



CIENCIA ergo-sum, Revista Científica
Multidisciplinaria de Prospectiva
ISSN: 1405-0269
ISSN: 2395-8782
ciencia.ergosum@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma del Estado de México
México

Acumulación de biomasa en estacas de cuatro especies de *Bursera* en Oaxaca

García-Aguilar, Juan Ángel; jonathanluna_cedeno@hotmail.com, Jesús Jonathan; Rodríguez-Ortiz, Gerardo; Leyva-López, José Cristóbal

Acumulación de biomasa en estacas de cuatro especies de *Bursera* en Oaxaca

CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, vol. 28, núm. 2, 1, 2021

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10466283010>

DOI: <https://doi.org/10.30878/ces.v28n2a9>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Acumulación de biomasa en estacas de cuatro especies de Bursera en Oaxaca

Biomass accumulation in cuttings of four species of Bursera in Oaxaca

Juan Ángel García-Aguilar

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México
gaja_9010@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9342-2154>

DOI: <https://doi.org/10.30878/ces.v28n2a9>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10466283010>

Jesús Jonathan jonathanluna_cedeno@hotmail.com

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México
jonathanluna_cedeno@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5900-3087>

Gerardo Rodríguez-Ortiz

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México
gerardo.rodriguez@voaxaca.tecnm.mx

 <https://orcid.org/0000-0003-0963-8046>

José Cristóbal Leyva-López

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México
jose.ll@voaxaca.tecnm.mx

 <https://orcid.org/0000-0002-7930-8467>

Recepción: 11 Febrero 2020

Aprobación: 26 Agosto 2020

RESUMEN:

Se evalúa la acumulación de biomasa en estacas de cuatro especies de *Bursera* durante cuatro estaciones del año, en cinco sustratos bajo condiciones de invernadero. Se establecieron bajo un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial para aplicarles muestreo destructivo al final de cada estación del año (2013) y calcular biomasa estructural. El factor especie y estación de crecimiento mostraron efectos en la acumulación de biomasa. *Bursera fagaroides* acumuló mayor biomasa en raíz, ramas y hojas (2.85, 1.67 y 3.76 g/planta respectivamente); junto con *B. glabrifolia* presentó mayor área foliar (386.34 y 205.65 cm²/planta respectivamente), buena relación biomasa aérea/biomasa subterránea y porcentajes de supervivencia altos (78 y 58% respectivamente).

PALABRAS CLAVE: *Bursera galeottiana*, *Bursera fagaroides*, *Bursera glabrifolia*, *Bursera bipinnata*, muestreo destructivo.

ABSTRACT:

Biomass accumulation in cuttings of four *Bursera* species during four seasons of the year, in five substrates under greenhouse conditions was evaluated. Cuttings were established under a completely randomized experimental design with factorial arrangement to apply destructive sampling at the end of each season of the year and to calculate structural biomass. The species factor and growing season showed effects on biomass accumulation. *Bursera fagaroides* accumulated higher biomass in roots, branches and leaves (2.85, 1.67 and 3.76 g/plant, respectively), along with *B. glabrifolia* showed higher leaf area (386.34 and 205.65 cm²/plant, respectively), good aboveground biomass/ground biomass ratio and high survival percentages (78 and 58%, respectively).

KEYWORDS: *Bursera galeottiana*, *Bursera fagaroides*, *Bursera glabrifolia*, *Bursera bipinnata*, destructive sampling.



INTRODUCCIÓN

México es el centro de diversidad del género *Bursera* con 80 especies, y su abundancia destaca sobre la Vertiente del Océano Pacífico y la Depresión del Balsas (Bonfil-Sanders *et al.*, 2007). Los estados con mayor diversidad de acuerdo con Rzedowski *et al.* (2005) son Guerrero, Michoacán y Oaxaca; este último hospeda un aproximado de 45 especies y sus principales centros de diversidad son la cuenca alta del río Papaloapan, la parte media y baja de la cuenca del río Tehuantepec y la cuenca del río Balsas. En este sentido, Valles Centrales y la Costa de Oaxaca son los centros de menor trascendencia (Rzedowski y Calderón, 2004). Los árboles de este género son característicos de las selvas bajas caducifolias del estado de Oaxaca, en donde existen especies que son de importancia biológica y económica. Por ejemplo, *B. bipinnata* (Sessé & Moc. ex DC.) y *B. glabrifolia* (H.B.K.) Engl. son explotadas para la obtención de resina debido a su valor comercial, la cual también es utilizada en algunas localidades del estado para la fabricación de artesanías (alebrijes) (Rzedowski *et al.*, 2004; Montúfar, 2016). *Bursera galeottiana* Engl. y *Bursera fagaroides* Engl. se emplean en la medicina tradicional como analgésicos y desinfectantes, además contienen antioxidantes, propiedades anticancerígenas y tienen actividad inmunomoduladora (Reynoso-Orozco *et al.*, 2008; Loeza-Corte *et al.*, 2013). Sin embargo, las comunidades vegetales de estas especies están presentando modificaciones de tipo antropogénicas que las coloca en estado de vulnerabilidad, aunado a que presentan alto porcentaje de semillas vanas y germinación muy baja que dificulta la restauración de sus poblaciones naturales (Guevara-Fefer y Rzedowski, 1980; Ramos-Ordoñez *et al.*, 2016). Por lo tanto, existe la necesidad de buscar alternativas de propagación que faciliten el aumento del número de individuos en las poblaciones silvestres.

La propagación asexual mediante el estacado es una alternativa viable que se ha propuesto en *Bursera* debido a que las estacas suelen alcanzar una talla mayor en un tiempo más corto que por semillas, además el uso de material vegetal derivado de estacas posibilita que se obtenga un mayor número de plantas y pueda disminuir la gran mortalidad asociada a la fragilidad de las etapas iniciales de crecimiento de las plántulas, de igual manera favorecería abatir costos y minimizar el esfuerzo durante la restauración de un área (Castellanos-Castro y Bonfil, 2010). Uno de los aspectos que deben considerarse en la propagación asexual es el enraizado de las estacas, puesto que existen diversos factores como luz, temperatura, sustancias nutritivas, sustrato, pH, edad de la estaca y del árbol, interacción de los factores, entre otros (Sampayo-Maldonado *et al.*, 2016). Giraldo *et al.* (2009) y Rivera-Rodríguez *et al.* (2016) comentan que el sustrato en la propagación vegetativa de especies leñosas es un factor que influye en la formación de raíces y por lo tanto en la acumulación de biomasa en sus órganos.

De acuerdo con Hartmann *et al.* (2002), se pueden utilizar diferentes sustratos de forma individual o mezclada, de manera que el sustrato tenga buenas condiciones como humedad, aireación, drenaje y temperatura. En este sentido, en la propagación de especies de *Bursera* se han utilizado sustratos que contienen mezclas en diferentes proporciones de arena, tierra negra, compost, sedimentos de río, etc. (Bonfil-Sanders *et al.*, 2007; Hernández *et al.*, 2013; Loeza-Corte *et al.*, 2013). No obstante que las burseras en el estado de Oaxaca son relevantes para los ecosistemas, además de la situación de vulnerabilidad en la que se encuentran, existen pocos reportes acerca de la propagación vegetativa. Más aún, la inexistencia de información documentada acerca de la evaluación de los sustratos donde las especies mejor se desarrollan. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar la acumulación de biomasa en estacas de cuatro especies de *Bursera* durante cuatro estaciones del año, en cinco sustratos bajo condiciones de invernadero.



1. MATERIALES Y MÉTODOS

1. 1. Colecta y procesamiento de estacas

El material biológico utilizado se obtuvo en ecosistemas de selva baja caducifolia en el paraje El Anonal, en Santa María Ayoquezco de Aldama, Oaxaca, que se localiza en las coordenadas $16^{\circ} 41' 25.24''$ LN y $96^{\circ} 49' 54.19''$ LO, a una altitud de 1 468 m. En marzo de 2013 se seleccionaron árboles de *B. fagaroides*, *B. glabrifolia*, *B. galeottiana* y *B. bipinnata* con las mejores características fenotípicas, visiblemente sanos y vigorosos, a los cuales se les cortaron ramas poco lignificadas de la parte media del árbol para obtener estacas de 30 cm de longitud, con diámetros entre 3 y 5 cm (Loeza-Corte *et al.*, 2013). La distancia de separación entre los árboles seleccionados de la misma especie fue de 200 m.

Las estacas se establecieron el mismo día de la colecta en un invernadero del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, por lo que se realizaron dos incisiones paralelas en la parte basal para aplicarles enraizador en polvo con actividad fitorreguladora (Raizone Plus[®]), en una concentración de 600 ppm. En total se establecieron 500 estacas, 125 por cada especie de Bursera (*B. galeottiana*, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia* y *B. bipinnata*) en bolsas individuales de polietileno negro con capacidad de 9.42 dm³. Los sustratos utilizados fueron limo-turba 1:1, limo (100 %), turba (100 %), tierra común-turba 1:1 y turba-limo-tierra común 1:1:1. Como parte del mantenimiento a cada planta se le aplicó 1.5 l de agua cada tercer día, además de la limpia de malezas.

Se realizó muestreo destructivo a tres estacas por especie al final del mes en cada estación (primavera-junio, verano-septiembre, otoño-diciembre, invierno-marzo) durante un año. Consistió en separar las hojas, ramas, raíces y obtener su peso fresco (g) con la balanza analítica Ohaus[®] con capacidad de 210 g. En seguida se colocaron en bolsas de papel identificadas y se introdujeron en estufa de secado Memmert[®], modelo 100-800 a 72 °C hasta obtener peso constante y posteriormente se obtuvo el peso seco (g). La biomasa se calculó con el factor de conversión $B = Pf/Ps$, donde B = biomasa (g), Pf = peso fresco (g), Ps = peso seco (g). Se calculó la variable área foliar (AF, cm²) para observar el desarrollo del follaje, que consistió en el escaneo de las hojas de cada individuo con escáner HP[®] modelo Scanjet 4890 para después procesar la información en el programa ImageJ[®]. Al final del experimento se obtuvo el porcentaje de supervivencia (plantas vivas en relación con el número de plantas establecidas). Además, se calculó el índice estructural denominado *relación biomasa aérea/biomasa subterránea* para observar su proporción en la estaca.

1. 2. Diseño experimental y análisis estadístico

Se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas con el procedimiento Univariate y las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett para cumplir con esos supuestos. A las variables que no lo hicieron se les aplicó la transformación *arcoseno*, *coseno* y *log10*. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial $4 \times 5 \times 4$, donde se evaluaron cuatro especies de Bursera, cinco tipos de sustrato y cuatro estaciones anuales; la unidad experimental fue una estaca con tres repeticiones.

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para observar el efecto de los factores evaluados y su interacción sobre la biomasa en los diferentes órganos (ramas, hojas y raíces) de las estacas. Cuando se observó la significancia de los factores se aplicó la prueba de medias (Tukey, 0.05). Todos los procedimientos estadísticos fueron realizados en el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2004).

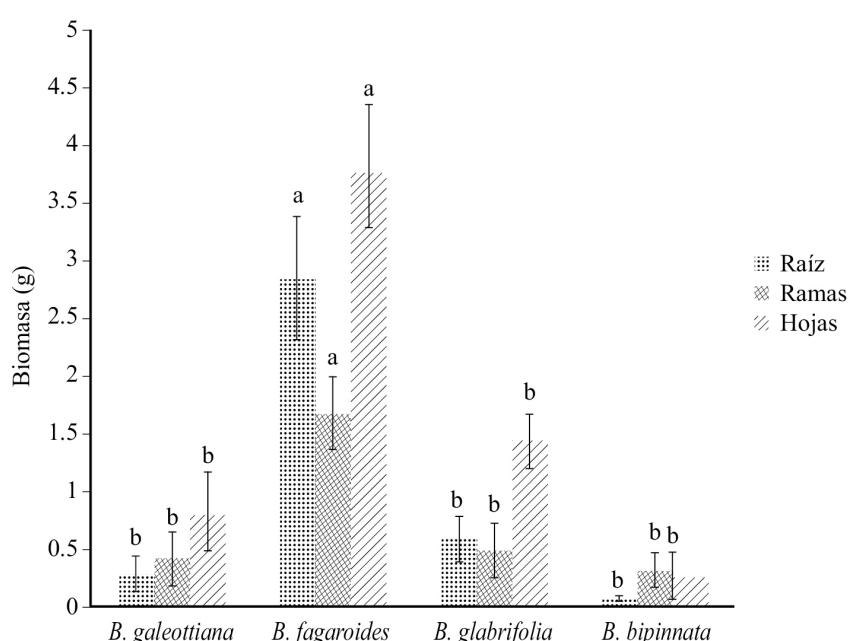


2. RESULTADOS

2. 1. Efecto de los factores sobre la acumulación de biomasa

De acuerdo con el análisis de varianza, el factor especie mostró diferencias estadísticas significativas en todas las variables evaluadas ($p \leq 0.05$), es decir, las especies mostraron acumulación de biomasa diferencial. Al respecto, *Bursera fagaroides* es la especie que obtuvo los valores más altos en las variables raíz, ramas y hojas (2.85, 1.67 y 3.76 g/planta respectivamente), mientras que el resto de burseras mostraron acumulación muy por debajo de esos valores. Sin embargo, las especies que acumularon biomasa en sus órganos vegetales fueron, en orden decreciente, *B. glabrifolia*, *B. galeottiana* y, por último *B. bipinnata* (gráfica 1).

En el factor sustrato y las interacciones de los factores no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$), por lo que no influyó en la aglomeración de la biomasa en el órgano de las estacas (gráfica 2).

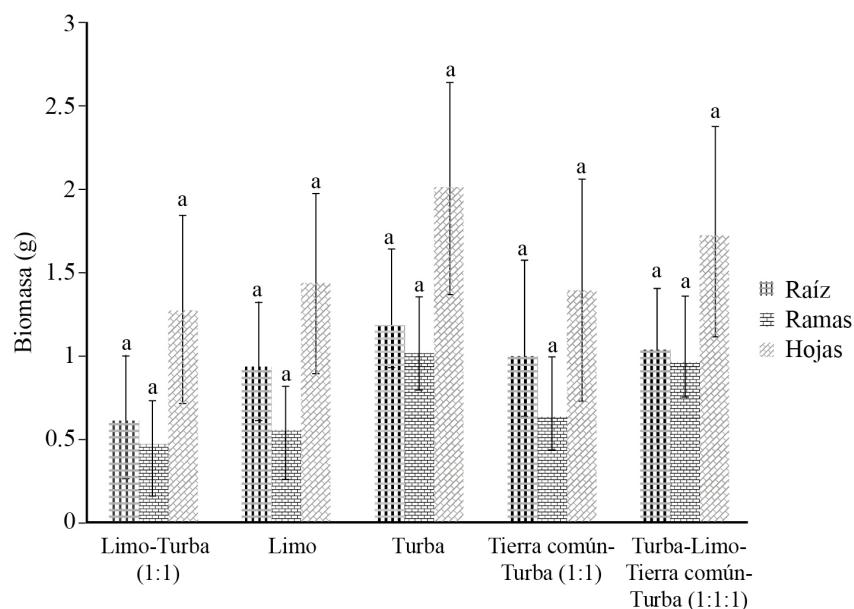


GRÁFICA 1

Acumulación de biomasa por planta en relación con el factor especie para cada órgano de la estaca

Fuente: elaboración propia. Nota: líneas verticales representan la desviación estándar.

Letras diferentes en barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).



GRÁFICA 2

Acumulación de biomasa por planta en relación con el factor sustrato para cada órgano de la estaca

Fuente: elaboración propia. Nota: líneas verticales representan la desviación estándar.

Letras diferentes en barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

2. 2. Acumulación de biomasa por planta y estación de crecimiento

En las estaciones de crecimiento se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$). *Bursera galeottiana* presentó menor acumulación de biomasa en la raíz en verano con 0.36 g, en tanto que en las demás estaciones fue mayor. En la variable ramas la estación de menor acumulación fue verano con 0.30 g, mientras que en invierno obtuvo la mayor acumulación 1.85 g. La acumulación de biomasa en las hojas en esta especie se mantuvo sin diferencias ($p = 0.63$).

Bursera fagaroides no evidenció diferencias estadísticas ($p > 0.05$) en el almacenamiento de biomasa en las variables evaluadas, es decir, que se mantuvieron constantes en las cuatro estaciones de crecimiento. *Bursera glabrifolia* reveló diferencias significativas ($p < 0.05$) en las tres variables (raíz, ramas y hojas); sin embargo, la estación de mayor acumulación en las tres variables fue primavera, mientras que en las demás estaciones fueron de menor cantidad.

Bursera bipinnata no mostró distinto almacenaje de biomasa en las variables raíz y ramas en las cuatro estaciones ($p > 0.05$), en tanto que las hojas obtuvieron acumulación diferente ($p = 0.04$); la estación de menor valor fue primavera (0.12 g), mientras que la cifra mayor se obtuvo en el otoño con 2.03 g (cuadro 1).

CUADRO 1

Biomasa acumulada (g/planta) en cada estación de crecimiento anual evaluado por especie de *Bursera*

Especie	Variable y significancia	Periodo			
		Primavera	Verano	Otoño	Invierno
<i>B. galeottina</i>	Raíz (0.01)	1.39±0.04 a	0.36±0.09 b	1.38±0.59 a	1.82±0.82 a
	Ramas (0.03)	1.52±0.23 ab	0.30±0.08 b	1.47±0.38 ab	1.85±0.83 a
	Hojas (0.63)	1.25±0.48 a	0.29±0.13 a	1.32±0.74 a	1.70±0.30 a
<i>B. fagaroides</i>	Raíz (0.87)	2.94±1.63 a	3.83±2.08 a	4.15±2.57 a	3.11±2.64 a
	Ramas (0.64)	1.38±0.88 a	2.02±1.73 a	2.60±1.27 a	2.33±1.07 a
	Hojas (0.96)	5.06±2.18 a	4.66±1.89 a	4.30±2.87 a	4.23±3.47 a
<i>B. glabrifolia</i>	Raíz (0.004)	2.41±0.91 a	0.81±0.07 b	1.32±0.08 b	0.93±0.31 a
	Ramas (0.006)	2.74±1.27 a	0.33±0.06 b	1.04±0.41 b	0.72±0.52 a
	Hojas (0.0001)	7.07±1.87 a	0.94±0.55 b	0.67±0.31 b	1.24±0.42 a
<i>B. bipinnata</i>	Raíz (0.88)	1.41±0.07 a	1.29±0.61 a	1.24±0.09 a	1.22±0.25 a
	Ramas (0.33)	1.51±0.44 a	0.75±0.42 a	2.93±1.91 a	1.32±0.36 a
	Hojas (0.04)	0.12±0.09 b	1.18±1.00 ab	2.03±1.75 a	1.03±0.22 a

Fuente: elaboración propia.

Nota: media se acompaña ± desviación estándar. Letras diferentes en filas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05)

Al final del año que duró el experimento, se obtuvo que *B. fagaroides* y *B. glabrifolia* fueron las especies con la mayor área foliar 386.34 y 205.65 cm² respectivamente. Lo anterior se reflejó en el porcentaje de supervivencia, es decir, que fueron las mismas especies con los más altos porcentajes de esta variable (78 y 58% respectivamente). De la misma manera, *B. fagaroides* obtuvo relación biomasa aérea/biomasa subterránea igual a 2.50. Este valor significa que la biomasa aérea es 2.5 veces mayor que la biomasa subterránea, mientras que las otras especies mostraron valores entre 2.08 y 2.25 (cuadro 2).

CUADRO 2

Valores promedio de área foliar, supervivencia y relación biomasa aérea/biomasa subterránea en estacas de *Bursera*

Especie	Área foliar (cm ²)	Supervivencia (%)	Biomasa aérea/ Biomasa subterránea
<i>B. galeottina</i>	82.58±38.91	22	2.12±0.46
<i>B. fagaroides</i>	386.34±64.69	78	2.50±1.96
<i>B. glabrifolia</i>	205.65±115.12	58	2.25±0.33
<i>B. bipinnata</i>	30.19±26.08	10	2.08±0.48

Fuente: elaboración propia.

Nota: la media se acompaña ± desviación estándar.



3. DISCUSIÓN

3. 1. Efecto de los factores sobre la acumulación de biomasa

López *et al.* (2008) comentan que en la formación y acumulación de la biomasa en las estacas de especies vegetales aún existe mucha controversia respecto a los factores que en ella influyen; sin embargo, Castellanos-Castro y Bonfil (2010) y Rodríguez *et al.* (2014) mencionan que las características genéticas de cada especie y condiciones del suelo son factores que influyen de manera significativa. No obstante, en este estudio la acumulación de biomasa en ramas, hojas y raíces de las estacas se basó principalmente en las capacidades propias de la especie y a la buena plasticidad en todos los sustratos evaluados.

Las especies que acumularon mayor biomasa en las estructuras vegetales de las estacas coinciden con Bonfil-Sanders *et al.* (2007), quienes al evaluar el enraizamiento y la formación de callos en siete especies de *Bursera* bajo condiciones de vivero en el estado de Morelos encontraron que *B. fagaroides* y *B. glabrifolia* fueron las mejores en comparación de las demás; sin embargo, discuten que es necesario ampliar las investigaciones que permitan contar con protocolos de propagación específicos para cada especie y así discernir el mayor o menor desarrollo de las estacas. Por ejemplo, *B. fagaroides* y *B. glabrifolia* producen callos y raíces muy fácilmente, incluso sin necesidad de aplicar la auxina ácido indolbutírico (AIB). En ese mismo estudio encontraron que *B. bipinnata* muestra mejor respuesta en las estacas con dosis bajas de AIB (1 500 ppm) a diferencia del trabajo de este artículo que sólo se aplicó una concentración de 600 ppm de AIB en todas las especies. Loeza-Corte *et al.* (2013) documentaron que la especie *Bursera galeottiana* alcanza mayor desarrollo y enraizado cuando las estacas son muy lignificadas, lo cual es diferente en este artículo, ya que se utilizaron estacas poco lignificadas, lo que podría explicar bajo desarrollo y acumulación de biomasa.

Cada estación del año trae consigo diferentes condiciones de luz, temperatura, humedad, entre otras, que influyen en la acumulación de biomasa en las especies vegetales (Villar *et al.*, 2008). De acuerdo con Villalobos (2001) y Durán *et al.* (2014), las estaciones que proporcionan los mejores escenarios para la acumulación de la biomasa son primavera y verano.

En este artículo el proceso de acumulación de la biomasa en cada componente estructural de las estacas en las especies de *Bursera* a través del tiempo (estaciones evaluadas) fue heterogéneo, es decir, que la acumulación de biomasa para los componentes en algunos se mantuvo sin diferencias estadísticas y en otros al menos en una estación fue diferente. Sin embargo, comparar la acumulación de biomasa entre los componentes estructurales (hoja, rama y raíz) en cada estación permitió visualizar que *B. fagaroides* en las cuatro estaciones asignó mayor acumulación de biomasa a las hojas (5.06, 4.66, 4.30 y 4.23 g/planta respectivamente). De la misma manera, *B. glabrifolia* aglomeró mayor biomasa en las estaciones de primavera, verano e invierno (7.07, 0.94, 1.24 g/planta respectivamente) en la misma variable, en tanto que *B. galeottiana* y *B. bipinnata* acumularon mayor biomasa en primavera, otoño e invierno en las ramas. Al respecto, Navarro *et al.* (2006) comentan las siguientes implicaciones ecológicas siguientes: los individuos que muestran una asignación mayor de biomasa a hojas por consecuencia tienen una mayor capacidad para captar luz y CO₂, redundando en su mayor tasa de crecimiento, caso de *B. fagaroides* y *B. glabrifolia*. En cambio, si asigna mayor biomasa a ramas, tallo o raíces, consiguen captar y transportar más agua y nutrientes minerales del suelo, pero a la expensas de un menor crecimiento, caso observado en *B. galeottiana* y *B. bipinnata*.

3. 2. Indicadores de calidad de las estacas y supervivencia

Cuando se realiza la propagación de especies forestales ya sea por reproducción sexual o asexual no sólo se debe cumplir con el objetivo de obtener individuos en cuanto a cantidad, sino también se debe tener presente su calidad, puesto que es indispensable asegurar su supervivencia y desarrollo en campo (Prieto *et al.*, 2009).

Navarro *et al.* (2006) comentan que una planta de calidad es aquella capaz de sobrevivir y crecer en un sitio determinado, por lo tanto deben poseer indicadores morfológicos para determinar la calidad de las plántulas. Dentro de los indicadores más utilizados se encuentran altura de la parte aérea, el diámetro del cuello de la raíz, peso seco de la raíz y la parte aérea, área foliar, entre otros. También se han usado índices o relaciones morfológicas, como la relación entre el peso seco de la parte aérea y la radical.

En este artículo se utilizó el área foliar y relación biomasa aérea/biomasa subterránea para observar la calidad de las estacas al final del experimento. Sobre este aspecto, Navarro *et al.* (2006) describen que las especies vegetales que posean mayor área foliar que otras presentan la ventaja de captar mayor luz y asimilación de CO₂ en las hojas, lo que se vería reflejado en mayores tasas de crecimiento (Mora-Aguilar *et al.*, 2005). Lo anterior puede explicar el buen desarrollo de las especies *B. fagaroides* y *B. glabrifolia*.

La buena relación de biomasa entre parte aérea y parte radical permite inferir el buen crecimiento y supervivencia de los individuos en campo. En este sentido, Castellanos-Castro y Bonfil (2013) y Casaleiro *et al.* (2008) encontraron que existe una asociación positiva entre el desarrollo de hojas y la formación de las raíces, por lo que debe considerarse que una mayor proporción de la parte aérea es positiva para el crecimiento durante la estación favorable, pero aumenta la transpiración y desajusta el balance hídrico de la planta durante la sequía y reduce su probabilidad de supervivencia. En tanto, la mayor proporción de parte radical beneficia la capacidad de captar agua durante la sequía; sin embargo, puede tener mayores gastos respiratorios dados una mayor proporción de raíces y menores entradas por fotosíntesis (Villar *et al.*, 2008). Prieto *et al.* (2009) afirman que las plántulas de calidad deben poseer relaciones de biomasa aérea/biomasa subterránea entre 1.5 y 2.5. Las relaciones mayores de 2.5 indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer energía a la parte aérea de la planta, lo que significa que las relaciones encontradas en este estudio de entre 2.08 y 2.5 son valores que indican plántulas de calidad.

CONCLUSIONES

La acumulación de biomasa en las estacas de *Bursera galeottiana*, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia* y *B. bipinnata* se debió a las capacidades propias que poseen las especies, así como a la estación de crecimiento anual ($p \leq 0.01$). Por otro lado, el factor sustrato y las interacciones entre factores no mostraron efecto; lo anterior sugiere que estas especies poseen la capacidad de desarrollarse en diversos suelos bajo condiciones de invernadero. En este sentido, *B. fagaroides* obtuvo la mayor acumulación de biomasa en las variables raíz, ramas y hojas (2.85, 1.67 y 3.76 g/planta respectivamente), mientras que el resto de burseras mostraron acumulación en el orden siguiente *B. glabrifolia*, *B. galeottiana* y *B. bipinnata*.

La especie *B. fagaroides* asignó mayor biomasa a las hojas en las estaciones primavera y verano (5.06 y 4.66 g respectivamente). Por su parte, *B. glabrifolia* acumuló 7.07 g en primavera y 1.24 g en invierno, por lo tanto obtuvieron mayor desarrollo que el resto. Estas dos burseras fueron las más sobresalientes de acuerdo con los mayores porcentajes de supervivencia (78 y 58% respectivamente), además de mostrar valores altos de área foliar (386.34 y 205.65 cm²) con coeficientes de 2.5 y 2.25 en la relación biomasa aérea subterránea, significativo de plántulas de calidad.

ANÁLISIS PROSPECTIVO

Con los resultados obtenidos se demuestra que las especies *B. fagaroides* y *B. glabrifolia* tienen capacidad para desarrollar biomasa en los sustratos estudiados. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones sobre protocolos específicos de propagación para cada especie y así obtener mejores resultados en el desarrollo de biomasa y supervivencia en las estacas.



Por el buen desarrollo en la biomasa y supervivencia, *B. fagaroides* y *B. glabrifolia* poseen potencial para reproducirlas e incluirlas en los programas de reforestación, lo cual ayudaría a recuperar zonas degradadas y conservar su hábitat. La propagación asexual de estas especies permite establecer programas para su aprovechamiento debido a que son utilizadas para extracción de resina y elaboración de alebrijes.

REFERENCIAS

- Bonfil-Sanders, C., Mendoza-Hernández, P. E. y Ulloa-Nieto, J. A. (2007). Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies de *Bursera*. *Agrociencia*, 41, 103-109.
- Casaleiro, G. A. B., Asensio F. V., Alonso L. S. y Montalvo, R. J. (2008). Influencia de la calidad de planta sobre el establecimiento y crecimiento de clones de castaño híbrido. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 28, 103-109.
- Castellanos-Castro, C. y Bonfil, S. C. (2010). Establecimiento y crecimiento inicial de estacas de tres especies de *Bursera* Jacq. ex L. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1, 93-103.
- Castellanos-Castro, C., & Bonfil, C. (2013). Propagation of three *Bursera* species from cuttings. *Botanical Sciences*, 91, 217-224.
- Durán, G. O., Quintanar A. I., Villanueva J. D., Jaramillo-Pérez A. T. y Cerano J. P. (2014). Características anatómicas de la madera de *Bursera lancifolia* (Schltdl.) Engl. con potencial dendrocronológico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5, 76-89.
- Giraldo, C. L. A., Ríos, O. H. F. y Polanco, M. F. (2009). Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1, 41-47.
- Guevara-Fefer, F. y Rzedowski, J. (1980). Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en Michoacán (Méjico). Tres especies nuevas de los alrededores de la presa del Infiernillo, con algunos datos relativos a la región. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 39, 63-81.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T. J., & Geneve, R. L. (2002). *Plant propagation, principles and practices* (7th ed.). New Jersey: Prentice-Hall, Upper Saddle River.
- Hernández, V. R., Cruz, C. E., Díaz, Z. G. O., Pérez, L. M. I., Lozano, T. S. y Velasco, V. V. A. (2013). Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en estacas de lináloe (*Bursera linanoe*) Andresen. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1119-1128.
- Loeza-Corte, J. M., Díaz-López, E., Campos-Pastelín, J. M. y Orlando-Guerrero, J. I. (2013). Efecto de lignificación de estacas sobre enraizamiento de *Bursera morelensis* Ram. y *Bursera galeottiana* Engl. *CIENCIA ergo-sum*, 20, 222-226.
- López, A. F. J., Guío, T. N. R., Fischer, G. G. y Miranda, L. D. (2008). Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61, 4347-4357.
- Montúfar, L. A. (2016). Copal de *Bursera bipinnata*. Una resina mesoamericana de uso ritual. *Trace*, 70, 45-77.
- Mora-Aguilar, O., Ortiz-Cereceres, J., Rivera-Peña, A., Mendoza-Castillo, M. C., Colinas L. M. T. y Lozoya-Saldaña, H. (2005). Comportamiento de la acumulación y distribución de biomasa en genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 11, 135-142.
- Navarro, R. M., Campo, D. A. y Cortina, J. (2006). Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta, en J. Cortina, J. L. Peñuelas, J. Puertolas, R. Savé y A. Vilagrosa (Coords.), *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos* (pp. 31-46). Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales y Ministerio de Medio Ambiente.
- Prieto, R. J. A., García, R. J. L., Mejía, B. J. M., Huchín, A. S. y Aguilar, V. J. L. (2009). *Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío*. México: INIFAP.
- Ramos-Ordoñez, M. F., Arizmendi, M. C., Flores-Enríquez, V. y Márquez-Guzmán, J. (2016). Extracción y morfología del embrión de *Bursera bipinnata* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana*, 117, 27-35.



- Reynoso-Orozco, R., Delgado-Saucedo, J. I., Puebla-Pérez, A. M., Calvo-Méndez, C., Carr, D., Velázquez-Magaña, S. y Santerre, A. (2008). Difluorometil ornitina y el extracto acuoso de *Bursera fagaroides* en el modelo de linfoma murino l5178 y en ratones balb/c: comparación de su efecto en el metabolismo de las poliaminas. *Revista de Salud Animal*, 30, 128-132.
- Rivera-Rodríguez, M., Vargas-Hernández, J. J., López-Upton, J., Villegas-Monter, A. y Jiménez-Casas, M. (2016). Enraizamiento de estacas de *Pinus patula*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39, 385-393.
- Rodríguez, A. C., Chagas, A. E., Sánchez-Choy, J., Santos, D. A. V., Lozano, B. R. M. y Ríos, S. G. (2014). Capacidad de enraizamiento de plantas matrices promisorias de *Myrciaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh en cámaras de subirrigación. *Revista Ceres*, 61, 134-140.
- Rzedowski, J., Medina, L. R. y Calderón, D. R. G. (2004). Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (Méjico). *Acta Botánica Mexicana*, 66, 23-151.
- Rzedowski, J., Medina-Lemos, R. y Calderón, G. (2005). Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana*, 70, 85-111.
- Rzedowski, J. y Calderón, D. R. G. (2004). Copales y cuajíotes, en A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (pp. 193-197). México: Editorial Redacta S. A. de C. V.
- Sampayo-Maldonado, S., Jiménez-Casas, M., López-Upton, J., Sánchez-Monsalvo, V., Jasso-Mata, J., Equihua-Martínez, A., & Castillo-Martínez, C. R. (2016). Enraizado de miniestacas de *Cedrela odorata* L. *Agrociencia*, 50, 919-929.
- SAS Institute Inc. (2004). SAS/STAT 9.1 User's guide. Cary: SAS Institute.
- Villalobos, V. R. (2001). *Fenología y relaciones hídricas de los árboles de un fragmento de bosque seco neotropical* (tesis de licenciatura). Universidad de Costa Rica: Costa Rica.
- Villar, R., Ruiz-Robleto, J., Quero, J. L., Poorter, H., Valladares, F. y Marañón, T. (2008). Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas, en F. Valladares (Ed.) (pp. 193-230). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales y Ministerio de Medio Ambiente.

