

ENRAIZAMIENTO Y FORMACIÓN DE CALLOS EN ESTACAS DE SIETE ESPECIES DEL GÉNERO *Bursera*

ROOT AND CALLUS DEVELOPMENT IN CUTTINGS OF SEVEN SPECIES OF THE GENUS *Bursera*

Consuelo Bonfil-Sanders¹, Pedro E. Mendoza-Hernández¹ y Juan A. Ulloa-Nieto¹

¹Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 04510. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria. México, D. F. (cbs@ciencias.unam.mx)

RESUMEN

A pesar de su importancia y diversidad, las especies del género *Bursera* no se propagan extensivamente en los viveros de México, y hay pocos estudios disponibles sobre su propagación. Con el fin de desarrollar métodos de propagación de especies arbóreas nativas para la restauración ecológica de selvas bajas, se realizó un estudio preliminar sobre la producción de callos y raíces en estacas de *Bursera lancifolia*, *B. longipes*, *B. fagaroides*, *B. bicolor*, *B. glabrifolia*, *B. copallifera* y *B. bipinnata* en respuesta a dos tratamientos: aplicación de ácido indolbutírico (AIB) en polvo (1500 y 10 000 ppm), además de un testigo, con 15-18 estacas por tratamiento. Las estacas se mantuvieron por cuatro meses en bolsas con un sustrato de arena, tierra negra y composta en un vivero rural en Huajintlán, SO del Estado de Morelos, al aire libre con riego regular, sin control de humedad atmosférica. El porcentaje de formación de callo fue alto (27-85%) en seis especies. Las especies con mayor producción de raíces fueron *B. fagaroides* (70%) y *B. glabrifolia* (51%), y ésta no se incrementó con la aplicación de AIB, al igual que en *B. copallifera* (18%). En *B. lancifolia* (27%) y *B. bipinnata* (29%) no hubo respuesta significativa en producción de raíces con la aplicación de AIB. *B. longipes* y *B. bicolor* registraron una baja producción de raíces (9 y 11%).

Palabras clave: *Bursera*, ácido indolbutírico, desarrollo de raíces y callo, estacas, propagación vegetativa.

INTRODUCCIÓN

El género *Bursera* incluye cerca de un centenar de especies de árboles leñosos que se distribuyen desde el sur de los Estados Unidos hasta Perú y el sur de Brasil. Su centro de diversidad es México, donde hay más de 80 especies (Rzedowski y Kruse, 1979; Rzedowski *et al.*, 2005). Tanto por el número de especies como por su abundancia, el género destaca sobre todo en la vertiente del Pacífico y en

ABSTRACT

In spite of its importance and diversity, species of the genus *Bursera* are not propagated extensively in Mexican nurseries, and there are few available studies on its propagation. To develop methods of propagation of native tree species for ecological restoration of tropical dry forests, a preliminary study was conducted on callus and root production in cuttings of *Bursera lancifolia*, *B. longipes*, *B. fagaroides*, *B. bicolor*, *B. glabrifolia*, *B. copallifera*, and *B. bipinnata* in response to two treatments: application of indolebutyric acid (IBA) powder (1500 and 10 000 ppm) and a control, with 15-18 cuttings per treatment. The cuttings were kept four months in bags with a sand, black earth and compost substrate in a rural nursery of Huajintlán, SW of the State of Morelos. The bags were in the open with regular irrigation and no control of environmental humidity. The percentage of callus formation was high (27-85%) in six species. The species with higher root production were *B. fagaroides* (70%) and *B. glabrifolia* (51%). In these species, as in *B. copallifera* (18%), root production did not increase with the application of IBA. In *B. lancifolia* (27%) and *B. bipinnata* (29%) there was not significant response in roots production with IBA application. Root production was low in *B. longipes* and *B. bicolor* (9 and 11%).

Key words: *Bursera*, indolebutyric acid, root and callus development, cuttings, vegetative propagation.

INTRODUCTION

The genus *Bursera* comprises nearly a hundred species of woody trees that are distributed from southern United States to Peru and southern Brazil. Its center of origin is Mexico, where more than 80 species are found (Rzedowski and Kruse, 1979; Rzedowski *et al.*, 2005). The genus is outstanding for both the number of species and its abundance, especially on the Pacific slope and the Balsas Depression (Toledo, 1982^[2]; Rzedowski *et al.*, 2005). Generally, they are low or medium high (5 to 15 m); the bark is grey, yellow or red, thin and frequently exfoliating. A great majority of the species

la Depresión del Balsas (Toledo, 1982^[2]; Rzedowski *et al.*, 2005). Generalmente son árboles de tamaño bajo o medio (5 a 15 m); su corteza es gris, amarilla o roja, delgada y con frecuencia exfoliante. La gran mayoría de sus especies son caducifolias en la temporada seca y florecen al final de la misma.

Los árboles del género *Bursera* son relevantes porque son elementos constitutivos de muchas comunidades naturales y son dominantes en algunas, especialmente en las selvas bajas caducifolias. Se consideran característicos de comunidades maduras o sucesionalmente tardías, ya que no se presentan o son poco frecuentes en sitios perturbados (Rzedowski y Kruse, 1979). Por ello, su propagación resulta importante, pues su establecimiento en sitios perturbados permite acelerar la sucesión y ayuda a restablecer la composición y estructura de las comunidades naturales, que es el objetivo de la restauración ecológica (Bradshaw, 1987; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; SER, 2002).

A pesar de la diversidad e importancia del género *Bursera* en México, existen muy pocos reportes publicados sobre su propagación (CONAFOR, s.f.) y sólo es posible obtener información no documentada sobre la propagación vegetativa de especies con importancia económica, entre las que destaca el linaloe (*B. linanoe*, antes *B. aloexylon*; Rzedowski *et al.*, 2005). *B. simaruba* también se propaga a partir de estacas obtenidas de ramas grandes (~1.5 m de largo), las cuales se deshojan y se dejan reposar unos días, para ser enterradas directamente en el suelo (García-Orth, 2002^[3]; Peñaloza, 2004^[4]). Esta forma de propagación puede ser poco viable, por sus costos, para la producción de plantas en proyectos de mediana o gran escala. Otras especies aprovechadas son *B. glabrifolia*, cuya madera tiene alta demanda en algunas comunidades de Oaxaca para elaborar artesanías (alebrijes) (Purata *et al.*, 2004), así como *B. copallifera* y *B. bipinnata*, de las cuales se extrae el copal (García Hernández, 2000^[5]). La propagación de éstas y otras especies a partir de estacas podría aumentar la frecuencia de árboles con características deseables, así como acortar el periodo de regeneración, ya que en condiciones naturales suele presentarse una alta mortalidad de plántulas.

En este trabajo se reportan los resultados de un ensayo preliminar sobre la formación de callos y raíces

are deciduous in the dry season and flower when this season ends.

Bursera trees are relevant because they are part of many natural communities and are dominant in some, especially in tropical dry deciduous forests. They are considered characteristic of mature or late succession communities since they are not present, or are scarce, in disturbed sites (Rzedowski and Kruse, 1979). Therefore; *Bursera* propagation becomes important because its establishment in disturbed sites can accelerate succession and help to reestablish the composition and structure of natural communities, which is the objective of ecological restoration (Bradshaw, 1987; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; SER, 2002).

In spite of the diversity and importance of the genus *Bursera* in México, there are very few reports published on its propagation (CONAFOR, undated) and it is only possible to obtain undocumented information on vegetative propagation of species of economic importance, among these linaloe (*B. linanoe*, previously *B. aloexylon*; Rzedowski *et al.*, 2005). *B. simaruba* is also propagated from cuttings obtained from large branches (~1.5 m long) which, after leaves are removed, are left for a few days before being planted directly in the soil (García-Orth, 2002^[3]; Peñaloza, 2005^[4]). This form of propagation may not be very feasible because of plant production costs in medium or large-scale projects. Other species used are *B. glabrifolia*, whose wood is in high demand in some communities of Oaxaca for use in handcrafts (“alebrijes” [colorfully painted wooden fantasy figures]) (Purata *et al.*, 2004), as well as *B. copallifera* and *B. bipinnata*, from which “copal” [resin used as incense] is extracted (García Hernández, 2000^[5]). Propagation of these and other species from cuttings could increase the frequency of trees with desirable characteristics, and shorten the period of regeneration since in natural conditions there is high seedling mortality.

In this paper, preliminary results of a test on formation of calluses and roots on cuttings of seven species of the genus *Bursera* are reported. The selected species (*B. lancifolia* (Schltd.) Engl., *B. longpipes* (Rose) Standl., *B. fagaroides* (H.B.K.) Engl., *B. bicolor* (Willd. Ex Schltdl.) Engl., *B. glabrifolia*

² Toledo Manzur, C. 1982. El género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 182 p.

³ García Orth, X. 2002. Efectos del ácido indolbutírico y de la estratificación en la formación de callos y de raíces en estacas de *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Gliricida sepium* (Jacq.) Kunth ex. Walp. y *Omphalea oleifera* Hemsl., tres especies potencialmente útiles para la restauración ecológica. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 66 p.

⁴ Peñaloza Guerrero, C. 2004. Supervivencia y crecimiento de estacas de *Bursera simaruba* en zonas invadidas de *Pteridium aquilinum* en el noreste de la península de Yucatán. Tesis de Licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 43 p.

⁵ García Hernández, C. 2000. Producción de resina en una población de copal santo (*Bursera bipinnata*) de Teotlalco, Mixteca Poblana. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 65 p.

en estacas de siete especies del género *Bursera*. Las especies seleccionadas (*B. lancifolia* (Schltd.) Engl., *B. longipes* (Rose) Standl., *B. fagaroides* (H.B.K.) Engl., *B. bicolor* (Willd. ex Schltdl.) Engl., *B. glabrifolia* (H.B.K.) Engl., *B. copallifera* (DC.) Bullock y *B. bipinnata* (DC.) Engl.), son abundantes en el noroeste del Estado de Morelos, donde se lleva a cabo un programa de restauración ecológica (Bonfil *et al.*, 2004). Una gran parte de las selvas bajas del Estado han desaparecido, mientras que las que aún permanecen están alteradas (17%) o degradadas (31%) (Trejo y Dirzo, 2000). Por tanto, el objetivo de este estudio fue desarrollar métodos de propagación vegetativa de diversas especies nativas para aumentar el acervo de especies útiles para la restauración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las estacas se recolectaron en marzo de 2004, directamente de las ramas terminales de cinco árboles adultos de cada especie, en parches remanentes de Selva Baja Caducifolia en Xochicalco y Cuentepec, Estado de Morelos, México. Se recolectaron aleatorizando previamente los árboles y las ramas de las que se obtuvieron. En ese mes los árboles estaban en estado de reposo, por lo que las estacas (entre tres y cuatro nudos), carecían de hojas. La recolecta se hizo durante la mañana, haciendo un corte diagonal para distinguir el extremo basal de cada estaca. Éstas se colocaron en bolsas de plástico y se trasladaron en hieleras al vivero de Huajtlán de la Comisión Estatal de Agua y Medio Ambiente de Morelos, donde se registró el diámetro y la longitud de cada una.

Debido a que el ácido indolbutírico (AIB) es la auxina más usada para estimular la formación de raíces adventicias (Hartmann *et al.*, 1997, Mesén *et al.*, 1997), se decidió probar su efecto con los tratamientos: a) AIB a 1500 ppm; b) AIB a 10 000 ppm; c) un testigo. El número de estacas por tratamiento y el intervalo de tamaños empleado se muestran en el Cuadro 1. La hormona se aplicó usando un producto comercial en polvo (Radix) y para el grupo testigo se usó talco puro. Se hicieron dos cortes longitudinales en el extremo basal de cada estaca (~5 cm de largo), se sumergieron en agua y luego en el polvo.

Cada estaca fue etiquetada y colocada en una bolsa de polietileno negro (20 cm longitud×10 cm diámetro), con el extremo basal enterrado en tierra de vivero (mezcla de arena, tierra negra y composta de origen vegetal en volúmenes iguales). Las bolsas se colocaron al azar en hileras sobre el suelo, en un sitio donde recibían sombra parcial (algunas horas por la mañana). Se regaron automáticamente a saturación cada tercer día.

Cinco semanas después (el 20 de abril), cada estaca se desenterró por unos minutos para hacer una primera evaluación del desarrollo de callo y raíces, y se enterró nuevamente en su bolsa. Cuatro meses después de montado el experimento se hizo una última evaluación, registrando la presencia de callo y raíces y el número de éstas.

El diseño experimental fue completamente al azar y las diferencias en la capacidad de desarrollar raíces entre especies se

(H.B.K.) Engl., *B. copallifera* (DC.) Bullock, and *B. bipinnata* (DC.) Engl., are abundant in northwestern Morelos State, where a program of ecological restoration is being conducted (Bonfil *et al.*, 2004). A large part of the tropical dry forest of the State has disappeared, while the parts that still exist are altered (17%) or degraded (31%) (Trejo and Dirzo, 2000). The objective of this study was to develop methods of vegetative propagation of diverse native species in order to increase the stock of species useful in restoration.

MATERIALS AND METHODS

Cuttings were collected in March 2004 directly from terminal branches of five adult trees of each species. These were found in remaining patches of the Deciduous Tropical Dry Forest in Xochicalco and Cuentepec, State of Morelos, México. Trees and branches from which samples were obtained were selected randomly. In that month trees were dormant, and therefore the cuttings (with three to four nodes) did not have leaves. Cuttings were collected in the morning, and a diagonal cut was made on each cutting to distinguish the basal end. Cuttings were placed in plastic bags and kept in an ice chest for transfer to the Huajtlán nursery of the State Commission on Water and Environment of Morelos, where diameter and length of each cutting were recorded.

As indolebutyric acid (IBA) is the more commonly used auxin to stimulate the formation of adventitious roots (Hartmann *et al.*, 1997; Mesén *et al.*, 1997), it was decided to test its effect with the treatments: a) IBA at 1500 ppm; b) IBA at 10 000 ppm; c) control. The number of cuttings per treatment and the range of sizes used are shown in Table 1. The hormone was applied using a commercial powder (Radix), and for the control group pure talcum powder was used. Two longitudinal cross sections were performed on the basal end of each cutting (~5 cm long); the cuttings were then submerged in water and later in the powder.

Each cutting was labeled and placed in a black polyethylene bag (20 cm long×10 cm in diameter), with the basal end buried in nursery soil (mixture of sand, black earth and plant compost, in equal volumes). The bags were placed randomly in rows on the soil surface in a site where they would receive partial shade (a few hours

Cuadro 1. Tamaños y número de las estacas empleadas por tratamiento.

Table 1. Sizes and number of cuttings used per treatment.

	Longitud (cm)	Diámetro (mm)	N
<i>B. fagaroides</i>	15.5 - 24.0	6.4 - 26.2	(18)
<i>B. bipinnata</i>	15.5 - 27.0	8 - 22.0	(15)
<i>B. glabrifolia</i>	21.5 - 28.5	8.5 - 20.2	(15)
<i>B. lancifolia</i>	23 - 30.5	9.1 - 25.5	(15)
<i>B. copallifera</i>	20 - 29.0	8.7 - 26.0	(15)
<i>B. bicolor</i>	20 - 28.0	10.3 - 30.2	(15)
<i>B. longipes</i>	19.5 - 28.9	8.2 - 20.1	(15)

probaron mediante una prueba de χ^2 , y la significancia de la asociación entre formación de raíces y aplicación de AIB mediante la prueba exacta de Fisher (Zar, 1996) empleando el programa STATISTICA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies mostraron diferencias significativas en su capacidad de formar callos y raíces ($\chi^2_{\text{cal}} = 53.19$ 6 g.l. $p \leq 0.001$ y 49.31 , 6 g.l. $p \leq 0.001$). Las que mejor desarrollo presentaron fueron, en orden decreciente, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia*, *B. bipinnata* y *B. lancifolia*, con porcentajes promedio de formación de callo de 85 a 70% y de raíces de 70 a 27% (Cuadro 2). *B. copallifera* ocupó un lugar intermedio, mientras que en *B. longipes* y *B. bicolor* los porcentajes de enraizamiento fueron bajos. En general la formación de callo fue superior a la de raíces (en especial en *B. lancifolia* y *B. bicolor*), lo que permite suponer que existe potencial para mayor éxito en el desarrollo de raíces. Estos datos son similares a los reportados en ensayos con otras especies (Mateo Sánchez *et al.*, 1998), y muestran que existen diferencias notables en la capacidad de desarrollar raíces entre las distintas especies del género. Por tanto, es necesario ampliar las investigaciones que permitan contar con protocolos de propagación específicos para cada una. Dado que las especies que presentaron una mayor respuesta pertenecen a las dos secciones en que se ha dividido al género, *Bursera* (*B. fagaroides* y *B. lancifolia*) y *Bullockia* (*B. glabrifolia* y *B. bipinnata*) (Mc Vaugh y Rzedowski, 1965; Becerra y Venable, 1999), es poco probable que la capacidad de enraizar esté restringida por un componente filogenético fuerte.

No hubo asociación positiva entre el tamaño de la estaca y la presencia de raíces. Tanto *B. fagaroides* como *B. bipinnata* desarrollaron raíces en todos los tamaños de estaca empleados (Cuadro 1); lo mismo sucedió en *B. glabrifolia*, con excepción de los diámetros más pequeños (≤ 9 mm). En *B. lancifolia* y

in the morning). Every other day they were irrigated automatically to saturation point.

Five weeks later (April 20), each cutting was dug up for a few minutes to conduct the first evaluation of callus and root development, and then was planted again in its bag. Four months after experiment set up the last evaluation was performed, recording the presence of callus and roots and their number.

The experimental design was completely randomized and the differences in ability to develop roots among the species were tested using χ^2 , and significance of the association between root formation and IBA application was analyzed with the Fisher exact test (Zar, 1996) using the software STATISTICA.

RESULTS AND DISCUSSION

Significant differences were found among the species in their ability to form calluses and roots ($\chi^2_{\text{cal}} = 53.196$, g.l. $p \leq 0.001$ and 49.31 , 6 g.l. $p \leq 0.001$). Those with the best development were, in descending order, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia*, *B. bipinnata*, and *B. lancifolia*, with 85 and 70% average percentages of callus formation and 70 to 27% root development (Table 2). *B. copallifera* was intermediate, while *B. longipes* and *B. bicolor* had low rooting percentages. In general callus formation was higher than that of roots (especially in *B. lancifolia* and *B. bicolor*), suggesting potential for greater success in root development. These data are similar to those reported in tests of other species (Mateo Sánchez *et al.*, 1998) and show that there are notable differences in root development capacity among the species of the genus. Therefore, further research is necessary to develop specific propagation protocols for each. Given that the species that had greater response belong to the two divisions of the genus, *Bursera* (*B. fagaroides* and *B. lancifolia*) and *Bullockia* (*B. glabrifolia* and *B. bipinnata*) (McVaugh and Rzedowski, 1965; Becerra and Venable, 1999), it is unlikely that the capacity for rooting is restricted by a strong phylogenetic component.

There was no positive association between size of the cutting and presence of roots. Both *B. fagaroides* and *B. bipinnata* cuttings of all size sizes developed roots (Table 1); the same occurred in *B. glabrifolia*, except in cuttings with small diameters (≤ 9 mm). In *B. lancifolia* and *B. copallifera* the cuttings with roots were found within more restricted diameter intervals than those of the total sample: between 12 and 19 mm and between 10 and 20 mm.

In species whose root formation frequency was low, some observations may be relevant to increasing success in future tests. In *B. bicolor*, the bark is thick and very hard, so that it is preferable to avoid the use of large cuttings (≥ 20 mm) with more developed bark.

Cuadro 2. Desarrollo de callo y raíces en estacas de siete especies del género *Bursera* (media \pm error estándar).

Table 2. Callus and root development in cuttings of seven species of the genus *Bursera* (mean \pm standard error).

Especie	Callo, mm	Raíces, mm
<i>B. longipes</i>	7 \pm 4	9 \pm 2.2
<i>B. bicolor</i>	27 \pm 7.7	11 \pm 4.4
<i>B. copallifera</i>	20 \pm 10	18 \pm 8
<i>B. lancifolia</i>	71 \pm 11	27 \pm 7.7
<i>B. bipinnata</i>	42 \pm 4.5	29 \pm 6
<i>B. glabrifolia</i>	67 \pm 3.8	51 \pm 4.4
<i>B. fagaroides</i>	85 \pm 9.8	70 \pm 1.9

B. copallifera las estacas con raíces se encontraron en intervalos de diámetros más acotados que los de la muestra total: entre 12 y 19 mm y entre 10 y 20 mm.

En las especies cuya frecuencia de formación de raíces fue baja, algunas observaciones pueden resultar relevantes para incrementar el éxito en futuros ensayos. En *B. bicolor* la corteza es gruesa y muy dura, por lo que es preferible evitar el uso de estacas grandes (≥ 20 mm), cuya corteza está más desarrollada. En *B. longipes*, la corteza es muy suave y se descompone fácilmente, por lo que la escasa formación de raíces se asoció con una alta frecuencia (80%) de pudrición. Por ello, debe hacerse ensayos con sustratos más porosos, que retengan el agua por menos tiempo, y que se hayan empleado con éxito en la propagación de otras especies (Mesén *et al.*, 1997).

B. fagaroides y *B. glabrifolia* produjeron callos y raíces muy fácilmente, incluso sin necesidad de aplicar AIB (Figura 1, a y b), observación que se confirmó porque no hubo una asociación significativa entre la formación de raíces y la presencia de dicha hormona (prueba exacta de Fisher, $p=0.62$ y 0.29). Por ello, su propagación a partir de estacas puede realizarse sin dificultad y a bajo costo. En *B. copallifera* se presentó la misma tendencia ($p=0.07$), aunque el desarrollo de callo y raíces fue menor, pero probablemente podría incrementarse si se controlan variables ambientales como humedad relativa y temperatura del sustrato (Hartmann *et al.*, 1997; Mateo-Sánchez *et al.*, 1998).

En *B. lancifolia* hubo una tendencia a aumentar la producción de raíces con el incremento en la concentración de AIB (Figura 1b), aunque la asociación entre la aplicación de la hormona y la producción de raíces no fue significativa ($p=0.14$), mientras que en *B. bipinnata* y *B. bicolor* se produjo una mejor

En *B. longipes* the bark is very soft and decomposes easily, so that the scarce root formation was associated with a high frequency (80%) of rotting. Because of this, it is necessary to test more porous substrates that retain water for a shorter time and that have been used successfully in the propagation of other species (Mesén *et al.*, 1997).

B. fagaroides and *B. glabrifolia* produced calluses and roots very easily, even without application of IBA (Figure 1, a and b), an observation confirmed by the lack of significant association between root formation and presence of the hormone (Fisher exact test, $p=0.62$ and 0.285). For this reason, propagation from cuttings is easy and inexpensive. In *B. copallifera* the same trend ($p=0.07$) was observed, and the development of calluses and roots, could probably increase if environmental variables, such as relative humidity and soil temperature, were controlled (Hartmann *et al.*, 1997; Mateo-Sánchez *et al.*, 1998).

In *B. lancifolia* there was a tendency to increase production of roots with an increment in IBA concentration (Figure 1b), although the association between hormone application and root production was not significant ($p=0.14$). *B. bipinnata* and *B. bicolor* had a better response with the low dosage of IBA (1500 ppm) than with the high dosage (10 000 ppm) (Figure 1, a and b); therefore it is recommended that lower concentrations be tested. *B. longipes* has the potential to increase callus and root development in response to IBA. But it has been reported that the reaction to IBA differs among species (Iglesias-Gutiérrez *et al.*, 1996).

More callus than root formation, occurring in all of the species, is a common response in cutting propagation (Mateo-Sánchez *et al.*, 1998). However, in this case a methodological problem could have

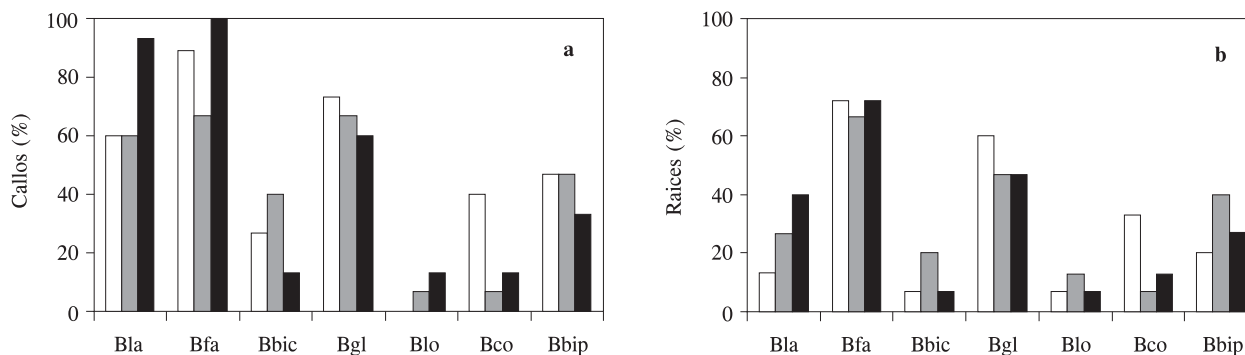


Figura 1. Porcentaje de formación de callos (a) y raíces (b) en estacas de siete especies del género *Bursera*: B la=*B. lancifolia*, B fa=*B. fagaroides*, B bic=*B. bicolor*, B gl=*B. glabrifolia*, B lo=*B. longipes*, B co=*B. copallifera*, B bip=*B. bipinnata*; barras blancas=testigo, grises=AIB 1500 ppm y negras=AIB 10 000 ppm.

Figure 1. Percentage of callus (a) and root (b) formation in cuttings of seven species of the genus *Bursera*: B la=*B. lancifolia*, B fa=*B. fagaroides*, B bic=*B. bicolor*, B gl=*B. glabrifolia*, B lo=*B. longipes*, B co=*B. copallifera*, B bip=*B. bipinnata*; white bars=control, grey bars=IBA 1500 ppm and black bars=IBA 10 000 ppm.

respuesta con la dosis baja de AIB (1500 ppm) que con la alta (10 000 ppm) (Figura 1, a y b), por lo que es recomendable probar concentraciones más bajas. *B. longipes* tiene potencial para aumentar el desarrollo de callo y raíces en respuesta al AIB; pero se ha reportado que la reacción a la aplicación de AIB difiere entre especies (Iglesias-Gutiérrez *et al.*, 1996).

La mayor formación de callo que de raíces, observada en todas las especies, es una respuesta común en la propagación por estacas (Mateo-Sánchez *et al.*, 1998). Sin embargo, en este caso un problema metodológico pudo ocasionar un decremento en la respuesta observada, ya que la diferenciación de las raíces pudo haberse interrumpido cuando las estacas fueron desenterradas durante la primera evaluación, pues se observó que después de ésta las hojas y yemas foliares de las estacas de *B. glabrifolia* y *B. bicolor* se secaron. Por ello, se recomienda esperar tres o cuatro meses antes de efectuar la valoración de las raíces.

La fecha de recolección se eligió considerando que las estacas de *B. linanoe* se obtienen durante la temporada seca (finales de febrero-principios de marzo), cuando los árboles están en estado de reposo. En un ensayo previo no publicado, las estacas de cuatro especies de *Bursera* recolectadas hacia el final de la época de lluvias (noviembre) no produjeron raíces (Bonfil, obs. pers.). Sin embargo, el tamaño de las estacas y las condiciones en las que permanecieron (invernadero, sustrato de agrolita) fueron diferentes, por lo que los resultados no son comparables. Si se usan estacas con hojas deberá mantenerse una alta humedad relativa, necesaria para la propagación exitosa de muchas especies (Landis *et al.*, 1992). No obstante, la fecha de recolección y el método empleado en este trabajo resultan adecuados para la propagación de cuatro especies (*B. fagaroides*, *B. glabrifolia*, *B. bipinnata* y *B. lancifolia*), en las condiciones de baja tecnología que presentan la mayoría de los viveros rurales de México.

Es probable también que se logre incrementar el porcentaje de éxito con ligeras variaciones al método usado; en particular mediante la aplicación de AIB en solución, ya que las soluciones líquidas han sido más efectivas para promover el enraizamiento en estacas de varias especies de eucaliptos y coníferas, que concentraciones similares de AIB en polvo (Prasad *et al.*, 1996; Mateo-Sánchez *et al.*, 1998). Adicionalmente, puede reducirse la evaporación y mantener una mayor humedad relativa, utilizando malla de sombra. Finalmente, pueden hacerse ensayos con estacas obtenidas de individuos juveniles, que tienen mayor potencial de enraizar que las provenientes de árboles maduros (Iglesias-Gutiérrez *et al.*, 1996).

caused a decrease in the observed response, since the differentiation of the roots could have been interrupted when the cuttings were dug up at the first evaluation; it could be observed that, after this, leaves and leaf buds on *B. glabrifolia* and *B. bicolor* cuttings dried up. Thus, it is recommended to wait three or four months before evaluating roots.

The choice of cutting collection dates was based on practices used for *B. linanoe*, whose cuttings are obtained during the dry season (end of February-beginning of March), when the trees are dormant. In an unpublished preliminary test, the cuttings of four *Bursera* species collected toward the end of the rainy season (November) did not produce roots (Bonfil, personal observation). However, the size of the cuttings and the conditions in which they were kept (greenhouse, Agrolite substrate) were different, and so the results are not comparable. If cuttings with leaves are used, high relative humidity should be maintained, necessary for the successful propagation of many species (Landis *et al.*, 1992). Nevertheless, the collection date and method used in this study are suitable for the propagation of four species (*B. fagaroides*, *B. glabrifolia*, *B. bipinnata*, and *B. lancifolia*), under the low technology conditions of most rural nurseries in México.

It is also likely that improved rooting can be achieved with slight variations in the method used, in particular with the application of IBA in solution, since liquid solutions have been more effective than similar concentrations in the powder form, for promoting rooting in cuttings of several species of eucalyptus and conifers (Prasad *et al.*, 1996; Mateo-Sánchez *et al.*, 1998). In addition, evaporation can be reduced and a higher relative humidity can be maintained by using net shading. Finally, tests can be conducted with cuttings from young specimens, which have greater potential for rooting than those from mature trees (Iglesias-Gutiérrez *et al.*, 1996).

CONCLUSIONS

Root development occurred in all of the species included in this study. The greatest root development was found in *B. fagaroides* (70%), while *B. glabrifolia*, *B. bipinnata*, *B. lancifolia*, and *B. copallifera* had average percentages between 50 and 18%. Root development was limited in *B. bicolor* and *B. longipes*. Root formation increased with the application of IBA in *B. lancifolia* and *B. bipinnata*. In *B. fagaroides*, *B. glabrifolia* and *B. copallifera*, there were no increases in root production in response to the application of the hormone.

—End of the English version—

CONCLUSIONES

Se presentó desarrollo de raíces en todas las especies incluidas en el estudio; el mayor correspondió a *B. fagaroides* (70%), mientras que *B. glabrifolia*, *B. bipinnata*, *B. lancifolia* y *B. copallifera* presentaron porcentajes promedio entre 50 y 18%. El desarrollo de raíces fue limitado en *B. bicolor* y *B. longipes*. La formación de raíces aumentó con la aplicación de AIB en *B. lancifolia* y *B. bipinnata*. En *B. fagaroides*, *B. glabrifolia* y *B. copallifera* no hubo incrementos en la producción de raíces en respuesta a la aplicación de la hormona.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los comentarios y sugerencias del editor y dos revisores, así como al personal y encargados del vivero de Huajintlán, Comisión Estatal de Agua y Medio Ambiente de Morelos. El presente trabajo fue financiado por la UNAM, a través de los proyectos PAPIIT IN231802, "Estructura y Dinámica de la vegetación ribereña y de taludes de la alta cuenca del río Tembembe, Mor: Análisis y experimentación con fines de restauración y conservación" y "Manejo de ecosistemas y desarrollo humano: las cuencas del Apatlaco y Tembembe, en el norponiente de Morelos".

LITERATURA CITADA

- Becerra, J. X., and D. L. Venable. 1999. Nuclear ribosomal DNA phylogeny and its implications for evolutionary trends in Mexican *Bursera* (Burseraceae). *Am. J. Bot.* 86: 1047-1057.
- Bonfil, C., I. Trejo, and R. García-Barrios. 2004. The experimental station "Barrancas del Río Tembembe" for ecological restoration in NW Morelos, México. *In: Proceedings 16th Annual Conference of the Society for Ecological Restoration*. Victoria, British Columbia, Canada. 23-27 de agosto 2004 (versión electrónica en CD).
- 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.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). Fichas técnicas de especies útiles para reforestación y restauración. Formato online: http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/pronare/fichas_tecnicas.htm. Fecha de consulta: 19 de agosto de 2005.
- Hartmann, H. T, D. E. Kester, F. T. Davies, and R. L. Geneve. 1997. *Plant Propagation: Principles and Practices*. Prentice Hall, New Jersey. 770 p.
- Iglesias Gutiérrez, L., J.A. Prieto Ruiz, y M. Alarcón Bustamante. 1996. La propagación vegetativa de plantas forestales. *Rev. Ciencia Forestal Méx.* 21: 15-41.
- Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. McDonald, and J. P. Barnett. 1992. *Atmospheric Environment*. Vol. 3. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook 674. Washington D. C., U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 145 p.
- Mateo Sánchez, J. J., J. Vargas Hernández, M. C. López Peralta, y J. Jasso Mata. 1998. Enraizado de estacas juveniles en cinco especies de coníferas ornamentales: efecto del ácido indolbutírico AIB y de la temperatura. *Rev. Ciencia Forestal Méx.* 23: 29-38.
- McVaugh, R., and J. Rzedowski. 1965. Synopsis of the genus *Bursera* L. in western México, with notes on the material of *Bursera* collected by Sessé & Mociño. *Kew Bull.* 18: 317-382.
- Mesén, F., A. C. Newton, and R. B. Leakey. 1997. Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken: the effects of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. *Forest Ecol. Manag.* 92: 45-54.
- Prasad S., M. R. Murthy, R. Karoshi, and M. Singh. 1996. Vegetative propagation of *Eucalyptus* species via Hidropit. *Indian Forester* 122: 850-853.
- Purata, S., M. Chibnik, B. Brosi, y A. López. 2004. Figuras de madera de *Bursera glabrifolia* H.B.K. (Engl.) en Oaxaca, México. *In: Alexiades, M. N., y P. Shanley (eds). Productos Forestales, Medios de Subsistencia y Conservación. Estudios de Caso sobre Sistemas de Manejo de Productos Forestales no Maderables*. CIFOR vol 3- América Latina. Indonesia. pp: 415-437
- Rzedowski, J., y H. Kruse. 1979. Algunas tendencias evolutivas en *Bursera* (Burseraceae). *Taxon* 28: 103-116.
- Rzedowski, J., R. Medina Lemos, y G. Calderón de Rzedowski. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Bot. Mex.* 70: 85-111.
- Society for Ecological Restoration (SER). 2002. *The SER Primer on Ecological Restoration*. Format on line: www.ser.org. Fecha de consulta: 20 junio 2005.
- Trejo, I., and R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national analysis in Mexico. *Biol. Cons.* 94: 133-142.
- Vázquez-Yanez, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz, y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte Técnico del Proyecto J-084-CONABIO. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Formato on line www.conabio.gob.mx. Fecha de consulta: 20 de julio 2005.
- Zar, J. H. 1996. *Bioestatistical Analysis*. 3rd. Ed. Prentice Hall, New Jersey. 121 p.