



## PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CANDELILLA (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) MEDIANTE ESTACAS

### PRODUCTION OF CANDELILLA SEEDLINGS (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) BY CUTTINGS

M. Villa-Castorena<sup>1</sup>; E. A. Catalán-Valencia<sup>1</sup>; M. A. Inzunza-Ibarra<sup>1</sup>; M. de L. González-López<sup>1</sup>; J. G. Arreola-Ávila<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID-RASPA, km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo, C. P. 35140. MÉXICO.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional de Zonas Áridas, Bermejillo, Dgo. MÉXICO.  
Correo-e: villa.magdalena@inifap.gob.mx

#### RESUMEN

En México, la recolección de candelilla representa una importante fuente de ingresos para las comunidades de las zonas semidesérticas consideradas como de extrema pobreza. Sin embargo, existe una sobreexplotación de esta especie, lo que hace necesario la reforestación de las áreas degradadas para la conservación de este recurso. En el presente estudio se evaluaron cuatro ecotipos: Cuatrociénegas, Viesca, Tlahualilo y Cuencamé; cuatro sustratos como medio de cultivo: arena, mezcla arena con fibra de coco (1:1), arena con turba (peat moss, 1:1) y mezcla de turba con perlita y vermiculita (1:1:1), y cuatro tratamientos químicos a las estacas para promover su enraizamiento y brotación: con prorooot, magic root, ácido fenoxiacético y un tratamiento sin aplicación de químicos. Se usó un diseño experimental de bloques al azar con diez repeticiones y un arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas. Se usaron bolsas de plástico negro, de 3.7 litros de capacidad, como macetas, las cuales se llenaron con los sustratos estudiados y se plantaron las estacas. Éstas se regaron cada dos o tres veces por semana y estuvieron dentro de un invernadero tipo túnel con cubierta de plástico y ventilado en forma natural. Los resultados indican que Cuatrociénegas posee características genéticas especiales que lo hacen ser superior al resto de los ecotipos y no necesita de productos químicos para la formación de raíces, emisión y crecimiento de brotes. Las mezclas de turba con perlita y vermiculita, y arena con turba proporcionaron las mejores condiciones para un mayor enraizamiento y crecimiento de brotes. Viesca sólo presentó efectos positivos al tratamiento de estacas con prorooot.

Recibido: 24 de julio, 2009  
Aceptado: 29 de septiembre, 2009  
doi: 10.5154/r.rchscfa.2009.07.027  
<http://www.chapingo.mx/revistas>

**PALABRAS CLAVE:** arena de río, *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., longitud de brotes y raíces, porcentaje de enraizamiento, turba.

#### ABSTRACT

In Mexico, the gathering of candelilla represents an important source of income for communities in semidesert zones that are marked by extreme poverty. However, this species is over-harvested, which makes it necessary to reforest these degraded areas for the conservation of this resource. The objective of this study was to evaluate four ecotypes: Cuatrociénegas, Viesca, Tlahualilo and Cuencamé; four growing media (substrates): a sandy soil, a mixture of river sand and coconut fiber (1:1), a mixture of river sand and peat moss (1:1) and a mixture of peat moss, perlite and vermiculite (1:1:1), as well as four chemical treatments to cuttings to promote root and bud emission: prorooot, magic root, a phenoxyiacetic acid (AFA) application and a treatment without chemical application. An experimental design of randomized complete blocks was used with ten replications and an arrangement of treatments in split-split plots. The cuttings were planted in 3.7-liter black plastic bags, each filled with the growing media studied and irrigated two or three times per week. The study was performed in a tunnel-type greenhouse with plastic covering and natural ventilation. The results indicate that Cuatrociénegas has special genetic characteristics that make it superior to the other ecotypes and requires no chemicals for root formation as well as shoot emission and growth. Mixtures of peat moss with perlite and vermiculite, and of peat moss with sand provide the best conditions for greatest rooting and shoot growth. Viesca only presented positive effects to the prorooot cutting treatment.

**KEY WORDS:** river sand, *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., shoot and root length, rooting percentage, peat moss.

## INTRODUCCIÓN

La candelilla es un recurso vegetal nativo de las zonas áridas y semiáridas del norte de México donde la temperatura media anual es superior a los 20 °C y la precipitación anual fluctúa entre los 50 a 350 mm. Su distribución abarca los estados de Durango, Zacatecas, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Coahuila, siendo este último el más importante en superficie y producción, ya que participa con el 80 % de la producción nacional (Valera, 2004; CONAFOR, 2005).

Como respuesta adaptativa a las condiciones ambientales extremas de las regiones áridas, la candelilla produce cera que le permite conservar la poca humedad que capta en los tiempos de lluvia y protegerse del exceso de energía calorífica (Scora *et al.*, 1995; CONAFOR, 2005). La cera de candelilla tiene en el país y en el extranjero un gran número de aplicaciones industriales y de uso doméstico que han aumentado en los últimos años. Destacan la fabricación de velas, manufactura de cosméticos, pinturas, recubrimientos para frutos de exportación, revestimientos aisladores, goma de mascar, ceras para calzado, ungüentos, jabones, envases desechables y productos para pulir y dar brillo a automóviles, muebles y pisos (Gupta y Mehrotra, 1997; Hagenmaier, 2000; Cervantes, 2002; Barsch, 2004).

En la manufactura de cosméticos, en el recubrimiento de dulces y frutos, como diluyente en la cera de abejas, ceras para calzado, velas, aislantes eléctricos, crayones, lustradores para pisos, ungüentos, jabones, moldes, modelos dentales, materiales eléctricos y aislantes, cableado de computadoras, y fabricación de papel térmico (NAS, 1975; Dávila, 1981; Esparza, 2003).

También se considera que la candelilla tiene un gran futuro mundial, puesto que es de los llamados “petrocultivos” o cultivos de donde se puede obtener compuestos de hidrocarburo susceptibles de ser convertidos a combustibles (Mehrotra y Ansari, 1992). De esta forma, se lograría producir combustibles a partir de un recurso natural renovable y la candelilla adquiriría mayor relevancia económica, especialmente en las tierras desérticas donde la producción de otros cultivos es improbable. Otra característica de la candelilla es que es una especie tolerante a la salinidad y a la sequía y tiene buena adaptación a suelos calcáreos y pobres en cuanto a fertilidad (De la Garza *et al.*, 1992; Flores *et al.*, 1994).

Actualmente la candelilla se explota básicamente como un recurso silvestre y su método de recolección consiste en arrancar las plantas con la mano, lo que destruye el cuello de la planta y una parte de las raíces ocasionando su destrucción o su baja regeneración. De esta forma se tiene una sobreexplotación de la candelilla, implicando el desplazamiento cada vez mayor de los

## INTRODUCTION

Candelilla is a native plant resource of the arid and semiarid zones of northern Mexico where the annual mean temperature is higher than 20 °C and annual average rainfall ranges between 50 a 350 mm. Its distribution covers the states of Durango, Zacatecas, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas and Coahuila, the last being the most important in terms of area and production, representing 80 % of national production (Valera, 2004; CONAFOR, 2005). As an adaptive response to the extreme environmental conditions in the arid regions, candelilla produces wax which allows it to retain what little moisture it captures in the times of rain and keeps out excess heat energy (Scora *et al.*, 1995; CONAFOR, 2005). In both Mexico and abroad, candelilla wax has a wide range of industrial applications and domestic uses that have only increased in recent years, highlighted by its use in the production of candles, cosmetics, paints, coatings for fruit exports, insulating coatings, chewing gum, shoe polishes, ointments, soaps, disposable packages and products for polishing automobiles, furniture and floors (Gupta y Mehrotra, 1997; Hagenmaier, 2000; Cervantes, 2002; Barsch, 2004).

It is also used in candy coatings, as a thinner in beeswax, electrical insulating, crayons, molds, dental models, electrical and insulating materials, computer wiring, and thermal paper manufacturing (NAS, 1975; Dávila, 1981; Esparza, 2003).

It is also believed that the candelilla has a great future internationally, since it is one of those so-called “petrocrops” – that is, crops from which hydrocarbon compounds susceptible to being converted into fuels can be obtained (Mehrotra and Ansari, 1992). Under this scenario, fuels would be produced from a renewable natural resource and the candelilla, consequently, would acquire greater economic importance, especially in desert lands where the production of other crops is unlikely. Another feature of the candelilla is that it is a species tolerant to salinity and drought, and it is well-adapted to calcareous soils poor in fertility (De la Garza *et al.*, 1992; Flores *et al.*, 1994).

Currently, the candelilla is mainly harvested as a wild resource. Its harvesting method consists of uprooting the plants by hand, thereby destroying the neck of the plant as well as part of the root structure and resulting in its destruction or low regeneration. The candelilla is thus overharvested, implying the ever-increasing displacement of the gatherers of this plant and an increase in the degraded plant community areas where it grows (De la Garza y Berlanga, 1993; Álvarez y Lorusso, 2004).

The first candelilla propagation tests were carried out by Flores (1941), (cited by Nieto, 1987), who utilized whole plants with roots exposed to the sun from 10 to 15 days and planted in turned-over soil with good moisture during

recolectores de esta planta y el aumento de las áreas degradadas de las comunidades vegetales donde crece (De la Garza y Berlanga, 1993; Álvarez y Lorusso, 2004).

Las primeras pruebas de propagación de la candelilla fueron realizadas por Flores (1941), (citado por Nieto, 1987), quien utilizó plantas completas con raíz que expuso al sol de 10 a 15 días y se plantaron en un suelo removido y con buena humedad durante el verano e invierno. Tal autor concluyó que se tiene una mortalidad del 10 % e indica que la propagación y multiplicación de la candelilla durante el invierno no requiere de una preparación esmerada del suelo; sin embargo en el verano sí es necesaria. Dávila (1981) señala que el mejor método para reproducir a la candelilla en campo es por medio de la plantación de cinco tallos a distancias equidistantes de 50 x 50 cm, lo cual produce una regeneración de la planta superior al 300 % después de dos años.

La producción de plántulas de candelilla mediante partes vegetativas en condiciones de vivero es una opción para la obtención de plantas vigorosas y sanas que sirvan para la reforestación de zonas degradadas y el establecimiento de esta especie vegetal en áreas de cultivo, para estudiar su comportamiento. Sin embargo en la actualidad no existe o no está reportada la investigación sobre las técnicas de producción de plántula de candelilla en vivero. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de cuatro ecotipos, cuatro sustratos como medio de cultivo y cuatro tratamientos con sustancias químicas para promover el enraizamiento en estacas de candelilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en Gómez Palacio, Dgo. en un invernadero semicircular cubierto con plástico y ventilado en forma natural. Se evaluaron cuatro ecotipos: Viesca (V) y Cuatrociénegas, Coah. (Ca), Cuencamé (Ce) y Tlahualilo (T), Dgo., cuatro sustratos como medio de cultivo: arena (A), mezcla arena+fibra de coco (AFC, 1:1), arena+turba (AT, 1:1) y turba+perlita+vermiculita (TPV, 1:1:1), las proporciones son con base en el volumen. También se evaluaron cuatro tratamientos a las estacas: con proroot (P), magic root (M), ácido fenoxiacético (AF) a la concentración de 1500 mg·litro<sup>-1</sup> y un testigo, sin tratar (T). La composición química del proroot y magic root se muestra en el Cuadro 1 y se manejaron a una concentración de 1,750 mg·litro<sup>-1</sup> de auxinas, para lo cual se mezclaron con talco para disminuir su concentración inicial. Los sustratos se caracterizaron físicamente mediante la determinación de densidad aparente y la capacidad de retención de humedad (Cuadro 2).

Se usó un diseño experimental de bloques al azar con diez repeticiones y un arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas. La parcela grande comprendió a los ecotipos, la mediana a los sustratos y la chica a las

the summer and winter. Flores concluded that it has a mortality rate of 10 % and further indicated that the spread and multiplication of the candelilla during the winter does not require careful soil preparation, although it is necessary in the summer. Dávila (1981) points out that the best method of reproducing candelilla in the field is by planting five stems at equidistant spaces of 50 x 50 cm, which produces a regeneration of the plant of greater than 300 % after two years.

Producing candelilla seedlings by using plant parts in nursery conditions is an option for obtaining healthy, vigorous plants that can reforest degraded areas and establish this plant species in areas of cultivation, in order to study its behavior. At present, however, there is no reported research on candelilla seedling production techniques in nursery conditions. The aim of this study was to evaluate the effect of four ecotypes, four growing media and four chemical treatments on root promotion in candelilla cuttings.

## MATERIALS AND METHODS

This work was carried out in Gómez Palacio, Dgo. in a semicircular greenhouse covered with plastic and naturally ventilated. Four ecotypes were evaluated: Viesca (V) and Cuatrociénegas, Coah. (Ca), Cuencamé (Ce) and Tlahualilo (T), Dgo. In addition, four growing media were also evaluated: a sandy soil (S), river sand+coconut fibre (RSCF, 1:1), river sand+peat moss (RSPM, 1:1) and peat moss+perlite+vermiculite (PMPV, 1:1:1); the proportions are based on the volume. As well, four cuttings treatments were assessed: with proroot (P), magic root (M), phenoxyacetic acid (PA) at a concentration of 1500 mg·liter<sup>-1</sup> and one untreated control (T). The chemical composition of the proroot and magic root is shown in Table 1. They were handled at a concentration of 1,750 mg·liter<sup>-1</sup> of auxins, for which they were mixed with talc in order to reduce their initial concentration. The media were characterized

**CUADRO 1. Composición química del proroot y magic root.**

**TABLE 1. Chemical composition of proroot and magic root.**

Producto	Constituyentes	Concentración
Proroot	N total	11.0 %
	Fósforo aprovechable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	55.0 %
	Ácido Naftalenacético (ANA)	2,800 mg·kg <sup>-1</sup>
	Ácido Indolbutírico	200 mg·kg <sup>-1</sup>
	Ácido Fúlvico	2.0 %
Magic root	N elemental (N)	12.0 %
	N amoniacal	12.0 %
	Fósforo aprovechable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	60 %
	Auxinas	2,900 mg·kg <sup>-1</sup>
	Ácido Fúlvico	2.0 %

**CUADRO 2. Propiedades físicas de los sustratos estudiados.****TABLE 2. Physical properties of the media studied.**

Sustrato retención	Densidad aparente (g·cm <sup>-3</sup> )	Capacidad de humedad (cm <sup>3</sup> ·cm <sup>-3</sup> )
Arena	1.34	0.09
Mezcla de Turba, Perlita y Vermiculita (1:1:1, v:v:v)	0.162	0.46
Mezcla Arena y Turba (1:1, v:v)	0.80	0.43
Mezcla Arena y Fibra de Coco (1:1,v:v)	0.72	0.44

sustancias promotoras del enraizamiento. De esta forma se tuvieron 64 tratamientos y 640 macetas en total.

Antes de la plantación, se llenaron bolsas de plástico negro calibre 600 de 3.7 litros de capacidad con los sustratos estudiados. En seguida, se les aplicó 1 litro de agua con el fin de humedecer el sustrato y se dejaron 24 horas para que drenara el exceso de agua.

El material vegetativo se colectó de lugares geográficos establecidos (ecotipos). Se tomaron plantas completas con raíces, sanas y vigorosas. Se llevaron a un lugar sombreado y se dejaron de cinco a siete días, después se llevaron al invernadero donde se seleccionaron estacas de tallos de 20 cm con tres nudos. Éstas se sellaron en la parte superior con vaselina y se trataron en su parte basal con una solución de captán 50 a razón de 1 g·litro<sup>-1</sup> de agua con el fin de prevenir pudriciones radiculares. En seguida, se les trató con la sustancia química correspondiente a cada tratamiento, para lo cual se tomaron grupos de 15 a 20 estacas y sus partes basales se impregnaron con las sustancias estudiadas por un tiempo de cinco segundos. Se plantaron cuatro estacas en cada bolsa y se regaron inmediatamente; los riegos subsecuentes se aplicaron de dos a tres veces por semana, según las condiciones climatológicas, con una manguera de plástico con un aspersor.

A los 90 días de haber iniciado el estudio se registró el número de estacas enraizadas, número y longitud de brotes y longitud de raíces en cada tratamiento. Las dos últimas variables se sumaron para obtener la longitud total de brotes y raíces. Los datos se analizaron estadísticamente mediante el procedimiento GLM del SAS Versión 8.0 (SAS Institute, 1999) y se realizaron comparaciones de medias mediante la prueba Duncan a un  $P=0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza

Los ecotipos, tratamientos químicos y la interacción de ambas variables afectaron de manera significativa al

physically by determining their apparent density and moisture holding capacity (Table 2).

An experimental design of randomized complete blocks was used with ten replications and an arrangement of treatments in split-split plots. The large plot was used for the ecotypes, the medium for the media and the small one for the root-promoting substances. In total, then, the study involved 64 treatments and 640 plastic bags. Prior to planting, 3.7-liter, 600-thickness black plastic bags were filled with the media studied and 1 liter of water was applied to moisten the media; they were then left for 24 hours so that excess water could drain off.

The plant material was collected from established geographical locations (ecotypes). Whole plants with healthy, vigorous roots were taken. They were moved to a shady spot and left there for five to seven days, after which they were taken to the greenhouse where 20-cm stem cuttings with three nodes were selected. They were sealed at the top with petroleum jelly (Vaseline) and treated at their base with a captan 50 solution at a rate of 1 g·liter<sup>-1</sup> of water in order to prevent root rot.

They cuttings were treated with the chemical substance corresponding to each treatment, for which groups of 15 to 20 cuttings and their basal parts were taken and impregnated with the substances studied for a period of five seconds. Four cuttings were planted in each bag and irrigated immediately; the subsequent irrigations were applied two to three times a week, based on weather conditions, using a plastic hose with a sprayer.

At 90 days after having started the study, the number of rooted cuttings, number and length of shoots and length of roots in each treatment were recorded. The last two variables were added to obtain the total length of shoots and roots. The data was statistically analyzed using the GLM procedure for SAS Version 8.0 (SAS Institute, 1999) and means comparisons were carried out using Duncan's test to  $P=0.05$ .

An experimental design of randomized complete blocks was used with ten replications and an arrangement of treatments in split-split plots. The large plot was used for the ecotypes, the medium for the media and the small one for the root-promoting substances. In total, then, the study involved 64 treatments and 640 plastic bags serving as flower pots. Prior to planting, 3.7-liter, 600-thickness black plastic bags were filled with the media studied. Next, 1 liter of water was applied to moisten the media; they were then left for 24 hours so that excess water could drain off.

The plant material was collected from established geographical locations (ecotypes). Whole plants with healthy, vigorous roots were taken. They were moved to a

porcentaje de estacas enraizadas, el número de brotes por estaca, la longitud total de brotes y de raíces (Cuadro 3). En tanto que, los efectos de los sustratos y la interacción sustrato por tratamiento químico fueron sólo significativos para las variables longitud total de brotes y porcentaje de estacas enraizadas, respectivamente. Las demás interacciones entre los factores estudiados no afectaron estadísticamente a las variables evaluadas.

### Estacas enraizadas

La comparación de medias de la interacción entre ecotipos y tratamientos químicos, indica que Cuatrociénegas sin tratar mostró el porcentaje de estacas enraizadas más alto (Cuadro 4). Le siguieron en orden descendente las combinaciones Cuencamé sin tratar, Cuatrociénegas con proroot, Cuatrociénegas con magic root y Tlahualilo sin tratar, las cuales no fueron estadísticamente diferentes entre ellas ( $P=0.05$ ) y tuvieron en promedio un 46 % de enraizamiento que representa el 71 % de la mejor combinación. En seguida Cuencamé con magic root, Viesca sin tratar y Tlahualilo con magic root mostraron un 26 % en promedio de enraizamiento que representa el 40 % de la mejor combinación y por último el grupo de Cuencamé, Tlahualilo y Viesca con proroot, Viesca, Cuatrociénegas, Tlahualilo y Cuencamé con ácido fenoxiacético y Viesca con magic root con un enraizamiento promedio del 11 % que constituye el 16 % de la mejor combinación.

La interacción entre el sustrato y tratamiento químico indica que las mezclas de turba con perlita y vermiculita y la de arena con turba sin tratamiento químico mostraron el porcentaje de enraizamiento más alto, con un promedio del 53 % (Cuadro 5). Les siguieron la arena y la mezcla de arena con fibra de coco sin tratar, con un promedio del 39 % de enraizamiento. La arena y la mezcla de turba con perlita y vermiculita con magic root produjeron en promedio un 30 % de estacas enraizadas. Las mezclas de arena con turba y con fibra de coco con magic root y los cuatro sustratos con proroot promovieron en promedio un 21 % de enraizamiento. El grupo de arena, turba con perlita y vermiculita y arena con

shady spot and left there for five to seven days, after which they were taken to the greenhouse where 20-cm stem cuttings with three nodes were selected. They were sealed at the top with petroleum jelly (Vaseline) and treated at their base with a captan 50 solution at a rate of 1 g-liter<sup>-1</sup> of water in order to prevent root rot.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Analysis of variance

The ecotypes, chemical treatments and the interaction of both variables significantly affected the percentage of rooted cuttings, the number of shoots per cutting, and the total length of shoots and roots (Table 3). On the other hand, the effects of the media and the medium interaction by chemical treatment were only significant for the total length of shoots and percentage of rooted seedlings variables, respectively. The other interactions among the factors studied did not statistically affect the variables evaluated.

### Rooted cuttings

The comparison of means of the interaction between ecotypes and chemical treatments indicates that untreated Cuatrociénegas showed the highest percentage of rooted cuttings (Table 4). It was followed in descending order by the combinations here listed: untreated Cuencamé, Cuatrociénegas with proroot, Cuatrociénegas with magic root and untreated Tlahualilo, which had no statistical differences among them ( $P=0.05$ ) and an average of 46 % rooting, representing 71 % of the best combination, followed by Cuencamé with magic root, untreated Viesca and Tlahualilo with magic root. These latter combinations showed an average of 26 % rooting, representing 40 % of the best combination. Finally, the group consisting of Cuencamé, Tlahualilo and Viesca with proroot, Viesca, Cuatrociénegas, Tlahualilo and Cuencamé with phenoxyacetic acid and Viesca with magic root rounded out the list. This group had

**CUADRO 3. Resultados del análisis de varianza de estacas enraizadas, brotes por estacas, longitud total de brotes y raíces.**

**TABLE 3. Results of the analysis of variance for rooted cuttings, shoots per cutting, total length of shoots and roots.**

Fuente	Estacas enraizadas (%)	Brotes por estaca	Longitud total de brotes	Longitud total de raíces
Ecotipos	**	*	**	**
Sustratos	NS	NS	*	NS
Tratamientos químicos	**	**	**	**
Ecotipo X Sustrato	NS	NS	NS	NS
Ecotipo X Tratamientos químicos	**	**	**	**
Sustrato X Tratamientos químicos	**	NS	NS	NS
Ecotipo X Sustrato X Tratamientos químicos	NS	NS	NS	NS

NS: no significativo a un  $P \leq 0.05$ , \* significativo a un  $P = 0.05$ , \*\* altamente significativo a un  $P = 0.01$ .

**CUADRO 4. Medias del porcentaje de enraizamiento en la interacción ecotipo por tratamientos químicos.**

**TABLE 4. Rooting percentage means for the ecotype interaction by chemical treatments.**

Ecotipo	Tratamiento químico	Media (%)
Cuatrociénegas	Sin tratar	65.0 a
Cuencamé	Sin tratar	52.5 b
Cuatrociénegas	Proroot	45.0 b
Cuatrociénegas	Magic root	45.0 b
Tlahualilo	Sin tratar	42.5 b
Cuencamé	Magic root	32.5 c
Viesca	Sin tratar	25.0 c
Tlahualilo	Magic root	20.0 c
Cuencamé	Proroot	17.5 cd
Tlahualilo	Proroot	12.5 d
Viesca	Ac. Fenoxiacético	10.0 d
Viesca	Magic root	10.0 d
Cuatrociénegas	Ac. Fenoxiacético	10.0 d
Tlahualilo	Ac. Fenoxiacético	10.0 d
Viesca	Proroot	7.5 d
Cuencamé	Ac. Fenoxiacético	7.5 d

<sup>1</sup>Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan  $P=0.05$ ).

fibra de coco combinados con ácido fenoxiacético mostraron un 10 % en promedio de enraizamiento y por último la mezcla de arena con turba con sólo el 8 % del enraizamiento producido en las dos mejores combinaciones.

### Brotos por estaca

La emisión de brotes por estaca en las combinaciones de Cuatrociénegas, Cuencamé y Tlahualilo sin tratar y en Cuencamé con magic root, fue estadísticamente similar ( $P=0.05$ ) y superior a la observada en el resto de las combinaciones (Figura 1). El promedio de brotes por estacas en esos tratamientos fue de 1.7 y fue mayor en un 83 % al promedio registrado en las combinaciones de Cuatrociénegas con magic root y proroot, Cuencamé y Tlahualilo con proroot, y en un 183 % al del promedio de Viesca sin tratar y con magic root y proroot. Los cuatro ecotipos combinados con ácido fenoxiacético y Tlahualilo con magic root mostraron la menor brotación de estacas con apenas 10 % de la registrada en las mejores combinaciones.

### Longitud total de brotes

El tipo de sustrato afectó de manera significativa a la longitud total de brotes, las mezclas de turba con perlita y vermiculita y la turba con arena proporcionaron las mejores condiciones para un crecimiento de brotes mayor que el resto de los sustratos (Cuadro 6). El promedio de la longitud total de brotes en ambos sustratos fue de 14.3 cm y fue superior en 35 % al registrado en la mezcla de arena con

an average of 11 % rooting, constituting 16 % of the best combination.

The interaction between the medium and chemical treatment indicates that the mixture of peat moss with perlite and vermiculite and that of river sand with peat moss, without chemical treatment, showed the highest rooting percentage, with an average of 53 % (Table 5). They were followed by the sandy soil and the untreated mixture of river sand with coconut fiber, with 39 % average rooting. The sandy soil and the mixture of peat moss with perlite and vermiculite with magic root produced an average of 30 % rooted cuttings. The river sand mixtures with magic root, one with peat moss and the other with coconut fiber, and the four media with proroot promoted on average 21 % rooting. The group consisting of sandy soil, peat moss with perlite and vermiculite, and river sand with coconut fiber combined with phenoxiacetic acid showed an average of 10 % rooting. Lastly, the mixture of river sand with peat moss yielded only 8 % of the rooting produced in the two best combinations.

### Shoots per cutting

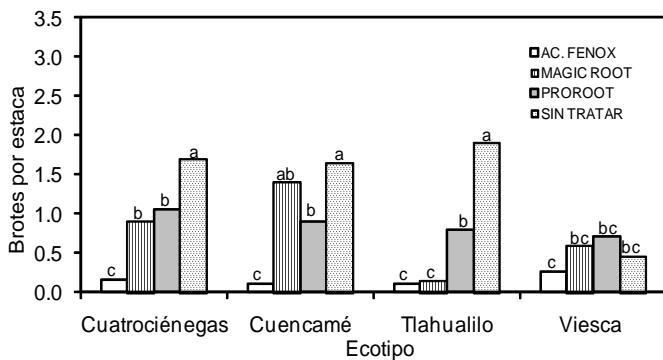
Shoot emission per cutting in the combinations of Cuatrociénegas, untreated Cuencamé and Tlahualilo and in Cuencamé with magic root, was statistically similar ( $P=0.05$ ) and greater than that observed in the other combinations (Figure 1). The shoot average per cutting in these treatments was 1.7, and it was 83% higher than the

**CUADRO 5. Medias del porcentaje de enraizamiento en la interacción sustratos por tratamientos químicos.**

**TABLE 5. Mean rooting percentages for media interaction by chemical treatments.**

Sustrato	Tratamiento químico	Media (%)
Turba+Perlita+Vermiculita	Sin tratar	56.3 a
Arena+Turba	Sin tratar	49.5 a
Arena	Sin tratar	41.3 b
Arena+fibra de coco	Sin tratar	37.5 b
Arena	Magic root	32.5 bc
Turba+Perlita+Vermiculita	Magic root	28.3 cd
Arena+turba	Magic root	23.8 d
Arena+fibra coco	Proroot	22.0 d
Turba+Perlita+Vermiculita	Proroot	21.3 d
Arena+turba	Proroot	20.8 d
Arena+Fibra coco	Magic root	20.0 d
Arena	Proroot	18.8 d
Arena	Ac. Fenoxiac.	15.0 de
Turba+Perlita+Vermiculita	Ac. Fenoxiac.	8.3 e
Arena+Fibra coco	Ac. Fenoxiac.	8.3 e
Arena+turba	Ac. Fenoxiac.	4.5 f

<sup>1</sup>Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan  $P=0.05$ ).



**FIGURA 1.** Interacción entre ecotipo y tratamientos químicos en el número de brotes por estaca. Barras con la misma letra indica no diferencia estadística (Duncan,  $P=0.05$ ) entre combinaciones.

**FIGURE 1.** Interaction between ecotype and chemical treatments in the number of shoots per cutting. Bars with the same letter indicate no statistical difference (Duncan,  $P=0.05$ ) among combinations.

fibra de coco y la arena, los cuales no fueron estadísticamente diferentes entre ellos.

Estos resultados podrían deberse a que tanto la mezcla de la turba con perlita y vermiculita y la de turba con arena tuvieron un componente orgánico (turba) que por su naturaleza contiene nutrientes; estas mezclas hubo una capacidad de retención de humedad similar.

El análisis de la interacción ecotipos por tratamientos químicos (Cuadro 7) señaló que Cuatrociénegas sin tratar, Cuencamé sin tratar y Cuencamé con magic root, promovieron mayor crecimiento de brotes que el resto de las combinaciones. Ellos no fueron estadísticamente diferentes ( $P=0.05$ ) y tuvieron en promedio una longitud de brotes de 29.7 cm que fue superior en 22 % a la registrada en Tlahualilo sin tratar. Cuencamé y Viesca con proroot, Viesca y Cuatrociénegas con magic root y Cuatrociénegas con proroot afectaron de manera similar al crecimiento de brotes y registraron en promedio 12.7 cm de longitud total de brotes. Las combinaciones de Tlahualilo con proroot y magic root, Viesca sin tratar y los cuatro ecotipos tratados con ácido fenoxiacético tuvieron los brotes de menor tamaño con una longitud promedio de 3.4 cm que representa 11 % de las mejores combinaciones.

**Longitud total de raíces**

En el análisis de la interacción ecotipos con tratamientos químicos, nuevamente Cuatrociénegas sin tratar, sobresale con un mayor crecimiento de raíces que el del resto de las combinaciones (Figura 2).

Le siguieron en orden descendente Cuencamé con magic root, Tlahualilo y Cuencamé sin tratar, Cuatrociénegas con magic root y Cuencamé, Cuatrociénegas y Viesca con proroot; esas combinaciones

recorded average in the combinations of Cuatrociénegas with magic root and proroot, and Cuencamé and Tlahualilo with proroot. It was 183 % higher than the average in both untreated Viesca and in Viesca with magic root and proroot. The four ecotypes combined with phenoxyacetic acid and Tlahualilo with magic root showed the lowest shoot emission per cutting with just 10 % of that recorded in the best combinations.

**Total shoot length**

The medium type significantly affected total shoot length. The mixture of peat moss with perlite and vermiculite and that of peat moss with river sand provided the best conditions for shoot growth, greater than that of the other media (Table 6). Average total shoot length in both media was 14.3 cm, and it was 35 % higher than the recorded average in the mixture of river sand with coconut fiber and the sandy soil. There were no statistical differences among them.

These results could be as much due to the fact that the mixture of peat moss with perlite and vermiculite and that of peat moss with river sand had an organic component (peat moss) that, by its nature, contains nutrients; there was a similar moisture-holding capacity in these mixtures.

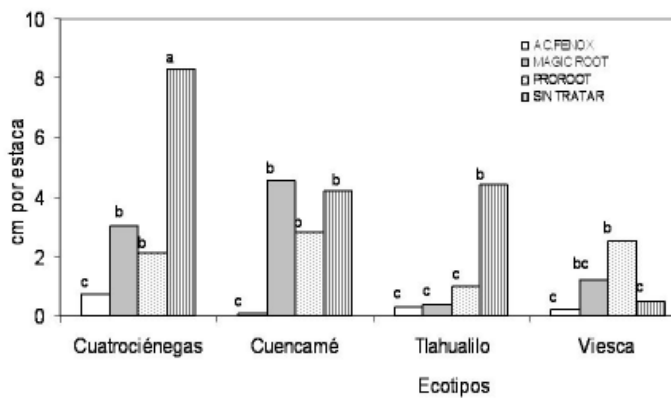
The analysis of media interaction by chemical treatment (Table 7) indicated that untreated Cuatrociénegas, untreated Cuencamé and Cuencamé with magic root promoted greater shoot growth than the other combinations. They were not statistically different ( $P=0.05$ ) and had an average shoot length of 29.7 cm, which was 22 % higher than that recorded in untreated Tlahualilo. Cuencamé and Viesca with proroot, Viesca and Cuatrociénegas with magic root and Cuatrociénegas with proroot had a similar effect on shoot growth, recording an average total shoot length of 12.7 cm. The combinations of Tlahualilo with proroot and magic root, untreated Viesca and the four ecotypes treated with phenoxyacetic acid had the smallest shoots with an average length of 3.4 cm, representing 11 % of the best combinations.

**CUADRO 6.** Valores medios de la longitud total de brotes de los sustratos estudiados.

**TABLE 6.** Mean values of total shoot length for the media studied.

Sustrato	Media (cm) <sup>†</sup>
Turba+perlita+vermiculita	15.9 a
Turba+arena	12.8 ab
Arena + Fibra de coco	10.8 b
Arena	10.5 b

<sup>†</sup>Medias con la misma letra no son diferentes (Duncan,  $P=0.05$ ).



**FIGURA 2.** Interacción entre el ecotipo y el tratamiento químico en la longitud total de raíces. Barras con la misma letra indica no diferencia estadística (Duncan,  $P=0.05$ ) entre combinaciones.

**FIGURE 2.** Interaction between ecotype and chemical treatment for total root length. Bars with the same letter indicate no statistical difference (Duncan,  $P=0.05$ ) among combinations.

no fueron estadísticamente diferentes ( $P=0.05$ ) y tuvieron una longitud promedio de 3.5 cm que representa 42% de la registrada en Cuatrociénegas sin tratar.

Cuatrociénegas y Cuencamé con ácido fenoxiacético, Tlahualilo con las tres sustancias químicas probadas y Viesca con ácido fenoxiacético, magic root y sin tratar produjeron el crecimiento más bajo de raíces, ellas tuvieron en promedio 0.6 cm de longitud de raíces que constituye 7% del crecimiento observado en la mejor combinación.

Los ecotipos afectaron de manera diferente al enraizamiento de estacas y al crecimiento de las raíces. Cuatrociénegas sin tratar tuvo mayor capacidad para promover mayor enraizamiento de estacas que el resto de las combinaciones de los ecotipos con los tratamientos químicos. Además, al parecer, Cuatrociénegas tuvo un nivel adecuado de auxinas endógenas que le permitieron emitir más raíces bajo condiciones de no tratamiento químico lo cual se reflejó en una mayor longitud de raíces. Por el contrario Viesca mostró una pobre capacidad para producir raíces y ella respondió positivamente a la aplicación de proroot. La respuesta diferente entre ecotipos a diversos factores se ha reportado en otras especies. Tal es el caso de ecotipos de *Holcus lanatus* L. que tuvieron diferente grado de tolerancia a la concentración de zinc en el suelo (Rengel, 2000) y de *Bromus stamineus* Desv. y *Bromus lithobius* Trin. a la concentración de aluminio (Toneatti, 2005). También en especies forrajeras se reporta que el ecotipo tiene un efecto significativo en la respuesta de la planta. Por ejemplo, en la producción de materia seca de *Gliricidia sepium* (Jacq.) (Gómez et al., 1990) y *Centrosema pubescens* (Benth.) (Espinoza et al., 1993); en la composición mineral del tejido vegetal de *Leucaena leucocephala* Lam de Wit (Ferrer et al., 1996), así como en el rendimiento y calidad de semilla de tres especies del género *Brachiaria* (Enríquez et al., 2005).

**CUADRO 7.** Medias de la longitud total de brotes en la interacción ecotipo por tratamientos químicos.

**TABLE 7.** Average total shoot length in ecotype interaction by chemical treatment.

Ecotipo	Tratamiento químico	Media (%)
Cuatrociénegas	Sin tratar	32.8 a
Cuencamé	Sin tratar	28.8 a
Cuencamé	Magic root	27.4 ab
Tlahualilo	Sin tratar	24.3 b
Cuencamé	Proroot	16.5 c
Viesca	Proroot	14.1 cd
Viesca	Magic root	11.6 cd
Cuatrociénegas	Magic root	11.1 cd
Cuatrociénegas	Proroot	10.3 cd
Tlahualilo	Proroot	7.3 d
Viesca	Sin tratar	4.9 d
Viesca	Ac. Fenoxiacético	4.2 d
Tlahualilo	Magic root	3.4 d
Cuatrociénegas	Ac. Fenoxiacético	2.3 d
Cuencamé	Ac. Fenoxiacético	0.9 d
Tlahualilo	Ac. Fenoxiacético	0.9 d

<sup>1</sup>Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan  $P=0.05$ ).

### Total root length

In the analysis of ecotype interaction with chemical treatments, untreated Cuatrociénegas once again stands out, yielding better root growth than the other combinations (Figure 2).

Following it in descending order are Cuencamé with magic root, untreated Tlahualilo and Cuencamé, Cuatrociénegas with magic root, and Cuencamé, Cuatrociénegas and Viesca with proroot; these combinations were not statistically different ( $P=0.05$ ) and had an average length of 3.5 cm, representing 42 % of that recorded for untreated Cuatrociénegas.

Cuatrociénegas and Cuencamé with phenoxyacetic acid, Tlahualilo with the three chemical substances tested, and untreated Viesca with phenoxyacetic acid and magic root produced the lowest root growth, with roots averaging only 0.6 cm in length, constituting 7 % of the growth observed in the best combination.

The ecotypes affected differently the rooting process of the cuttings and root growth. Untreated Cuatrociénegas had a greater ability to promote superior rooting of the cuttings than all the other combinations of the ecotypes with the chemical treatments. In addition, it appears that Cuatrociénegas had enough endogenous auxins to enable it to emit more roots under chemically-untreated conditions,



Los resultados de la interacción entre sustratos y tratamientos químicos mostraron que estos últimos no tuvieron una respuesta positiva en el enraizamiento de estacas. Se esperaba lo contrario, ya que el proroot y magic root contienen auxinas que son sustancias que promueven la formación de raíces (Hartman *et al.*, 2002; Badilla y Murillo, 2005). Sin embargo, en estudios sobre el efecto de la aplicación de auxinas a estacas de las especies *Rosamarinus officinalis* L. (Lemes *et al.*, 2001), *Bursera fagaroides* (Bonfil-Sanders *et al.*, 2007) y *Malpighiaglabra* L. y *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C. (Moratinos *et al.*, 2008) no se ha encontrado una respuesta positiva; lo cual coincide con los resultados encontrados en este estudio.

Las mezclas de turba con perlita y vermiculita, y arena con turba proporcionaron las mejores condiciones para un mayor enraizamiento y crecimiento de brotes. Esas mezclas tuvieron una capacidad de retención de humedad similar y además tuvieron un componente orgánico que por su naturaleza contenían nutrientes, lo cual pudo haber contribuido a la mejor respuesta del enraizamiento de estacas en esos sustratos.

La longitud de brotes, al igual que en el caso de porcentaje de enraizamiento y número de brotes, tuvo poca respuesta al tratamiento químico de las estacas. Sólo en Viesca las estacas tratadas con proroot y magic root superaron al testigo. Se esperaba una respuesta positiva a la aplicación de proroot y magic root ya que ellos contienen nutrientes que promueven el crecimiento de brotes (Álvarez *et al.*, 2004; Badilla y Murillo, 2005). Cuatrociénegas y Cuencamé mostraron brotes más largos que los otros ecotipos.

## CONCLUSIONES

Cuatrociénegas posee características genéticas especiales que lo hacen ser superior al resto de los ecotipos y no necesita de productos químicos para la formación de raíces, emisión y crecimiento de brotes.

Los sustratos de turba con perlita y vermiculita, y arena con turba promovieron un mayor porcentaje de estacas enraizadas y crecimiento de brotes.

El tratamiento a las estacas con proroot y magic root sólo afectó de manera positiva el crecimiento de brotes y raíces del ecotipo de Viesca.

Las estacas tratadas con ácido fenoxiacético mostraron el menor porcentaje de estacas enraizadas, crecimiento de brotes y raíces en todos los ecotipos estudiados.

which is reflected in greater root length. By contrast, Viesca showed a poor ability to produce roots under chemically-untreated conditions; however, it responded positively to the application of proroot. The different response among ecotypes to various factors has been reported in other species. Such is the case with the ecotypes of *Holcus lanatus* L. which had a different degree of tolerance to zinc concentrations in the soil (Rengel, 2000) and of *Bromus stamineus* Desv. and *Bromus lithobius* Trin. to aluminum concentrations (Toneatti, 2005). In addition, it has been reported that ecotype has a significant effect on plant response in the case of fodder species. For example, this can be seen in the dry material production of *Gliricidia sepium* (Jacq.) (Gómez *et al.*, 1990) and *Centrosema pubescens* (Benth.) (Espinoza *et al.*, 1993), the mineral composition of *Leucaena leucocephala* Lam de Wit plant tissue (Ferrer *et al.*, 1996), and in the yield and seed quality of three species of the genus *Brachiaria* (Enríquez *et al.*, 2005).

The results of the interaction between media and chemical treatments showed that this latter group did not have a positive response in the process of cutting root formation. This was the opposite of what was expected, since proroot and magic root contain auxins, which are substances that promote root formation (Hartman *et al.*, 2002; Badilla and Murillo, 2005). However, studies on the effect of auxin application on the cuttings of the species *Rosamarinus officinalis* L. (Lemes *et al.*, 2001), *Bursera fagaroides* (Bonfil-Sanders *et al.*, 2007) and *Malpighiaglabra* L. and *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C. (Moratinos *et al.*, 2008) have not found a positive response, which coincides with the results found in this study.

The mixture of peat moss with perlite and vermiculite and that of river sand with peat moss provided the best conditions for greater rooting and shoot growth. These mixtures had a similar moisture-holding capacity and also an organic component that, by its nature, contains nutrients which may have contributed to the better rooting response in these media.

Shoot length, as in the case of rooting percentage and the number of roots, had little response to the cuttings' chemical treatment. Only in Viesca did the roots treated with proroot and magic root surpass the control. A positive response was expected to the application of proroot and magic root since they contain nutrients that promote shoot growth (Álvarez *et al.*, 2004; Badilla and Murillo, 2005). Cuatrociénegas and Cuencamé showed longer shoots than the other ecotypes.

## AGRADECIMIENTOS

El presente escrito forma parte del proyecto titulado

## CONCLUSIONES

Cuatrociénegas has special genetic characteristics

Técnicas para la Producción de Plántula de Candelilla para Reforestar Áreas Degradadas y su Establecimiento en Campo para Cultivo. Financiado por el Fondo Sectorial CONAFOR CONACYT convocatoria S0002-2005-2.

that make it superior to the other ecotypes and requires no chemical products for root formation and shoot emission and growth.

The media of peat moss with perlite and vermiculite, and that of river sand with peat moss provided a greater percentage of rooted cuttings and shoot growth.

Treating the cuttings with proroote and magic root only had a positive effect on shoot and root growth in the Viesca ecotype.

The cuttings treated with phenoxyacetic acid showed the lowest percentage of both rooted cuttings and shoot and root growth in all the ecotypes studied.

## LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, R.; LORUSSO, N.. 2004. La Candelilla: Recurso del Desierto Chihuahuense, Revista Pronatura Núm. 5, México D. F.
- ÁLVAREZ, R.; BRICEÑO, J.; GRATEROL, I. C.; QUINTERO, J. Z.; MATERANO, W.; MAFFEI M. 2004. Evaluación de algunos métodos y prácticas de propagación en la especie caimito *Chrysophyllum cainito* L. II Asexual. Revista Facultad de Agronomía (LUZ). 1: 54-59.
- BADILLA, V. Y.; MURILLO G. O. 2005. Enraizamiento de estacas de especies forestales. Kurú Revista Forestal (Costa Rica). 2(6): 1-6.
- BARSCH, F. 2004. Candelilla (*Euphorbia antispyhillitica*): utilization in Mexico and international trade. Medicinal Plant Conservation 9: 46-50.
- BONFIL-SANDERS C., P.; MENDOZA HERNÁNDEZ E.; ULLOA NIETO, J. A. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del Género *Bursera*. Agrociencia. 41: 103-109.
- CERVANTES, R. M. C. 2002. Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Temas Selectos de Geografía de México. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp. 125-137.
- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). 2005. La Candelilla. [http://www.conafor.gob.mx/revista\\_forestal/vol207](http://www.conafor.gob.mx/revista_forestal/vol207). Consultado el 23 de septiembre del 2005.
- DÁVILA, A. H. 1981. Métodos de reproducción de candelilla (*Euphorbia antispyhillitica*). Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto, Publicación Especial No. 31, INIF. México, D. F. pp. 346-350.
- DE LA GARZA, DE LA P. F. E.; BERLANGAR., C. A.; TOVAR V., F. J. 1992. Guía para el establecimiento y manejo de plantaciones de candelilla. Folleto Divulgativo Núm. 2. SARH. INIFAP. Campo Experimental La Saucedá. Saltillo, Coah. Méx. 14 p.
- DE LA GARZA, DE LA P. F. E.; BERLANGA R., C. A. 1993. Metodología para la evaluación y manejo de candelilla en condiciones naturales. Folleto Técnico Núm. 5. INIFAP Campo experimental "La Saucedá". Saltillo, Coah, Méx. 46 p.
- ENRÍQUEZ, Q. J. F.; QUERO C., A. R.; HERNÁNDEZ G., A. 2005. Rendimiento de semilla e índice de llenado de grano en diversos ecotipos de tres especies del género *Brachiaria*. Técnica Pecuaria en México. 43(2):259-273.
- ESPARZA, H. 2003. La Vida en el Desierto: Ocampo Candelillero, Revista Nomádica Núm. 5, Torreón, México, Enero-Febrero.
- ESPINOZA, M. F.; ARGENTI P., P. M.; RODRÍGUEZ DE L., I. E.; GIL G., J. L.; GUENNI O.; BOTACCIO R. 1993. Rendimiento en materia seca de ecotipos nativos e introducidos del género *Centrosema*, en los estados Anzoátegui y Cojedes. Zootecnia Tropical. 11(2): 171-193.
- FERRER, O.; URDANETA, J.; RAZZ R.; CLAVERO, T. 1996. Evaluación mineral de dos ecotipos de *Leucaena leucocephala* Lam de Wit bajo diferentes niveles de fertilización. Interciencia 21(1): 37-41.
- FLORES, M. J. C.; ORTEGA R., S. A.; VILLAVICENCIO R., E. 1994. El cultivo de la candelilla en la Comarca Lagunera. Folleto

## ACKNOWLEDGMENTS

This article forms part of the project entitled Techniques for Candelilla Seedling Production to Reforest Degraded Areas and Establish it in the Field for Cultivation. Funded by the CONAFOR CONACYT Sector Fund, call for submissions S0002-2005-2.

*End of the English Version*

- para Productores Núm. 2. INIFAP. Campo experimental de la Laguna. Matamoros, Coah. México. 12 p.
- GÓMEZ, E. M.; MOLINA C. H.; MOLINA E. J.; MURGUEITIO, E. 1990. Producción de biomasa en seis ecotipos de matarratón (*Gliricidia sepium*). Livestock Research for Rural Development. 2(2): 1-8.
- GUPTA, N.; MEHROTRA, N. K. 1997. Potassium nutrition related biomasa and wax productivity of *Euphorbia antispyhillitica* Zucc in sand culture. Journal of the Indian Botanical Society 76: 99-101.
- HAGENMAIER, R. D. 2000. Evaluation of a polyethylene-candelilla coating for 'Valencia' oranges. Postharvest Biology and Technology 19: 147-154.
- HARTMAN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T.; GENEVE R., L. 2002. Plant Propagation Principles and Practices. Senth Edition. Prentice Hall, New Jersey, U.S.A. 880 p.
- LEMES, H. C.; RODRÍGUEZ F., C. A.; ACOSTA DE LA L., L. 2001. Multiplicación vegetativa de *Rosamarinus officinalis* L. (Romero). Revista Cubana de Plantas Medicinales 3: 79-82.
- MEHROTRA, N. K., ANSARI, S. R. 1992. Response of micronutrients application to biomass, candelilla wax and biocrude of *Euphorbia antispyhillitica* Zucc. grown on gomti uplan allubium. Annals of Arid Zone. 31: 49-52.
- MATHUS, M. G. 1980. Aprovechamiento de la Cera de Candelilla en México, Primera Reunión Nacional sobre la Ecología, Manejo

- y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto, INIF, SARH, Monterrey, México.
- MORATINOS, P.; FLORES, E.; GÓMEZ, A.; RAMÍREZ-VILLALOBOS, M. 2008. Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L. y *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C.). Rev. Fac. Agron. (LUZ). 25: 405-420.
- NATIONALACADEMY OF SCI. (NAS). 1975. Underexploited tropical plants with promising economic value. National Academy of Sciences. Washington, D. C. U.S.A. 188 p.
- NIETO, R. R. 1987. La candelilla (*Euphorbia antisiphylitica* Zucc.) implicaciones sobre su domesticación y mejoramiento genético. Monografía. UAAAN. Saltillo, Coah. Méx. 106 p.
- RENGEL, Z. 2000. Ecotypes of *Holcus lanatus* Tolerant to Zinc Toxicity also Tolerate Zinc Deficiency. Annals of Botany. 86: 1119-1126.
- SAS INSTITUTE INC. 1999. SAS/STAT User's guide, Version 6, Fourth edition Volume 2.
- SCORA, G. A.; AHMED, M. R.; SCORA, W. 1995. Epicuticular hydrocarbons of candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*) from three different geographical areas. Industrial crops and products 4: 179-184.
- TONEATTI, M.; RIVERA N., R. 2005. Ensayos de Tolerancia al Aluminio de *Bromus stamineus* Desv. y *Bromus lithobius* Trin. Recolectados en el Sur de Chile. Información Tecnológica-Vol. 17: 9-17.
- VALERA, M. R. 2004. Aprovechamiento de la Candelilla en el Estado de Coahuila, Revista Hipatía de Alejandría Núm. 4, Saltillo, México.