Figura 11).

Enraizamiento de estacas del clon olinala adulto límite 1 (OEAL1) tratadas con diferentes auxinas y formulaciones a 10000 mg/L en la época de verano. Localidad Guerrero 2009



Enraizamiento de estacas del clon olinala adulto límite 2 (OEAL2) tratadas con diferentes auxinas y formulaciones a 10000 mg/L en la época de verano. Localidad Guerrero 2009



Enraizamiento de estacas del clon olinala juvenil 1 (OEJ1) tratadas con diferentes auxinas y formulaciones a 10000 mg/L en la época de verano. Localidad Guerrero 2009.

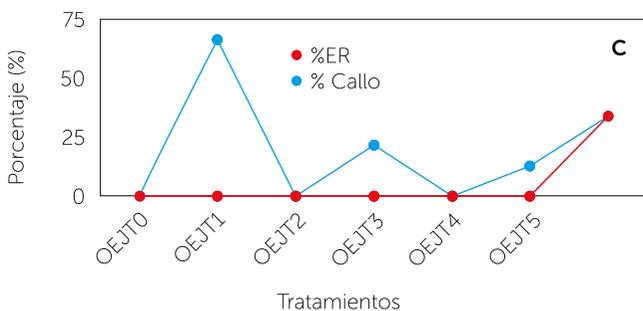


Figura 10. Respuesta de las estacas enraizadas de tres clones de *Bursera linanoe* colectados durante la época de verano en Olinalá, Guerrero. (T1)=Radix® polvo 10000 al 100%; (T2)=ácido indol-3- butírico (AIB) 10,000 mg kg⁻¹ forma líquida; (T3)=ácido naftalén acético (ANA) 10,000 mg kg⁻¹ forma líquida; (T4)=Raizone Plus en polvo; (T5)=Combinación líquida de 5,000 ppm ANA+5,000 mg kg⁻¹ AIB y (T0)=Testigo.

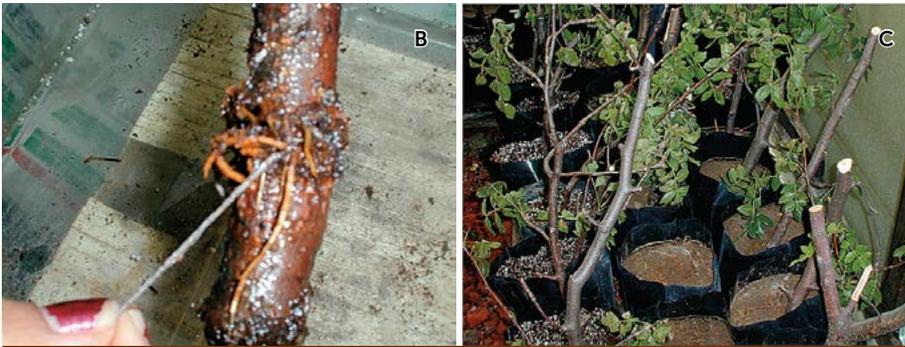
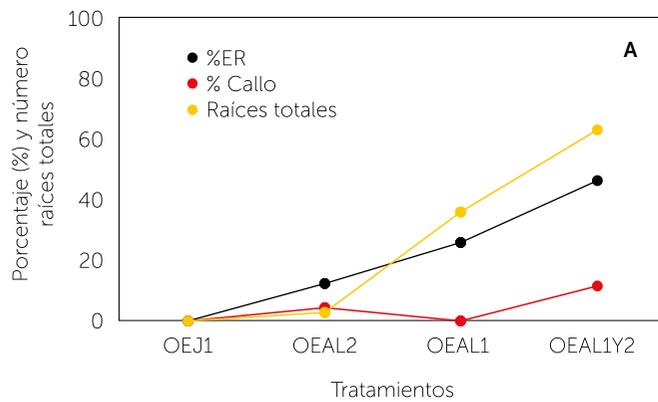


Figura 11. A: Porcentaje de enraizamiento de estacas de los clones de *Bursera linanoe* tratadas con ANA 10,000 ppm en forma líquida colectados en verano en Olinalá, Guerrero. B: El anillado de la estaca incrementó el porcentaje de enraizamiento y el número de raíces. C: Estacas enraizadas y establecidas en maceta.

Castellanos-Castro y Bonfil-Sanders (2010) mencionan que estacas de un clon juvenil de Cuicatlán, Oaxaca recolectadas a mediados de primavera, cuando el árbol aún permanecía sin hojas, se dejaron orear durante 15 días al ambiente en condiciones de sombra y, posteriormente, se colocaron en una tina con enraizador en solución durante 48 horas. Después de ese tiempo las estacas se mantuvieron en agua más fungicida durante dos meses. El resultado fue el enraizamiento de 60% de las estacas con 3-5 raíces por estaca a partir de la sexta semana, atribuido al estado juvenil del árbol donante. La condición sanitaria es otro factor importante que debe considerarse, sobre todo cuando el material proviene de sitios naturales no perturbados, ya que la presencia de patógenos no sólo reduce el porcentaje de enraizamiento, sino también el número de raíces que podrían formar las estacas. El mantenimiento de las condiciones ambientales durante el proceso de enraizamiento es muy importante, sobre todo en las épocas donde las estacas tienen hojas. Es esencial que éstas mantengan su turgencia y que tengan un potencial de agua elevado, ya que representan un fuerte estímulo para la formación de raíces por la producción de carbohidratos y auxinas. Por el contrario, la pérdida de agua puede reducir la turgencia de las estacas a un nivel tan bajo que provoque la muerte antes de formar raíces. Es recomendable mantener saturada la atmósfera (100% H.R.) durante las primeras cuatro semanas del proceso, disminuyendo gradualmente la humedad en las siguientes dos hasta 75%. Las temperaturas registradas en la cámara durante el proceso de enraizamiento oscilaron entre 21 °C y 25 °C en el día y de 15 °C a 18 °C por la noche. El calor de fondo tuvo

El largo tiempo requerido para el enraizamiento es otra característica de esta especie, ya que en todos los ensayos se observó que se requiere de un periodo de ocho a diez semanas para la formación de raíces adventicias. Un dato relevante fue el efecto marcado de la temporada del año en la que se colectaron las muestras. A pesar de tratarse de una especie caducifolia, en el caso del lináloe la época de reposo no fue adecuada para inducir el enraizamiento en ninguno de los árboles evaluados. El comportamiento de esta especie es más parecido al que guardan las perennifolias de hoja ancha, las cuales tienen uno o más periodos de crecimiento durante el año; se pueden obtener estacas en las épocas relacionadas con dichos periodos (finales de primavera y verano). Se podría incrementar el éxito de enraizamiento si las estacas se toman después de que se ha completado un ciclo de crecimiento y la madera está parcialmente madura, lo que puede ocurrir de primavera a fines de verano. Se registró que la brotación de las estacas no es una variable confiable para evaluar el enraizamiento de la especie, ya que hubo algunas brotadas después de dos meses de aplicados los tratamientos con auxinas; sin embargo, 80% de las estacas no presentaron raíces adventicias, pero sí callo abundante. Esto podría atribuirse a la acumulación de reservas que tiene la estaca al momento de la recolecta y al alto contenido de aceite en tallos y hojas. Probablemente esta sustancia se use para obtener la energía necesaria que permita la supervivencia de las estacas por largo tiempo en el sustrato, sin la emisión de raíces (Figura 12).

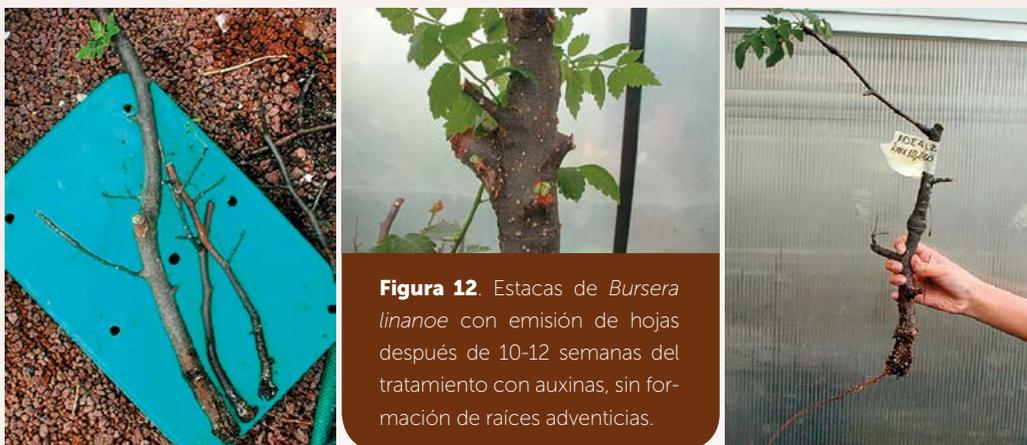


Figura 12. Estacas de *Bursera lináloe* con emisión de hojas después de 10-12 semanas del tratamiento con auxinas, sin formación de raíces adventicias.

como objetivo que las temperaturas elevadas en el ambiente tendieran a estimular el desarrollo de las yemas vegetativas con anticipación al inicio y desarrollo de las raíces adventicias, por lo que se mantuvo en 27 °C durante las primeras cuatro semanas del proceso.

Efecto del diámetro de las estacas

En relación con la mezcla de sustrato, la realizada a partir de tierra del lugar más tierra de vega de río y arena, en proporción de 1:1:1 v/v, provocó un ambiente negativo para la estaca ya que, dependiendo de la humedad, ésta puede tener cierta dureza y dificultar la aireación y el drenaje, mientras que la comercial de peat moss, tezontle y agrolita en proporción 1:1:1 v/v fue la que mejores resultados ofreció para el enraizamiento y el mantenimiento de humedad y aireación durante el proceso. Independientemente del tipo y de la concentración del enraizador y sustrato, las estacas con diámetros menores a 2 cm presentaron menor porcentaje de raíces, mientras que aquéllas con diámetros entre 3-4 cm fueron las que mejor respondieron al enraizamiento.

CONCLUSIONES

El árbol de lináloe presenta variabilidad en la capacidad de enraizamiento y requiere un tratamiento con auxinas para lograrlo. Las épocas de primavera y verano son las más propicias para inducir el enraizamiento y cuando se trate de árboles adultos se debe utilizar material con características juveniles. La concentración óptima de auxina para enraizamiento oscila entre 8,000 y 10,000 mg kg⁻¹. Se pueden establecer viveros en las comunidades rurales de la selva baja caducifolia para establecer plantaciones comerciales en los estados de Puebla, Guerrero, Oaxaca y Morelos, México.

LITERATURA CITADA

- Andrés-Hernández A.R., Espinosa-Organista D. 2002. Morfología de plántulas de *Bursera* Jacq. Ex L. (Burseraceae) y sus implicaciones filogenéticas. Bol. Soc. Bot. México 70:5-12.
- Ballester A., San-José M.C., Vidal N., Fernández-Lorenzo J.L. y Vieitez A.M. 1999. Anatomical and biochemical events during *in vitro* rooting of microcuttings from juvenile and mature phases of chestnut. Ann. Bot. 83: 619-629.
- Bonfil-Sanders C., Mendoza-Herández P., Ulloa-Nieto J. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Bursera*. Agrociencia 41:103-109.
- Bonga J.M. 1982. Vegetative propagation in relation to juvenility, maturity and rejuvenation. En: Tissue culture in forestry. Bonga J.M., Durzan, D.J. (eds). Martinus Nijhoff/W. Junk Publishers. The Hague. 387-412.
- Bradshaw A.D. 1987. The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. In: Jordan III, W. R., Gilpin M. E., and J. D. Aber (eds). Restoration Ecology. Cambridge University Press. Cambridge. pp: 53-74.
- Castellanos-Castro C., Bonfil-Sanders C. 2010. Establecimiento y crecimiento inicial de estacas de tres especies de *Bursera* Jacq. ex L. Rev. Mex. Cien. For Vol. 1 (2): 93-108.
- Davies F.T., Hartmann H.T. 1988. The physiological basis of adventitious root formation. Acta Hort. 227: 113-120.
- De Klerk G.J., Van Der Krieken W., De Jong J.C. 1999. The formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. *In Vitro Cell. Dev. Biol. -Plant* 35: 189-199.
- Hackett W.P. 1985. Juvenility, maturation and rejuvenation in woody plants. Hort. Rev. 7: 109-155.
- Haissig B.E. 1986. Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. En: New root formation in plants and cuttings. Jackson, M.B. (Ed). Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht. The Netherlands. pp: 141-189.
- Hartmann H.T., Kester D.E., Davies F.T. 1990. Plant propagation: Principles and practices. 4th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hersch P.M. 2005. Lináloe En: La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales. López C., S. Chanfón, G. Segura (eds). SEMARNAT-CONAFOR pp. 40-47.

- Howard B.H. 1996. Relationships between shoot growth and rooting of cuttings in three contrasting species of ornamental shrub. *J. Hortic. Sci.* 71: 591-605.
- Hussain A. 1993. Linaloe (*Bursera depelchiana* Poisson ex Engl.; Family Burceraceae. En: Essential oil plants and their cultivation. CIMAP Lucknow, India pp.11-13.
- Marks T.R., Cameron, R.W.F., Harrison-Murray, R.S., Ford, Y-Y. y Fordham, M.C. 1998. Rooting cuttings; practical benefits from physiological research. *Rhizopon* 30.
- Rzedowski J., Kruse H. 1979. Algunas tendencias evolutivas en *Bursera* (Burseraceae). *Taxon* 28:103-116.
- Rzedowski J., Medina L., Calderón de Rzedowski G. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera*. *Acta Bot. Mex.* 70:85-111.
- Vidal N., Arellano G., San-José M.C., Vieitez A.M., Ballester A. 2003. Developmental stages during the rooting of *in-vitro*-cultured *Quercus robur* shoots from material of juvenile and mature origin. *Tree Physiology* 23:1247-1254.

