

Efecto de lignificación de estacas sobre enraizamiento de *Bursera morelensis* Ram. y *Bursera galeottiana* Engl. en la Universidad de la Cañada en Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca, México

Juan Manuel Loeza-Corte*, Ernesto Díaz-López*, Jesús Manuel Campos-Pastelín*, Jesús Israel Orlando-Guerrero*

Recepción: 22 de junio de 2012

Aceptación: 7 de junio de 2013

*Instituto de Farmacobiología. Universidad de la Cañada, Oaxaca, México.

Correos electrónicos: manuel_loeza@unca.edu.mx; edl@unca.edu.mx; campos@unca.edu.mx e iorlando@unca.edu.mx

Se agradecen los comentarios de los árbitros de la revista.

Resumen. Las *Burseras* son características de la selva baja caducifolia, se distribuyen desde el sur de Estados Unidos hasta Perú y son utilizadas para la extracción de resinas como el copal y talla de madera como los alebrijes. Por ello, se estableció un experimento de bloques completos al azar con arreglo factorial; los elementos de estudio fueron *Bursera morelensis* Ram. y *Bursera galeottiana* Engl. El grado alto y bajo de lignificación de estacas fue utilizado para evaluar el porcentaje de enraizamiento, volumen de raíz y número de brotes aéreos. Los resultados indican que el porcentaje mayor de enraizamiento en *B. morelensis* se logra con poco grado de lignificación, mientras que en *B. galeottiana* es mayor. Esto muestra que la reproducción asexual puede ser una alternativa para la propagación de este género en el estado de Oaxaca.

Palabras clave: enraizamiento, lignificación, estacas, selva baja caducifolia

Lignification Effect of Stakes on Rotting of *Bursera Morelensis* Ram. and *Bursera Galeottiana* Engl. at Universidad de la Cañada en Teotitlan de Flores Magon, Oaxaca, Mexico

Abstract. *Burseras* plants are characteristics of deciduous forests and are distributed from the south of the United States to Peru. They have been used for the extraction of resins as copal and carved wooden handicrafts known as alebrijes. Therefore, an experiment with a randomized complete block design and with a factorial arrangement was performed in *Bursera morelensis* Ram. and *Bursera galeottiana* Eng. The lignification of thin and thick stakes were used to evaluate the percentage of rooting, root volume and number of aerial shoots. The results indicate that the highest percentage of rooting in *B. morelensis* is accomplished with a thin degree of lignification, while in *B. galeottiana* with thick lignification. This propagation shows that asexual reproduction can be an alternative propagation of this genus in Oaxaca State.

Key words: rooting, lignification, stakes, tropical deciduous forest.

Introducción

Las *Burseras* son árboles y arbustos que se distribuyen principalmente en la selva baja caducifolia de todo México, el centro de mayor diversidad, con 80 especies reportadas (Rzedowski *et al.*, 2005), en América se ubican desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Perú. Este grupo taxonómico se caracteriza por ser árboles de porte bajo a medio muy ramificados con una altura de 5 a 15 m. Su corteza puede ser gris,

amarilla o roja, algunas especies tienen corteza exfoliante, como *Bursera morelensis* Ram., además son caducifolios y florecen cuando comienza la época de lluvias (Bonfil-Sanders *et al.*, 2007). *Bursera* es un género muy importante desde el punto de vista ecológico, ya que domina la selva baja caducifolia principalmente en lugares no perturbados. Por tal motivo, su propagación e introducción en sitios deforestados es necesaria porque ayuda a restablecer la composición y estructura de las comunidades naturales

donde son frecuentes estos multidendricales. Otro aspecto significativo para la propagación de estos organismos es el uso medicinal, artesanal y ritual del cual han sido objeto. Así, dentro de la medicina tradicional la resina de *Bursera galeottiana* Engl. es usada como desinfectante, analgésico para el dolor de muelas y para sellar el ombligo de recién nacidos (Arias *et al.*, 2000). El alto contenido de terpenoides de su resina, principalmente limoneno, se utiliza como antioxidante. En estudios recientes se ha demostrado que el efecto anticancerígeno de los terpenoides encontrados incrementa los niveles de enzimas hepáticas implicados en la detoxificación de agentes carcinogénicos como la glutatióna S-transferasa (GST) en mamíferos (Pérez, 2003). Respecto al uso artesanal, la madera de *B. morelensis* Ram. se emplea en la elaboración de tallas llamadas alebrijes, que es una fuente importante y generadora de divisas para los artesanos que se dedican a esta actividad, además de ser tradicionales y distintivas del estado de Oaxaca (Brosi *et al.*, 2000). En cuanto al uso ceremonial de estas plantas, se extraen resinas aromáticas conocidas como copales, las cuales son utilizadas en cultos religiosos desde la época precortesiana por las culturas que habitaron los valles centrales de México, incluido Oaxaca (Linares y Bye, 2008).

Por otra parte, se han desarrollado productos comerciales basados en fitoreguladores (auxinas) que, al ser aplicados en la base de las estacas de especies leñosas, promueven e incrementan la formación de raíces. De este modo, Hartmann y Keste (1999) mencionan que el producto más eficaz para el enraizado de especies leñosas es y ha sido el ácido indolbutírico (AIB). Existen pocos registros en relación con trabajos realizados sobre la propagación de estas dos especies. Bonfil-Sanders *et al.* (2007) reportan que en nuestro país hay un número reducido de viveros que se dedican a la propagación de esta especie y mencionan que la aplicación de AIB incrementa el porcentaje de enraizamiento en *B. fagaroides*, *B. glabrifolia*, *B. bipinnata* y *B. lancifolia*, teniendo un porcentaje de enraizamiento promedio de 27 a 70% de las especies en cuestión. Concluyen que el método de propagación asexual es el mejor para *Burseraceae*, ya que la sexual no ha tenido éxito, además que se ve limitada a una época del año, que es cuando se puede coleccionar la semilla (Jiménez y Matías, 2010). Por su parte, Ruíz *et al.* (2005) trabajaron con la especie leñosa *Gmelina arborea* Roxb, que también se distribuye en la selva baja caducifolia oaxaqueña, y reportaron que al aplicar AIB se puede obtener hasta 80% de enraizamiento. La comparación de estos dos últimos estudios nos permitió plantear la hipótesis siguiente: con la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) sobre las estacas con mayor lignificación de *B. morelensis* y *B. galeottiana*, se obtendrá un mayor porcentaje de enraizamiento.

Por esta razón, el objetivo de este estudio consistió en evaluar el efecto de dos niveles de lignificación sobre el enraizamiento de estacas de *B. morelensis* y *B. galeottiana*.

1. Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano 2011 en la Universidad de la Cañada, en Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca, México ubicada a 18° 08' latitud norte, 97° 05' longitud oeste y 888 msnm. El clima de la región es Bs1eg que corresponde a un clima seco con temperatura media anual mayor a 18 °C y menor a 27 °C. La suma de la precipitación anual es mayor a 400 mm y menor a 600 mm, la cual se distribuye de junio a septiembre. La oscilación de la temperatura es $7\text{ °C} \leq X \leq 14\text{ °C}$ y el mes más cálido se presenta antes del solsticio de verano que en la zona es durante mayo (García, 2005). El material vegetativo de *B. morelensis* y *B. galeottiana* fue colectado en la selva baja caducifolia con dominancia de multidendricales (plantas leñosas con múltiples ramificaciones) y crasicuales de la población San Antonio Nanahuatipam en Oaxaca. Se seleccionaron a partir de fotografías aéreas del área de estudio y después fueron interpretadas con ayuda de un estereoscopio. Las estacas poco lignificadas correspondieron a ramas apicales con 3 yemas vegetativas (Bonfil-Sanders *et al.*, 2007), mientras que las de mayor grado de lignificación a ramas del año anterior, para ambas especies, se seleccionaron y cortaron bajo este criterio. Las estacas recolectadas se colocaron y etiquetaron en bolsas de polietileno transparente tipo ziploc, a las cuales se aplicó 10 ml de agua destilada para evitar su deshidratación y fueron transportadas en una hielera hasta el vivero.

En el vivero se llevó a cabo el enraizamiento. Se hizo un corte a 45° en la base de ambos tipos de las estacas y colocando AIB a una concentración de 10 000 mg kg⁻¹ para promover la brotación de raíces adventicias (Castellanos y Bonfil, 2010). El material de ambas especies con y sin AIB se colocó en bolsas de polietileno con una capacidad de 3 kg, que contenía 1.50 kg suelo de la zona, 1.0 kg de arena y 0.50 kg de hojarasca, los cuales corresponden a la proporción 3:2:1 de los materiales mencionados.

Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial y tres repeticiones. Se siguió el modelo $Y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$, donde Y_{ijk} es la observación del tipo de *Bursera*, j en el nivel de lignificación, k del bloque i ; y μ es la media general verdadera, β_i es el efecto del bloque i , A_j es el efecto del tipo de *Bursera*, B_k es el efecto del nivel de lignificación, $(AB)_{jk}$ es el efecto de la interacción tipo de *Bursera*, j en el nivel

de lignificación k y ε_{ijk} es el error experimental (Infante, 1990). Así, los factores de estudio se constituyeron por el tipo de *Bursera* y otro el nivel de lignificación.

La unidad experimental estuvo constituida por una estaca de *Bursera* en la bolsa de polietileno más el sustrato. Las variables a evaluar fueron: a) el número de estacas enraizadas (*Nee*) contando las estacas que presentaron al menos una raíz adventicia de una longitud de 1 cm; b) el porcentaje de enraizamiento (*Pe*) calculado por la fórmula:

$$Pe = \frac{Be}{Tb} \times 100$$

donde: *Pe* es el porcentaje de enraizamiento, *Be* es *Burseras* enraizadas, *Tb* total de *Burseras*; c) el volumen de raíz (*Vr*) se determinó tomando una muestra de las estacas enraizadas cortando con un bisturí sus raíces colocados después en una probeta de 50 ml que contenía un volumen conocido de agua y el volumen de agua desplazado se contabilizó como el volumen de raíz expresado en cm³; d) los días a brotación (*Db*) se contaron hasta que aparecieron los primeros brotes aéreos a partir de la fecha de plantación; e) el número de brotes aéreos (*Nba*) donde se consideraron como brotes aéreos aquellos que tengan al menos 0.5 cm de longitud y f) la longitud de brote (*Lb*) que se mide desde la base del brote hasta la parte apical (Ruíz *et al.*, 2005).

Cuando resultaron significativas, a las variables respuesta se les aplicó la prueba de medias de Tukey a un nivel de significancia de 5% de probabilidad de error.

2. Resultados y discusión

El análisis de varianza para las variables respuesta así como para los factores de estudio se presenta en la tabla 1 y se puede observar que hubo diferencias significativas ($P < 0.01$) para ambos factores de estudio, así como para todas las variables. La interacción *Bursera* × Lignificación ($B \times L$) sólo fue significativa ($P < 0.05$) para el número de estacas enraizadas (*Nee*) y el porcentaje de enraizamiento (*Pe*).

Las variables *Nee*, *Pe*, *Vr* y *Lb* tuvieron un comportamiento similar para el factor *Bursera*, así la aplicación de AIB en las estacas arrojó efectos significativos para estas variables superando al testigo donde no se aplicó el fito-rregulador. De este modo, el mayor número de estacas enraizadas, porcentaje de enraizamiento, volumen de raíz y longitud de brotes ocurrió en *B. morelensis* superando a *B. galeottiana* con 4.8 estacas, 20.0%, 4.0 cm³ y 10.5 cm respectivamente.

En cuanto a *Db* y *Nba* ocurrió lo contrario, ya que *B. galeottiana* superó a *B. morelensis* con 20.5 días y 4.3 brotes. Estos resultados se pueden explicar debido a que *Pe* es consecuencia del número de estacas enraizadas. Así, entre mayor sea el número de estacas enraizadas, aumentará el porcentaje de enraizamiento, mientras que un mayor volumen de raíz incrementó la longitud del brote aéreo como lo mencionan Taiz y Zeiger (2002). Salisbury y Ross (2000) comentan que un mayor volumen radical influye en un mayor crecimiento y desarrollo de la parte aérea de las plantas, ya que el sistema radical es el encargado de asimilar nutrientes de forma positiva para nutrir la parte vegetal aérea.

Por tal motivo, un mayor volumen de raíces absorberá mayor cantidad de agua y nutrientes provocando la elongación del brote como ocurrió en *B. morelensis* respecto a *B. galeottiana*.

En relación con el factor lignificación, en las estacas poco lignificadas, las variables *Nee*, *Pe*, *Vr*, *Nba* y *Lb* superaron el nivel alto con 5.2 estacas, 22.0%, 3.0 cm³, 9.2 brotes y 2.8 cm. Como se explicó en el factor anterior, de igual manera el porcentaje de enraizamiento resultó del número de estacas enraizadas, así el nivel bajo de lignificación presentó un 42.8% más de enraizamiento que el nivel alto, razón atribuida al AIB ya que tiene un efecto mayor sobre los tejidos poco lignificados de especies forestales induciendo así un mayor porcentaje de

Tabla 1. Efecto de dos especies de *Bursera* y dos niveles de lignificación sobre número de estacas enraizadas, porcentaje de enraizamiento (*Pe*), volumen de raíz (*Vr*), días a brotación (*Db*), número de brotes aéreos (*Nba*) y longitud de brote (*Lb*).

Factor	<i>Nee</i> Estacas	<i>Pe</i> %	<i>Vr</i> cm ³	<i>Db</i> Días	<i>Nba</i> Brotes	<i>Lb</i> cm
<i>Bursera morelensis</i> (+ AIB)	4.8 a	20.0 a	4.0 a	10.6 b	2.5 b	10.5 a
<i>Bursera galeottiana</i> (+ AIB)	3.0 b	12.6 b	2.0 b	20.5 a	4.3 a	5.5 b
<i>Bursera morelensis</i> (- AIB)	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c
<i>Bursera galeottiana</i> (- AIB)	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c
DSH _(0.05)	0.6	2.6	0.4	1.0	1.2	3.4
Alto	3.0 b	12.6 b	2.0 b	20.5 a	4.4 b	8.0 b
Bajo	5.2 a	22.0 a	3.0 a	10.6 b	9.2 a	12.3 a
DSH _(0.05)	1.1	2.6	0.2	1.0	1.2	2.8
Anova						
<i>Bursera</i> (<i>B</i>)	**	**	**	**	**	**
Lignificación (<i>L</i>)	**	**	**	**	**	**
$B \times L$	*	*	n.s	n.s	n.s	n.s

Nota: **, * y n.s: significativo al 0.01, 0.05 no significativo, respectivamente; DSH: diferencia significativa honesta; $B \times L$: interacción *Bursera* × Lignificación; *Nee*: número de estacas enraizadas; *Pe*: porcentaje de enraizamiento; *Vr*: volumen de raíz; *Db*: días a brotación de yemas vegetativas; *Nba*: número de brotes aéreos; *Lb*: longitud de brote; (+ AIB) con ácido indolbutírico; (- AIB) sin ácido indolbutírico.

raíces caulinares y como consecuencia un mayor volumen de raíz (Castellanos y Bonfil, 2010). Este hecho repercutió también en los días a brotación donde el nivel alto superó al nivel bajo con 20.5 días tardando un promedio de 9.9 días más en enraizar lo que de alguna manera resulta lógico, ya que el material más lignificado reacciona de manera más lenta que en donde las células no presentan un mayor grado de lignificación e impide que la auxina sea absorbida en menor tiempo (Mateo Sánchez *et al.*, 1998). En relación con el número y longitud de brotes en estacas con baja lignificación los valores fueron mayores con 9.2 brotes y 12.3 cm superando al mayor grado de lignificación que arrojó valores de 4.4 brotes y 8.0 cm. Los resultados de este estudio pudieron deberse a que *B. morelensis* presenta una mayor precocidad en el desarrollo de yemas vegetativas además de una frondosidad superior que *B. galeottiana* (Andrés y Espinoza, 2002).

La interacción *Bursera* × Lignificación (figura 1) indica que *B. morelensis* al interactuar con el bajo grado de lignificación presentó el mayor número de estacas enraizadas 4.2 que el grado alto no enraizó. Para el caso de *B. galeottiana* ocurrió lo contrario, ya que el enraizamiento de estacas se presentó en el nivel alto de lignificación con 3.1, mientras que con poca lignificación no hubo enraizamiento. Estos resultados son similares a los reportados por Mateo Sánchez *et al.*, (1998), quienes reportaron que el enraizamiento de las distintas especies del género *Bursera* tienen diferencias notables en la capacidad de emitir raíces al ser sometidas a la acción del AIB. Concluyen que es necesario realizar investigaciones para cada una de las especies de este taxón. Además, esta aseveración se ve reforzada por Becerra y Venable (1999), quienes establecen que la capacidad de enraizamiento en *Burseraceae* posiblemente esté definida por un carácter filogenético y sea más una cuestión de la interacción fenotipo × ambiente y la plasticidad fenotípica de cada especie.

La interacción para el porcentaje de enraizamiento (figura 2) donde *B. galeottiana* al interactuar con un alto grado de lignificación presentó el máximo porcentaje de enraizamiento 25.3%, mientras que *B. morelensis* alcanzó su máxima expresión con baja lignificación 24%, pero ambos resultaron ser

estadísticamente iguales a pesar de existir una diferencia de 1.3%. Por el contrario, el grado de lignificación menor resultó tener un efecto negativo para *B. galeottiana* al no existir enraizamiento, mientras que para *B. morelensis* el alto grado de lignificación resultó negativo (0% de enraizamiento). Estos resultados se pueden atribuir a que cuando en *B. galeottiana* se realizan cortes en el tallo presenta como respuesta una gran secreción de resina, que impide que se forme rápidamente un callo, precursor para la emisión de raíces en las estacas. Pese a que las *Burseras* son árboles resinosos, presentan diferencias ya que la resina de *B. morelensis* es menos viscosa que en *B. galeottiana*, pues permite que el enraizamiento sea más rápido (Castellanos y Bonfil, 2010).

Conclusiones

Para inducir raíces adventicias en estacas de *B. morelensis* y *B. galeottiana*, es necesario aplicar AIB a una concentración de 10 000 mg kg⁻¹.

Los mayores porcentajes de enraizamiento al aplicar el fitorregulador fueron en *B. morelensis* con 20 y 22% en el grado bajo de lignificación.

Figura 1. Interacción de dos tipos de *Bursera* vs grado de lignificación respecto al número de estacas enraizadas. Menor lignificación (0), mayor lignificación (1).

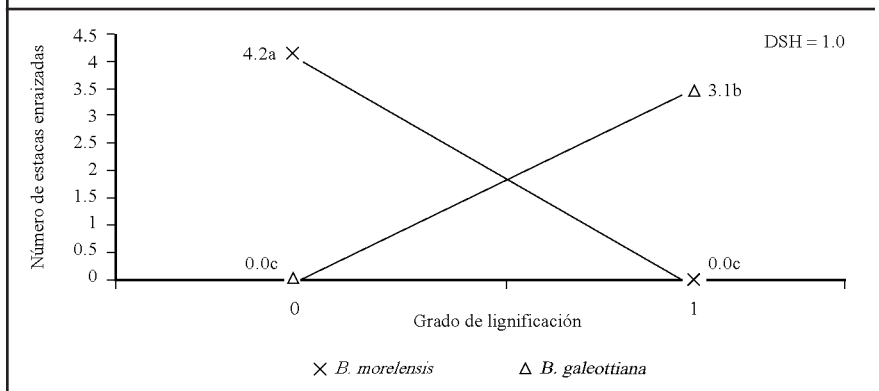
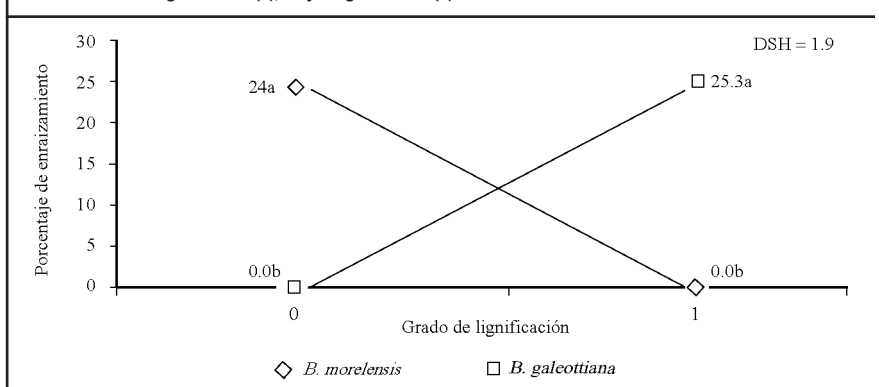


Figura 2. Interacción de dos tipos de *Bursera* vs grado de lignificación respecto al porcentaje de estacas enraizadas. Menor lignificación (0), mayor lignificación (1).



El mayor volumen de raíz, así como los días a brotación de yemas vegetativas, también se presenta en *B. morelensis*.

Un elevado porcentaje de enraizamiento influye directamente en el volumen radical y en la brotación de las yemas vegetativas para dar origen a las hojas compuestas.

Para inducir raíces adventicias en *B. morelensis* es necesario que las estacas a enraizar tengan bajo nivel de lignificación.

Se recomienda utilizar estacas de ramas terminales para propagar *B. morelensis*.

Se recomienda utilizar estacas con mayor grado de lignificación para propagar *B. galeottiana*.

Análisis prospectivo

La razón de este estudio fue buscar alternativas a la propagación sexual de especies endémicas de la selva baja caducifolia oaxaqueña, ya que han sido sobreexplotadas para la extracción

tanto de madera como resina por las comunidades donde crecen. Esta investigación de alguna forma ayudará a conocer más la biología del género e influirá en preservar a futuro este valioso recurso fitogenético para el estado de Oaxaca y el resto del país.

Estas especies tiene gran importancia social y cultural para los pueblos de la Sierra Mazateca debido a que son de utilidad económica porque extraen madera para la elaboración de artesanías típicas de la región como los alebrijes. La extracción de resinas aromáticas tiene un significado espiritual para los chamanes que las utilizan como un vínculo de comunicación con sus deidades.

Tomando en cuenta los resultados de esta investigación, los cuales serán de aporte para propagar estas especies en lugares donde han sido eliminadas, permitirá en un futuro conservar estos fitorecursos que puedan ser una fuente de mano de obra y materia prima para estas culturas.



Bibliografía

- Andrés, H. A. R. y Espinoza, O. D. (2002). Morfología de plantas de *Bursera Jack. exl. (Burseraceae)* y sus implicaciones filogenéticas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 70, 5-12.
- Arias, A. A. T., Valverde, M. T. V. y Reyes, J. S. (2000). *Las plantas de la región de Zapotitlán de las Salinas, Puebla*. Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México: México.
- Becerra, J. X. y Venable, V. D. L. (1999). Nuclear Ribosomal DNA Phylogeny and Its Implications for Evolutionary Trends in Mexican *Bursera (Burseraceae)*. *American Journal Botany*, 86, 1047-1057.
- Bonfil-Sanders, C., Mendoza-Hernández, P. E. y Ulloa-Nieto, J. A. (2007). Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del genero *Bursera*. *Agrociencia*, 41, 103-109.
- Brosi, B., Peter's, C., Ambrosio, M., Purata, S. y Aguirre, H. (2000). Plan de manejo forestal de copalillo, bienes comunales de estacas juveniles en cinco especies de coníferas ornamentales: efecto del ácido indolbutírico AIB y de la temperatura. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 23, 29-38.
- Pérez, T. G. (2003). Los flavonoides: antioxidantes o peroxidantes. *Revista cubana de investigación biomédica*, 22(1), 48-57.
- Ruíz, R., Vargas, J. J., Cetina, V. M. y Villegas, A. (2005). Effect of Indole Butyric Acid (IBA) and Type of Cutting on Rooting of *Gmelina arborea* Roxb. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 319-326.
- Rzedowski J., Medina, L. R. y Calderón, G. (2005). Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regional de las especies mexicanas de *Bursera (Burseraceae)*. *Acta Botánica Mexicana*, 70, 85-111.
- Salisbury, F. C. y Ross, C. W. (2000). *Fisiología vegetal*. Grupo editorial Iberoamérica: México, pp.180-204.
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2002). *Plant physiology*. EE. UU. California: Sinauer.
- bienes comunales de San Juan Bautista Jayacatlán.Etla: Oaxaca.
- Castellanos, C. y Bonfil, C. (2010). Establecimiento y crecimiento inicial de tres especies de *Bursera Jacq. exl. L. Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(2), 93-108.
- García, E. (2005). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) (5ª ed.). México: Offset Larios.
- Hartmann, H. T. y Keste, D. E. (1999). Propagación de plantas: principios y prácticas (7ª reimpr.). México: CECSA. pp: 219-363.
- Infante, S. (1990). Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario (2ª ed.). México: Trillas.
- Jiménez, C. L. y Matías, L. (2010). La sexualidad en las plantas. *Revista digital universitaria*, 11(8): 1-11.
- Linares, E. y Bye, R. (2008). El copal en México. *Biodiversitas*, 78, 8-11 CONABIO.
- Mateo Sánchez, J. J., Vargas, H. J., López, P. M. y Jasso, M. J. (1998). Enraizamiento