

Sobrevivencia de una plantación de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. al norte de Zacatecas

Survival of a plantation of *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. at north of Zacatecas

Héctor Darío González-López*, Dino Ulises González-Uribe**✉, Rufino Sandoval-García*

González-López, H. D., González-Uribe, D. U., & Sandoval-García, R. (2024). Sobrevivencia de una plantación de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. al norte de Zacatecas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 32(93), e4803, <https://doi.org/10.33064/iycuaa2024934803>

RESUMEN

La cera de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) del Desierto Chihuahuense es considerada de importancia. El objetivo del estudio fue evaluar la sobrevivencia de una plantación de *E. antisyphilitica* al norte de Zacatecas. El experimento se evaluó en 2020 en dos rangos de elevación: 1,560-1,590 m s. n. m. y 1,590-1,630 m s. n. m., dos tipos de vegetación: Matorral Desértico Rosetófilo (MDR) y Matorral Desértico Micrófilo (MDM) y dos tipos de suelo: Solonchak (SOL) y Litosol (LIT). En 60 ha se plantaron macollos de 25 a 40 cm de altura de candelilla de los alrededores a una densidad de 1,500 plantas por hectárea. Se evaluó la sobrevivencia en sitios de 100 m² seleccionados al azar que contuvieron 25 cepas. No hubo normalidad en los datos ($W = 0.8798$, $P < 0.01$), se encontraron diferencias significativas con la prueba de Kruskal-Wallis ($P < 0.01$), la sobrevivencia fue mayor en el rango 1,560-1,590 m s. n. m. (90.8%); no hubo diferencia en vegetación ni en suelo ($P > 0.01$).

Palabras clave: cera; elevación; macollo; tipo de suelo; prueba de Kruskal-Wallis; tipo de vegetación.

ABSTRACT

Candelilla wax (*Euphorbia antisyphilitica*) from the Chihuahuan Desert is considered important. The objective of the study was to evaluate the survival of an *E. antisyphilitica* plantation north of Zacatecas. The experiment was evaluated in 2020 in two elevation ranges: 1,560-1,590 masl and 1,590-1,630 masl, two types of vegetation: Rosetophilous Desert Scrub (RDS) and Microphilous Desert Scrub (MDS) and two types of soil: Solonchak

Recibido: 28 de octubre de 2023, Aceptado: 10 de septiembre de 2024, Publicado: 30 de septiembre de 2024

*Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, C. P. 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: hectordarioua@gmail.com; rufino.sandoval.garcia@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2184-4637>; <https://orcid.org/0000-0003-4448-6172>

**Departamento de Estadística y Cálculo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, C. P. 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: digon_mx@yahoo.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2557-9675>

✉ Autor para correspondencia

(SOL) and Lithosol (LIT). On 60 ha, 25 to 40 cm high tillers of candelilla from the surrounding area were planted at a density of 1,500 plants per hectare. Survival was evaluated in randomly selected 100 m² sites containing 25 strains. There was no normality in the data ($W=0.8798$, $P<0.01$), significant differences were found with the Kruskal-Wallis test ($P<0.01$), survival was greater in the range 1,560-1,590 masl (90.8%); there was no difference in vegetation or soil ($P>0.01$).

Keywords: wax; elevation; tillering, soil type; Kruskal-Wallis test; vegetation type.

INTRODUCCIÓN

En México se aprovechan aproximadamente 1,000 especies forestales no maderables (PFNM) distribuidos en los distintos ecosistemas, por ejemplo, *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. (candelilla, cera), *Agave lechuguilla* Torr. (lechuguilla, fibra), *Opuntia* spp. (nopal, forraje), *Pareskiopsis* spp. (cacto, medicinal), *Hylocereus* spp. (pitahaya, consumo humano), *Mammillaria* spp. (cactus, ornamental), *Lophophora* spp. (peyote, analgésico), *Agave* spp. (maguey, fibras duras), *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville (gobernadora, medicinal), *Simmondsia chinensis* (Link) C.K. Schneid. (jojoba, aceite), *Olneya tesota* A. Gray (palo fierro, ornato), *Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey (yuca, fibras duras), *Prosopis* spp. (mezquite, consumo humano), *Nolina cespitifera* Trel. (cortadillo, escobas), entre otras (Rocha Estrada, Forughbakhch-Pournavab, Guzmán Lucio, & Alvarado-Vázquez, 2021; Zamora-Martínez, Torres, & Zamora-Martínez, 2001).

Los PFNM son la parte no leñosa de la vegetación, incluye: hongos, resinas, semillas, fibras, ceras, rizomas, pencas, tallos y suelos de terrenos forestales; todos ellos susceptibles al manejo, uso y aprovechamiento (Rocha Estrada et al., 2021; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 25 de febrero de 2003; Villavicencio-Gutiérrez, Cano-Pineda, Castillo-Quiroz, Hernández-Ramos, & Martínez-Burciaga, 2021; Zamora-Martínez et al., 2001). Una especie que cumple funciones importantes en los ecosistemas desérticos es *E. antisyphilitica*, sus macollos retienen la humedad y partículas del suelo; favoreciendo el establecimiento de otras especies, además protege al suelo de la radiación solar y del efecto del viento, lo que evita la erosión, particularmente en sitios con pendiente (CITES, 2009; González-López, Valencia-Manzo, & González-Uribe, 2022; Zamora-Martínez et al., 2001).

Los habitantes de zonas desérticas del país dependen de los PFNM y en especial del aprovechamiento de *E. antisyphilitica* (Rocha Estrada et al., 2021; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2021). Su presencia representa una contribución importante en la economía de muchos habitantes de zonas áridas de México, y en la mayoría de los casos es su única fuente de subsistencia (Bañuelos-Revilla, Palacio-Núñez, Martínez-Montoya, Olmos-Oropeza, & Flores-Cano, 2019; CONAFOR, 2001; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2021). Se aprovechan las poblaciones naturales de candelilla para obtener cera, producto de importancia económica en zonas rurales (Villa-Castorena, Catalán Valencia, Insunza Ibarra, Román López, & Estrada Ávalos, 2008).

La cera tiene gran importancia en el país y a nivel internacional por sus innumerables aplicaciones en la industria y uso doméstico; destaca la fabricación de

velas, manufactura de cosméticos, pinturas, recubrimiento para frutos de exportación, aislantes, gomas de mascar, ceras para calzado, jabones, envases desechables y productos para dar brillo a automóviles, muebles y pisos (Bañuelos-Revilla et al., 2019; Cervantes Ramírez, 2002; González-López et al., 2022).

Desde la década de los cuarenta se hacen aprovechamientos intensivos de *E. antisiphilitica* sin considerar medidas para la recuperación de sus poblaciones naturales (CITES, 2009). La recolecta ha sido arrancándola completamente en forma manual, ocasionando la destrucción de las raíces y evitando la regeneración natural de los individuos (González-López et al., 2022). Lo anterior ha provocado que los recolectores se desplacen a lugares cada vez más alejados (Bañuelos-Revilla et al., 2019; Flores del Ángel, 2013). Para proteger a *E. antisiphilitica* desde 1999 para su aprovechamiento se requiere de permiso sustentado en el estudio técnico donde se evalúen las posibilidades de cosecha y en el que se planteen estrategias para su manejo sustentable (Cabello Alvarado et al., 2013; Cervantes Ramírez, 2002; González-López et al., 2022). Aunado a lo anterior, *E. antisiphilitica* se encuentra amenazada por la ganadería extensiva y el sobrepastoreo que compactan el suelo y reducen la velocidad de infiltración (Barsch, 1 de agosto de 2004; CITES, 2009; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2021).

En respuesta a lo anterior existen las plantaciones en superficies donde se distribuyó en forma natural la especie; acción que involucra a los pobladores y recolectores; lo cual es parte de las estrategias del manejo y conservación de *E. antisiphilitica*; donde la sobrevivencia (%) de las plantas es una medida aproximada del éxito de la plantación bajo la influencia de los factores del sitio (Cabello Alvarado et al., 2013; Cervantes Ramírez, 2002; CONAFOR, enero de 2011). De esta forma el objetivo de este estudio fue evaluar la sobrevivencia (%) de una plantación de *E. antisiphilitica* en el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas. Para ello se consideraron dos rangos de elevación: 1,560 a 1,590 m s. n. m. y 1,590 a 1,630 m s. n. m., en dos tipos de vegetación: Matorral Desértico Rosetófilo y Matorral Desértico Micrófilo, así como dos tipos de suelos: Solonchak y Litosol. Esto busca probar la hipótesis de que la sobrevivencia (%) de una plantación de *E. antisiphilitica* en el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas se benefició por los rangos de elevación, vegetación y suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área donde fue realizado el estudio se localiza en el Ejido El Rodeo, municipio de Mazapil, al norte de Zacatecas. Se ubica en las coordenadas 102° 11' 00" longitud oeste y 24° 54' 00" latitud norte a una elevación de 1,560 a 1,630 m s. n. m. (CONABIO, 2014), el predio es de 10,317.553 ha (figura 1). En el lugar se encuentran tres tipos de clima, muy seco semicálido (BWhw), semiseco templado (BS₁kw) y semicálido (BS₀hw). La temperatura media anual es de 16 °C y la precipitación media total anual de 510 mm (Servicio Geológico Mexicano, 2021). En el área se encuentran dos tipos de suelo, Solonchak (SOL) y Litosol (LIT) (Servicio Geológico Mexicano, 2021); la vegetación dominante son el Matorral Desértico Rosetófilo (MDR) y Matorral Desértico Micrófilo (MDM) (CONABIO, 1999).

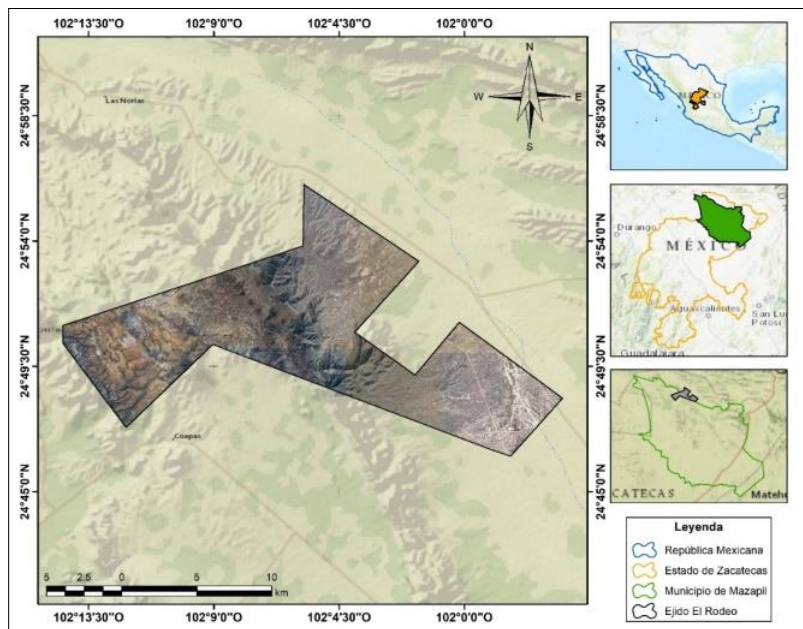


Figura 1. Localización del área de estudio.
Elaboración propia.

Plantación de *Euphorbia antispyhilitica*

La superficie de la plantación fue de 60 ha. En el terreno se trazaron filas con separación de 3 m entre ellas, en cada una se hizo una cepa común separada 2.2 m una de otra. A cada cepa se le hizo un cajete en media luna para captar agua de lluvia. Las partes vegetativas llamadas macollos fueron utilizadas para la plantación, se tomaron de los alrededores del terreno de plantas de *E. antispyhilitica* que tuvieran las siguientes características: 25 a 40 cm de altura, 10 tallos vivos o más, libres de plagas y enfermedades (Castillo Quiroz, Berlanga Reyes, Pando Moreno, & Cano Pineda, 2008; De la Garza & Berlanga, 1993). La densidad de la plantación fue de 1,500 plantas por hectárea. Para beneficiar a las plantas se hizo una microcuenca en forma de media luna para captar el agua de lluvia. Se tomaron dos rangos de elevación en la plantación: 1,560 a 1,590 m s. n. m. y 1,590 a 1,630 m s. n. m., dos tipos de vegetación; Matorral Desértico Rosetófilo (MDR) y Matorral Desértico Micrófilo (MDM), así como dos tipos de suelo: Solonchak (SOL) y Litosol (LIT). La plantación se inició en 2018 y se evaluó en 2020.

Medición de la variable sobrevivencia

En la plantación se utilizaron sitios de muestreo de 10 x 10 m (100 m²) distanciados a 160 m cada uno de ellos, los cuales fueron seleccionados al azar para evaluar la sobrevivencia (%) de *E. antispyhilitica*. La superficie de los sitios incluyó 25 cepas, del centro de cada uno se marcaron cuatro cuadrantes, se contaron las plantas más cercanas bajo el siguiente criterio: si el macollo de la planta presentó más de 20 tallos vivos se consideró como viva; si la cepa estaba vacía se consideró como muerta (Cox, 2002; De la Garza & Berlanga, 1993). La sobrevivencia (%) de plantas de *E. antispyhilitica* se obtuvo con (1)

$$\text{Sobrevivencia} = \frac{PV}{PV+PM} * 100 \quad (1)$$

donde: PV= Plantas vivas, PM= Plantas muertas

Los valores de sobrevivencia (%) se dividieron en cuartiles (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2007; Zar, 1999), se tomaron las categorías de Centeno Solórzano (1993) y se modificaron para el presente estudio (tabla 1).

Tabla 1
Categorías de sobrevivencia (%) para Euphorbia antispyhilitica

Categoría	Sobrevivencia (%)
Muy Buena	75-100
Buena	50-74
Regular	25-49
Mala	< 25

Nota: Elaboración propia.

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos en campo se elaboró una base de datos en Excel®. En la evaluación de la sobrevivencia (%) de *E. antispyhilitica* se consideraron los grupos de elevación: 1,560 a 1,590 m s. n. m. y 1,590 a 1,630 m s. n. m., para vegetación: MDR (48 ha), MDM (12 ha), para tipo de suelo: SOL (20 ha) y LIT (40 ha). Se utilizaron seis sitios de muestreo de 100 m² para evaluar la variable de estudio en las superficies de vegetación y suelo dentro de las dos elevaciones. Se analizó la normalidad de los datos de sobrevivencia (%) con la prueba W de Shapiro-Wilk ($P > 0.01$), para la comparación de los dos grupos de elevación, dos tipos de vegetación y dos tipos de suelo se aplicó la H de Kruskal-Wallis ($P < 0.01$) (Walpole et al., 2007; Zar, 1999).

RESULTADOS

Sobrevivencia de *Euphorbia antispyhilitica*

Los resultados de sobrevivencia (%) para los sitios se presentan en la tabla 2. El 7.5% mostró una sobrevivencia (%) menor a 25%, posicionándose en la categoría mala (tabla 1). El 2.5% estuvo en la categoría de 25 a 49% de sobrevivencia (%). El 27.5% en categoría buena; el 62.5% en la categoría muy buena con valores de 80 a 100%.

Tabla 2
Sobrevivencia (%) de *Euphorbia antispythilica*

Elevación (m s. n. m.)	Tipo de suelo	Tipo de vegetación	Sobrevivencia (%)
1,560 a 1,590	SOL	MDM	72.1
1,590 a 1,630	LIT	MDR	90.8

Nota: Matorral Desértico Rosetófilo (MDR), Matorral Desértico Micrófilo (MDM), Solonchack (SOL), Litosol (LIT).

Elaboración propia.

Los datos de sobrevivencia (%) no mostraron normalidad ($P < 0.01$) con la prueba de Shapiro-Wilk en los dos grupos de elevación. El valor estadístico H del análisis Kruskal-Wallis mostró diferencias estadísticas ($P < 0.01$) en la elevación, la cual fue mayor (90.80%) en el intervalo de 1,590 a 1,630 m s. n. m. a la sobrevivencia (72.10%) en el otro intervalo (figura 2). En vegetación no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.01$) entre MDM y MDR, tampoco hubo diferencias en SOL y LIT.

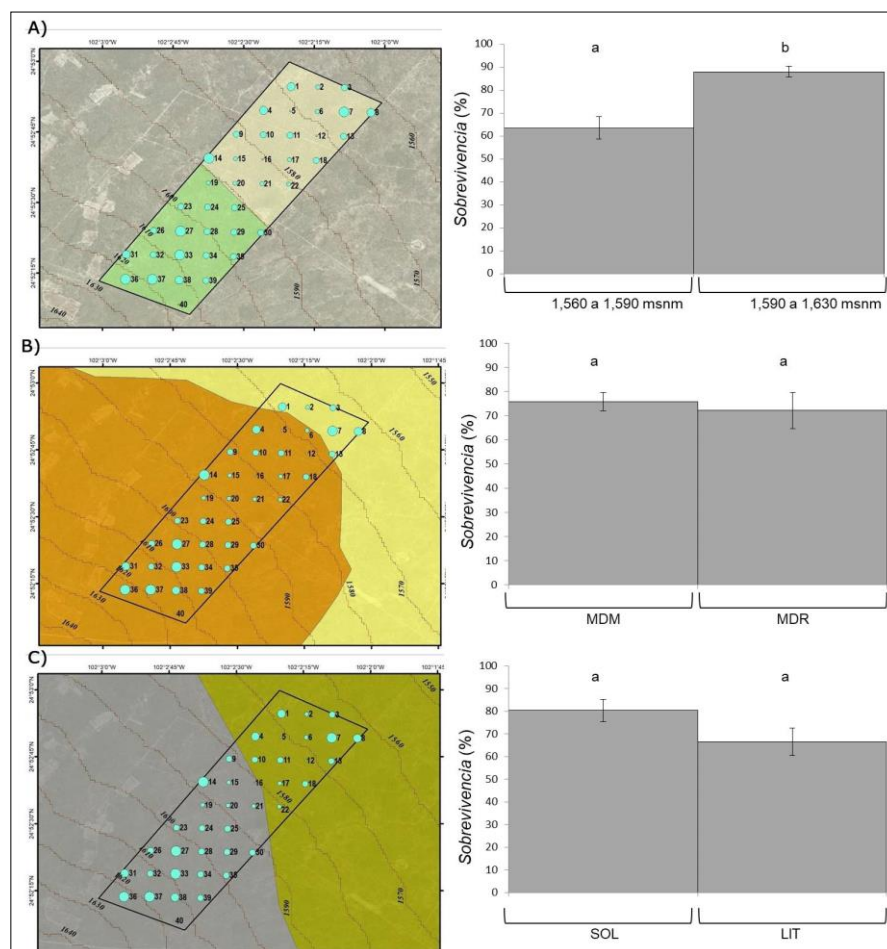


Figura 2. Distribución de los sitios para evaluar de sobrevivencia (%), A) elevación: 1,560 a 1,590 m s. n. m. y 1,590 a 1,630 m s. n. m., B) vegetación: Matorral Desértico Rosetófilo (MDR) y Matorral Desértico Micrófilo (MDM) y C) tipos de suelo: Solonchack (SOL) y Litosol (LIT). Distinta letra indica diferencias significativas ($P < 0.01$).

Elaboración propia.

DISCUSIÓN

La variable principal a evaluar en una plantación de *E. antisiphilitica* es la sobrevivencia (%), darle continuidad estará directamente relacionado con las condiciones climáticas de precipitación y temperatura, que afectarán la duración del turno técnico por ubicación de la plantación de una localidad a otra (Castillo Quiroz et al., 2008; Villa-Castorena, Catalán-Valencia, Inzunza-Ibarra, González-López, & Arreola-Ávila, 2010).

La elevación donde se han encontrado poblaciones naturales de *E. antisiphilitica* van de 460 m s. n. m. a 2,400 m s. n. m., siendo más frecuentes entre 700 m s. n. m. y 1,200 m s. n. m. (Toribio-Ferrer & Villalón-Mendoza, 2022). En general las condiciones del ambiente influyeron en el crecimiento de la especie, encontrando hacia el norte individuos de menor tamaño, siendo los lomeríos los que presentaron la menor sobrevivencia (%) y el caso contrario en las laderas (Martínez Salvador, 2013; Toribio-Ferrer & Villalón-Mendoza, 2022). En general, la mayor sobrevivencia (%) se ha reportado en áreas con mayor elevación y cuencas cerradas (Flores del Ángel, 2013; Rahim Foroughbakhch, Alvarado Vázquez, Hernández Piñero, Serna Ocejo, & Flores del Ángel, 2010). En este estudio se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) en la sobrevivencia (%) en la elevación entre 1,590 y 1,630 m s. n. m.

En un estudio de campo se observó que *E. antisiphilitica* se desarrolló en los tipos de vegetación MDR, MDM, Matorral Crasicaule e izotal (Rahim Foroughbakhch et al., 2010; Rocha Estrada et al., 2021). La especie objeto de estudio forma parte del MDM, donde es frecuente encontrar a *L. tridentata* (CITES, 2009), en la presente investigación hubo mayor sobrevivencia (%) en sitios con MDR; aunque no hubo diferencias significativas ($P > 0.01$) con el MDM.

Otro factor que influye en la sobrevivencia (%) de una plantación de *E. antisiphilitica* es el suelo. Se desarrolla mejor en suelos arenosos y calcáreos de origen coluvial, de profundidad somera, textura franco arenosa y estructura granular, con pendiente alta y laderas de los cerros, en suelos poco profundos del tipo Litosol, pobres con poca materia orgánica (Cervantes Ramírez, 2002; Mata-Fernández, Rodríguez-Gamiño, López-Blanco, & Vela-Correa, 2014; Salazar-Ramírez et al., 2021; Villa-Castorena et al., 2010). Sin embargo, en este estudio no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.01$) en los suelos SOL y LIT; con sobrevivencia (%) buena y muy buena, respectivamente.

CONCLUSIONES

La plantación de *E. antisiphilitica* al norte de Zacatecas sobrevivió más en sitios con elevaciones de 1,590 m s. n. m. a 1,630 m s. n. m. (90.80%) en Matorral Desértico Rosetófilo y Litosol. El caso contrario lo hubo en elevaciones desde 1,560 m s. n. m. hasta 1,590 m s. n. m. (72.10%) en vegetación de Matorral Desértico Micrófilo con suelo Solonchack (66.47%). Estadísticamente, la sobrevivencia (%) no fue diferente en vegetación ni en suelo.

Estos resultados sólo aplican al área de estudio al norte del estado de Zacatecas, siendo primordial el seguimiento, mantenimiento y otras evaluaciones de la sobrevivencia (%) de la plantación. Los resultados de este tipo de estudios apoyarán a los productores de *E. antisiphilitica* para realizar estimaciones precisas y posiblemente proyectar el crecimiento y el rendimiento de la planta.

REFERENCIAS

- Bañuelos-Revilla, J. E., Palacio-Núñez, J., Martínez-Montoya, J. F., Olmos-Oropeza, G., & Flores-Cano, J. A. (2019). Distribución potencial y abundancia de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) en el norte de Zacatecas, México. *Madera y Bosques*, 25(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511657>
- Barsch, F. (1 de agosto de 2004). Candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*): Utilisation in Mexico and international trade. *Medicinal Plant Conservation*, 9/10, 46-50. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=1dad93a21a3a7396170efd2166342284f3a76076#page=46>
- Cabello Alvarado, C. J., Sáenz Galindo, A., Barajas Bermúdez, L., Pérez Berumen, C., Ávila Orta, C., & Valdés Garza, J. A. (2013). Cera de Candelilla y sus aplicaciones. *Avances en Química*, 8(2), 105-110. <https://www.redalyc.org/pdf/933/93328462007.pdf>
- Castillo Quiroz, D., Berlanga Reyes, C. A., Pando Moreno, M., & Cano Pineda, A. (2008). Regeneración del cogollo de *Agave lechuguilla* Torr. de cinco procedencias bajo cultivo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 33(103), 27-40. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/739/1901>
- Centeno Solórzano, M. (1993). *Inventario nacional de plantaciones forestales en Nicaragua* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/877/>
- Cervantes Ramírez, M. C. (2002). Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México I.5.3. En J. L. Palacio Prieto, & M. I. Sánchez Salazar (Coord. Gral.), *TEMAS SELECTOS DE GEOGRAFÍA DE MÉXICO* (155 pp.). UNAM. <https://publicaciones.geografia.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/127>
- CITES. (2009). Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Evaluación del estatus de *Euphorbia antisiphilitica* en México dentro de los apéndices de la CITES. Decimoctava reunión del Comité de Flora. Buenos Aires, Argentina. <https://cites.org/esp/disc/text.php>
- CONABIO. (1999). Uso del suelo y vegetación modificado por CONABIO, escala 1:250000, serie VI (continuo nacional) [Mapa]. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/usv/otras/usv731mgw
- _____ (2014). Localidades rurales y urbanas 1, 2010, escala: 1:1. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Base de datos]. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/urbrloc10gw.html>
- _____ (enero de 2021). *Manual de procedimientos para emitir consideraciones técnicas por especie para la formulación de dictámenes de extracción no perjudicial (NDF): Candelilla (Euphorbia antisiphilitica)* (17 pp.). CONABIO. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/planeta/cites/files/CONABIO_NDF_candelilla.pdf

- CONAFOR. (2001). *Plan Estratégico Forestal para México 2025*. CONAFOR. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/4/307Programa%20Estrat%C3%A9gico%20Forestal%202025.pdf>
- _____ (enero de 2011). *Metodología para realizar y presentar los informes de sobrevivencia inicial (ISI) de las plantaciones forestales comerciales (Aspectos técnicos)* [Documento guía descargable en pdf]. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/ver.aspx?grupo=6&articulo=1564>
- Cox, G. W. (2002). *Laboratory Manual of General Ecology* (8ª. ed.). McGraw-Hill.
- De la Garza F. E., & Berlanga, R. C. A. (1993). *Metodología para la evaluación y manejo de candelilla en condiciones naturales*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental La Sauceda, Saltillo. Folleto Técnico Núm. 5 (46 pp.). Autor.
- Flores del Ángel, M. L. (2013). *Situación actual de las poblaciones de candelilla (Euphorbia antisiphilitica Zucc.): inventario, su propagación sexual y asexual en el estado de Coahuila, México* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/3425>
- González-López, H. D., Valencia-Manzo, S., & González-Urbe, D. U. (2022). Tabla de rendimiento de biomasa para *Euphorbia antisiphilitica* al norte de Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 443-453. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2908>
- Martínez Salvador, M. (2013). *Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México*. Libro Técnico Núm. 5 (216 pp.) [Documento descargable en pdf]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional Norte Centro Sitio Experimental La Campana, Cd. Aldama, Chihuahua, México. https://www.researchgate.net/profile/Martin_Martinez-Salvador/publication/261323618_Libro_zonas_aridas/links/00463533dceec7f707000000.pdf
- Mata-Fernández, I., Rodríguez-Gamiño, M. L., López-Blanco, J., & Vela-Correa, G. (2014). Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, 1(5), 26-35. Recuperado de http://cbs1.xoc.uam.mx/e_bios/docs/2014/05_SALINIDAD_EN_SUELOS_ESPANOL.pdf
- Rahim Foroughbakhch, P., Alvarado Vázquez, M. A., Hernández Piñero, J. L., Serna Ochoa, J. P., & Flores del Ángel, M. L. (2010). Propagación vegetativa de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) en zonas áridas del estado de Coahuila. En G. Solís Garza, R. Castillo Gámez, M. Ortega Nieblas, S. Cantúa Sesteaga, G. Nubes Ortiz, & R. Corella Bernal (Eds.), *Memoria del VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas* (pp. 528-541). Universidad de Sonora. <https://www.buenastareas.com/ensayos/Candelilla/3549366.html>
- Rocha Estrada, A., Foroughbakhch-Pournavab, R., Guzmán-Lucio, M. A., & Alvarado-Vázquez, M. A. (2021). Candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.), aprovechamiento tradicional en el norte de México. *Ciencia UANL*, 24(110), 19-28. <https://cienciauanl.uanl.mx/ojs/index.php/revista/article/view/245>
- Rodríguez, H. M. (2012). *Inducción del desarrollo vegetal de Euphorbia antisiphilitica* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/12266>
- Salazar-Ramírez, M. T., Sáenz-Mata, J., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., Rueda-Puente, E. O., Yescas-Coronado, P., & Orozco-Vidal, J. A. (2021). Plant growth-promoting rhizobacteria associated to candelilla rhizosphere (*Euphorbia antisiphilitica*)

and its effects on *Arabidopsis thaliana* seedlings. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(2), 12294-12294. <https://doi.org/10.15835/nbha49212294>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (27 de octubre de 1999). Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1999. Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible de la hierba de candelilla, transporte y almacenamiento del cerote. Diario Oficial de la Federación, edición matutina. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4955649&fecha=27/10/1999#gsc.tab=0
- _____ (25 de febrero de 2003). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Sección III. Del aprovechamiento de los recursos forestales no maderables. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 41-43. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=705172&fecha=25/02/2003#gsc.tab=0
- Servicio Geológico Mexicano. (2021). Panorama Minero del Estado de Zacatecas. <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/ZACATECAS.pdf>
- Toribio-Ferrer, E., & Villalón-Mendoza, H. (2022). Impacto del gradiente altitudinal en la producción de una plantación forestal comercial de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.), en Coahuila, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 18(1), 22-38. <https://doi.org/10.33154/rln.2022.01.03>
- Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., Inzunza-Ibarra, M. A., González-López, M. L., & Arreola-Ávila, J. G. (2010). Producción de plántulas de Candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) mediante estacas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 16(1), 37-47. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2009.07.027>
- Villa-Castorena, M. M., Catalán Valencia, E. A., Inzunza Ibarra, M. A., Román López, A., & Estrada Ávalos, J. (2008). *Técnicas de producción de plantas de candelilla por semilla, estaca e hijuelos*. INIFAP.
- Villavicencio-Gutiérrez, E. E., Cano-Pineda, A., Castillo-Quiroz, D., Hernández-Ramos, A., & Martínez-Burciaga, O. U. (2021). Manejo forestal sustentable de los recursos no maderables en el semidesierto del norte de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(especial 1), 31-63. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12iEspecial-1.1083>
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, D. I., & Ye, K. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (8ª. ed.). Pearson Educación.
- Zamora-Martínez, M. C., Torres R., J. M., & Zamora-Martínez, L. I. (2001). Análisis de la información sobre productos forestales no madereros en México. *Información y Análisis para el Manejo Forestal Sostenible: Integrando Esfuerzos Nacionales e Internacionales en 13 Países Tropicales en América Latina* (120 pp.). FAO. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005181/ProductosForestales/MexicoPF.pdf>
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis* (4ª. ed.). Prentice Hall.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.