



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- Cuajotes y copales: árboles sagrados del México antiguo
- El camote (*Ipomoea batatas* L.), una puerta al inframundo
- Osos silvestres y radiotelemetría
- Simbiosis alga-coral y blanqueamiento coralino



Año 24,
Número 110
noviembre - diciembre 2021

ISSN: 2007-1175

REFERENCIAS

- Barrera, V., Espinosa, P., Tapia, C., *et al.* (2004). Caracterización de las raíces y los tubérculos andinos en la ecoregión andina del Ecuador. En Barrera, V., Tapia, C y Monteros, A. (eds.). *Raíces y tubérculos andinos alternativos para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)*. No. 4. INIAP. CIP. Perú.
- Basurto, F., Martínez, D., Rodríguez, T., *et al.* (2015). Conocimiento actual del cultivo de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) en México. *Agroproductividad*. 8(1):30-34.
- CIP. (2019). *International Potato Center*. Disponible en: <https://cipotato.org/es/sweetpotato/>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *Cultivos*. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- García-Quintanilla, A. (2000). El dilema de *Ah kimsah k'ax*, "El que mata al monte", significados del monte entre los mayas milperos de Yucatán. *Mesoamérica*. 21(39):255-286.
- Krochmal-Marczak, B., Sawicka, B., Supski, J., *et al.* (2014). Nutrition value of the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivated in south-eastern Polish conditions. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 4(4):169-178.
- Meléndez, G.L., e Hirose, L.J. (2018). Patrones culinarios asociados al camote (*Ipomoea batatas*) y la yuca (*Manihot esculenta*) entre los mayas yucatecos, chi'oles y huastecos. *Estudios de Cultura Maya*. 22(1):193-226.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Siqueira, M. y Veasey, E. (2011). Raíces y tubérculos tropicales olvidados o subutilizados en Brasil. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 3(1):110.125.
- Soo-Yun, P., Young L.S., Wook YJ., *et al.* (2016). Comparative analysis of phytochemicals and polar metabolites from colored sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) tubers. *Food Science and Biotechnology*. 25(1):283-291.
- Srisuwan, S., Sihachakr, D., y Siljak-Yakovlev, S. (2006). The origin and evolution of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.). *Plant Science*. (171):424-433.
- Terán, S., Rasmussen, C.H., y May-Cauich, O. (1998). *Las plantas de la milpa entre los mayas. Etnobotánica de las plantas cultivadas por campesinos mayas en las milpas del noroeste de Yucatán*. Fundación Tun Ben Kin A.C. México. Pp. 155-190.
- Vidal, A.R., Zaucedo-Zúñiga, A. L y Ramos-García, M. (2018). Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 19(2):132-146.
- Wang, A., Li, R., Ren, L., *et al.* (2018). A comparative metabolomics study of flavonoids in sweet potato with different flesh colors (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Food Chemistry*. 260:124-134.

CANDELILLA (*EUPHORBIA ANTISYPHILITICA* ZUCC.), APROVECHAMIENTO TRADICIONAL EN EL NORTE DE MÉXICO

ALEJANDRA ROCHA ESTRADA*, RAHIM FOROUGHBAKHCH POURNAVAB*, MARCO ANTONIO GUZMÁN LUCIO*, MARCO ANTONIO ALVARADO VÁZQUEZ*



En el mundo las zonas áridas y semiáridas están presentes en más de 100 países, y en ellas habita aproximadamente 14% de la población del planeta. En México, alrededor de 16% de la población vive en estas áreas, las cuales, debido, entre otros factores, a la latitud, que corresponde al cinturón de los desiertos, ocupan una superficie superior a los 90 millones de hectáreas, equivalentes a más de 40% del territorio nacional (Velasco, 1991). Una de las características distintivas de estas demarcaciones es la escasez de agua, lo cual es un factor determinante en la productividad de la tierra, así como en muchos aspectos sociales, ya que, salvo excepciones, estos sectores se cuentan entre los más pobres del mundo. Su agricultura y ganadería son escasas y sufren estragos por la sequía. Su explotación forestal

es poco rentable por la lentitud del crecimiento y de la regeneración de las plantas.

Uno de los elementos más interesantes de las zonas áridas lo constituyen sus plantas, las cuales presentan características que las hacen sumamente singulares. A dichas plantas generalmente se les conoce como xerófitas, debido a que las condiciones ambientales rigurosas de los hábitats de tipo desértico han determinado la adquisición de características morfológicas, anatómicas y fisiológicas que les han permitido la invasión de estos hábitats o la mejor adaptación a los mismos. Estas adaptaciones son muy variables, dando como resultado formas vegetales y mecanismos muy diversos como respuesta a las condiciones de aridez.

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: marco.alvarado@uanl.edu.mx

Un ejemplo singular lo constituye la candelilla, planta endémica del Desierto Chihuahuense, donde el principal factor limitante para el desarrollo vegetal es la precipitación, y como respuesta adaptativa la planta produce cera para protegerse. Esta cera tiene múltiples usos y aplicaciones en el sector industrial, por lo que la candelilla representa un importante recurso forestal no maderable de las zonas desérticas del norte de México y ha sido explotada por más de 100 años, representando una de las pocas fuentes de ingresos económicos para las comunidades que habitan estas regiones, consideradas como de pobreza extrema.

En el presente trabajo se presenta una revisión y síntesis acerca del aprovechamiento histórico de la planta de candelilla en el noreste de México, haciendo énfasis en aspectos ecológicos, económicos y sociales.

LA PLANTA DE CANDELILLA

La candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.; figura 1) es una planta de la familia *Euphorbiaceae*, descrita inicialmente por Joseph Gerhard Zuccarini. El epíteto *antisiphilitica* significa “contra la sífilis”, y fue elegido por el uso en medicina popular para el tratamiento de la sífilis (Rojas-Molina *et al.*, 2011).

La planta de candelilla es un arbusto muy ramificado de hasta 1 m de altura, posee un crecimiento cespitoso generado por un sistema de tallos subterráneos (rizomas) que producen un gran número de tallos

erectos arriba del suelo, cilíndricos, simples o pueden estar ramificados, cuyo grosor es de alrededor de 5 mm; el color va del verde al gris claro o azulado debido a la presencia de cera sobre la epidermis. Las hojas son pequeñas y sólo están presentes por un breve periodo. Las flores son unisexuales, en inflorescencias llamadas ciatios; el fruto es una cápsula con tres semillas (Soto-García, 2010).



Figura 1. Planta de candelilla en su hábitat natural.

HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN

La candelilla se encuentra principalmente en el matorral desértico rosetófilo en asociación con *Agave lechuguilla*, *A. falcata*, *A. striata*, *Hectia glomerata*, *Dasyllirion* spp. y *Yucca carnerosana*, formando parte del matorral desértico rosetófilo en

zonas calizas con buen drenaje (figura 2); en ocasiones también se asocia con *Leucophyllum texanum*, *Fouquieria splendens*, *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Prosopis juliflora*, *Opuntia imbricata*, *O. leptocaulis* y *Parthenium argentatum* (Flores del Ángel, 2013).

Se presenta en áreas con precipitación pluvial promedio menor a 300 mm al año; temperatura media anual de 18 a 22°C, resistiendo temperaturas máximas de 47°C y mínimas de -14°C; altitudinalmente se distribuye entre los 250-1450 msnm.

Las poblaciones de candelilla se distribuyen en el norte de México, en los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas; al sur se extiende hasta las zonas áridas del estado de Hidalgo, y al norte hasta la región del Big Bend en Texas. Aun y cuando la candelilla ocurre en abundancia en todas estas regiones, no ocupa todos los tipos de sitios ecológicos en el desierto. Se desarrolla mejor en laderas de montañas con buen drenaje y raramente en valles o suelos arcillosos. Las poblaciones forman manchones o agregados, cuya distribución y abundancia está ligada al matorral desértico rosetófilo.

LAS COMUNIDADES RURALES Y LAS POBLACIONES DE CANDELILLA EN EL NORTE DE MÉXICO

Muchos habitantes de los territorios desérticos de México dependen de la recolección de la planta de candelilla y su aprovechamiento. El sistema tradicional de producción de candelilla abarca aproximadamente 3 millones de hectáreas y es el sustento total o parcial de numerosos campesinos en los estados de Coahuila, Zacatecas, Durango y Chihuahua. La mayoría de estas familias subsisten



Figura 2. Matorral desértico, hábitat característico de la candelilla en el norte de México.

de las cosechas de maíz y frijol de temporal, la producción de ganado caprino y la venta de cera de candelilla, sin embargo, su ingreso económico cubre menos de 50% de sus necesidades básicas, lo cual los coloca dentro del grupo de población en situación de pobreza extrema. Para algunos es el único modo de subsistencia; para otros, una actividad temporal que combinan con otras como la colecta de plantas útiles como orégano, lechuguilla y sotol (Flores del Ángel, 2013).

Para el aprovechamiento de esta especie, los campesinos colectan plantas silvestres, las cuales arrancan del suelo, dejando únicamente las raíces con la idea de que la planta se regenere después de algunos años, lo cual en la mayoría de los casos no sucede. El resultado de esto ha sido la sobreexplotación de este recurso y un desplazamiento cada vez mayor

de los campesinos para encontrar la planta y colectarla. Esta sobreexplotación la ha llevado de ser una planta común del norte de México y el sur de Texas, a una reducción severa en sus poblaciones, y con ello una pérdida sustancial del suelo y la disminución significativa de su poder productivo, contribuyendo con ello a agravar la desertificación en la región candelillera. Un estudio sobre la distribución potencial de las poblaciones de candelilla bajo diferentes escenarios de cambio climático en su área de distribución natural pronosticó una superficie de aproximadamente 19.1 millones de hectáreas bajo las condiciones actuales; sin embargo, con el cambio climático se proyecta una reducción de más de 6.9 millones de hectáreas (Vargas-Piedra *et al.*, 2020).

La producción comercial de cera de candelilla procede de los estados de Coahuila, Nuevo León, Du-

rango, Zacatecas, San Luis Potosí y Chihuahua, siendo las ciudades de Chihuahua, Torreón y Saltillo los centros de operación de las principales áreas productoras. Aunque las plantas producen cera todo el año, su explotación se realiza sobre todo en la temporada seca, época en que la planta presenta mayor producción. La producción anual es superior a las 3,000 toneladas de cerote, lo que requiere coleccionar aproximadamente 150,000 toneladas (peso fresco) al año de planta de candelilla.

APROVECHAMIENTO DE LA PLANTA DE CANDELILLA

Los primeros en utilizar la cera de candelilla fueron los indígenas prehispánicos del norte de México, quienes la extraían hirviendo los tallos en recipientes de barro. Con ésta protegían las cuerdas de sus arcos y la mezclaban con colorantes con fines decorativos. La forma actual de aprovechamiento aparece en 1914, cuando Borrego y Flores diseñan un método sencillo para extraer la cera, que consistía en la recolección de la planta y sumergirla en agua con un poco de ácido sulfúrico hasta el punto de ebullición, para después recoger la cera condensada en la parte superior (Cervantes-Ramírez, 1992).

Marroquín *et al.* (1981) reportan que el método de recolección consistente en arrancar toda la parte aérea de la planta contribuye a su desaparición en diferentes regiones, o que las áreas tardan muchos años en recuperarse. En un estudio se comparó el sistema tradicional de explotación

de la planta, donde se arranca con todo y raíz, con respecto a cortar sólo los tallos a la altura del suelo, encontrando que con este último método se producía una gran cantidad de renuevos, mientras que en el arrancado, ninguno. Además, se observó mayor pureza en el cerote ya que la raíz no contiene cera y sólo produce impurezas sólidas (Peña-Contreras, 1998). La recolección se efectúa principalmente en épocas de sequía, particularmente en los meses de octubre a junio.



EL PROCESO TRADICIONAL DE OBTENCIÓN DE LA CERA

Colecta y traslado de la planta

Las plantas son arrancadas de raíz en el campo y sacudidas para eliminar la tierra adherida a la raíz. Después de la colecta son apiladas y atadas en tercios para facilitar su manejo y transporte a los centros de acopio,

donde se realiza la quema para la extracción de la cera (figura 3). El transporte puede ser en vehículo o animal de trabajo.

Descarga y pesaje de las plantas

En los centros de acopio, donde se realiza la extracción, los tercios son descargados y pesados. Cada tercio está formado por 25 a 35 macollos (plantas) y tiene un peso de aproximado de 35 kg.



Figura 3. Planta de candelilla en los centros de acopio.

Achicalamiento de la planta

Las plantas se dejan en reposo al aire libre durante varios días, para deshidratarlas y con ello obtener una mayor cantidad de cera. A esta espera necesaria se le conoce como "achicalar".

Extracción de la cera

La extracción se lleva a cabo con un sistema simple que se ha usado durante décadas. Se usa un recipiente rectangular de acero llamado paila. Este tiene aproximadamente 600 litros de capacidad; se acomoda a nivel del suelo y en su base se acondiciona un horno rústico. El primer paso es colocar alrededor de 500 l de agua en la paila y calentar a fuego directo; una vez que la temperatura alcance los 96°C, se acomodan dentro las plantas, se deja que vuelva a recuperarse la temperatura y posteriormente se agregan 1.09 l de ácido sulfúrico concentrado y enseguida

jas-Molina *et al.*, 2011).

Colecta del cerote

Con la acción del ácido, la cera, por diferencia de densidades, flota en la superficie en forma de espuma de color grisáceo, ésta es retirada con una cuchara o espumadera de lámina con perforaciones que facilitan el escurrimiento del agua y la retención de la cera, enseguida se transfiere a un recipiente llamado espumador, el cual tiene como objeto recolectar la cera extraída durante el día. El espumador tiene un agujero en la parte inferior que le permite el filtrado del agua (figura 4).



Figura 4. La cera es sacada con cucharones artesanales y colocada en tambos, donde se enfría para obtener el cerote (cera cruda).

La paila se continúa calentando hasta que ya no aparezca nada de espuma en la superficie del líquido. Finalmente se saca de la paila la candelilla que ya ha sido tratada y se coloca en el sol, ya que una vez seca sirve como combustible para el proceso. El tiempo de duración, desde que se coloca la candelilla en la paila hasta que se retira, es de aproximadamente una hora, llamándole a este ciclo una pailada. Una vez terminado el proceso anterior se coloca una nueva carga de candelilla y se agrega solamente el agua que se perdió por evaporación en la pailada anterior. De los datos conocidos se sabe que el beneficio para el candelillero es de alrededor de \$1.00 M.N. por planta de candelilla procesada.

Limpieza de la paila y reinicio del ciclo

Después de que se han efectuado varias pailadas se acumula en el fondo de la paila una gran cantidad de impurezas, las cuales consisten en tierra, arena y tallos que es necesario retirar, esto se hace después de haber procesado cinco a diez pailadas, dependiendo de las impurezas acumuladas. El agua de la paila se sigue usando hasta que el contenido de impurezas es intolerable, lo cual sucede después de aproximadamente 30 pailadas, llegando a este punto, el agua se tira, se limpia la paila y se vuelve a llenar con agua limpia.

Sedimentación

En esta fase el contenido de impurezas de la cera obtenida en la extracción durante todo el día se reduce considerablemente. La sedimentación se lleva a cabo en un tanque cilíndrico llamado cortador, en el cual se vacía la cera contenida en el espumador y que contiene, además de las impurezas, agua acidulada proveniente de la etapa de extracción. Se le agrega una pequeña cantidad de agua adicional y se calienta hasta una temperatura de 96°C usando bagazo seco de candelilla como combustible. Terminada la operación, la mezcla se deja reposar toda la noche para permitir que la impureza se sedimente en el fondo del cortador. Al enfriarse la cera, se solidifica y flota en la superficie del agua, el bloque de cera puede tener una capa de tierra, la cual se desprende fácilmente, raspándola. Posteriormente se tritura el bloque de cera, para obtener pedazos más pequeños y envasarlos para su transporte a la planta refinadora donde recibe su último tratamiento de purificación (Villarreal-Barrera, 1995). En la paila sólo quedan los excedentes del proceso de extracción.

Reutilización de los desechos de la planta

Una vez que se hayan retirado los desechos (figura 5a), la paila quedará lista para recibir otra carga de candelilla. Por lo general, varios candelilleros utilizan una misma paila, por lo que esto puede ser una actividad que se prolongue por varios días hasta que se agote la reserva de planta y será entonces que los candelilleros volverán al campo para coleccionar más plantas y empezar de nuevo el proceso. Los desechos son transportados y acumulados en grandes cantidades cerca de la paila. Ahí se dejan secar para ser utilizados posteriormente y obtener un último beneficio de esta noble planta (figura 5b).

Una vez secos, los desechos son utilizados como combustible para mantener el fuego necesario en las pailas (figura 5c); esto permite un ahorro en combustible y el reciclaje de los desechos. Por otra parte, en ocasiones, y a falta de otro alimento, incluso algunos animales domésticos se alimentan de los restos vegetales de la candelilla después de ser procesada (figura 5d), lo cual podría llevar algún riesgo a la salud de los animales por el ácido sulfúrico empleado.



Figura 5. a) Retiro de los desechos de candelilla después de la extracción, b) acumulación de desechos de candelilla producto de la extracción de la cera, c) restos de candelilla utilizados como combustible para el calentamiento de las pailas en el proceso de extracción, d) desechos de candelilla usados como forraje para animales cuando no hay otro alimento.



Figura 6. Cera de candelilla no refinada (cerote).

REFINACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA CERA DE CANDELILLA

El proceso de refinación consiste en purificar el cerote y darle el color amarillento característico de la cera, además de eliminar las impurezas que lleva (figura 6). Este proceso consiste en fundir el cerote a una temperatura de 100°C para que, por evaporación, se elimine la humedad, además se agrega un poco de ácido sulfúrico a fin de que las impurezas se precipiten al fondo.

El producto en estado líquido es pasado a través de cedazos para filtración, logrando una pureza superior a 99%. Una vez solidificada la cera, es quebrada y envasada para su venta en el país o exportada a Estados Unidos, Japón, Alemania, Reino Unido e Italia, entre otros países.

Los procesos que utilizan los ejidatarios para la colecta y extracción de la cera son arcaicos e ineficientes, por lo que los rendimientos de extracción son bajos; un candelillero puede producir apenas alrededor de 50 kg de cera por mes, y su ingreso es de apenas unas decenas de pesos por kg de cera cruda.

LA CERA DE CANDELILLA

Las ceras, en términos químicos, son ésteres de ácidos grasos con alcoholes de peso molecular elevado. En la tabla I se presenta la composición química de la cera de candelilla (Schneider, 2009). Físicamente son partículas altamente insolubles en medios acuosos y a temperatura am-

biente se presentan en estado sólido y con dureza intermedia (Cabello-Alvarado *et al.*, 2013). Las ceras se producen en el interior de la planta y se depositan sobre la epidermis de los órganos expuestos a evapotranspiración, como tallos y hojas.

En su forma cruda (sin procesar), la cera de candelilla es de color café y cambia a amarillo después del refinado. Presenta una dureza intermedia entre la cera de carnauba y la de abeja. La proporción de sus componentes determina la dureza, impermeabilidad al agua, brillo y otras características como temperatura de fusión y permeabilidad al O₂ y CO₂. La cera de candelilla es sólida a 20°C y alcanza su punto de máxima viscosidad a los 80°C. El consumo de esta cera en alimentos se considera seguro (Cabello-Alvarado *et al.*, 2013).

USOS DE LA CERA DE CANDELILLA

En la época prehispánica la candelilla se utilizó para tensar arcos, curtir pieles y en preparaciones medicinales contra el dolor de muelas y como purgante. Durante la Colonia los españoles la utilizaron para elaborar velas, de ahí el nombre de candelilla (vela pequeña).

Durante la Segunda Guerra Mundial se usó para impermeabilizar y proteger de los mosquitos las telas de las tiendas de campaña, así como para proteger algunas partes de aviones y en la fabricación de explosivos; también se ha utilizado en la industria panadera y en el recubrimiento de quesos para su conservación. Otros usos de la cera de candelilla

Tabla I. Composición química de la cera de candelilla (Schneider, 2009).

Componente	Contenido % (w/w)
Hidrocarburos (C29, C31 y C33)	50-57
Nonacosano	2.5
Hentriacontano	46-46.5
Trtriacontano	2.5
Ésteres (C28, C30, C32 Y C34)	28-29
Ésteres y lactonas simples	20-21
Alcoholes, esteroides y resinas	12-14
Sistoserol y otros esteroides	7-8
Acetato de beta amirina	5-6
Ácidos libres	7-9
De cadena lineal	6-7
Humedad	0.5-2
Residuos inorgánicos	0.7

incluyen el recubrimiento de frutos como cítricos, aguacate, plátano, manzana y tomate, haciéndolos resistentes al transporte y almacenamiento (Alleyne y Hagenmaier, 2000; Saucedo Pompa *et al.*, 2007). También se utiliza en la fabricación de velas, tintas para papel carbón, crayones, engomados de papel, plásticos, cintas para máquina, cerillos, ceras selladoras, preparaciones farmacéuticas e industria dental para moldeo y fundido de piezas, barnices de color, lustradores de piso y muebles, renovadores de pintura, compuestos de hule, curtientes de cuero, aislantes eléctricos, entre otros (Villareal-Barrera, 1995).

Destaca también su uso en la industria de los cosméticos, dadas sus propiedades protectoras, siendo indispensable en la fabricación de lápices labiales, cremas corporales y pre-

paraciones para el cabello; por ser un buen plastificante se utiliza también en la fabricación de goma de mascar. Sus propiedades de retención de aceites le permiten conservar mejor los sabores. También se usa en recubrimientos de cartón, fabricación de crayones, pinturas, velas (pabilo), lubricantes, recubrimientos de papel, anticorrosivos, impermeabilizantes, fuegos artificiales, fundición y moldeo de precisión (Canales *et al.*, 2006; Álvarez Pérez *et al.*, 2015). Otros usos recientes incluyen la elaboración de biocombustible (Torres.Castro *et al.*, 2015), microencapsulamiento de fertilizantes de liberación controlada en agricultura, pulverización para el desarrollo de aditivos para plásticos y elaboración de materiales inteligentes para la conversión y almacenamiento de energía (Espinoza-Gonzalez y Arizmendi-Galaviz, 2021).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La planta de candelilla es un importante recurso forestal no maderable del norte de México con una extensa distribución en los matorrales desérticos, principalmente de tipo rosetófilo. Ha sido objeto de aprovechamiento no controlado durante más de 100 años, sobre todo para la extracción de cera, producto que presenta una alta demanda por sus numerosos usos en las industrias de alimentos, cosmética, eléctrica, medicinal, elaboración de artículos de limpieza y artículos escolares, entre otras aplicaciones. Las zonas candelilleras en el norte de México están habitadas por gente que en su mayoría sufre de pobreza extrema, donde el aprovechamiento de la candelilla es una de las pocas opciones que tienen los pobladores para generar ingresos económicos. Esta actividad implica un gran esfuerzo, trabajo y tiempo invertido para extraer la cera, por la cual reciben ingresos que difícilmente cubren sus necesidades básicas.

Por lo anterior, es importante la actualización tecnológica en los procesos de aprovechamiento de la candelilla, ya que a la fecha se siguen utilizando prácticamente los mismos métodos de hace un siglo. Esto sería de gran beneficio para los pobladores de las zonas rurales y podría ser un detonante para el crecimiento y desarrollo del desierto del norte de México.

Por otra parte, la explotación no planeada de este recurso vegetal ha mermado las poblaciones silvestres



de candelilla, particularmente en las extensiones de mayor aprovechamiento, provocando pérdida de la cubierta vegetal y desertificación, lo que afecta el ciclo hidrológico, saliniza los suelos, reduce la productividad, además de la pérdida de diversidad biológica, por lo que es urgente la restauración de estos ecosistemas. Para esto es importante establecer programas de aprovechamiento sustentable de la candelilla, acompañados de reforestación o plantaciones, donde se considere la reproducción por semilla para conservar la diversidad genética de la especie.

REFERENCIAS

- Alleyne, V., y Hagenmaier, R.D. (2000). Candelilla-shellac: an alternative formulation for coating apples. *HortScience*. 35(4):691-693.
- Álvarez-Pérez, O.B., Montañez, J., Aguilar, C.N. et al. (2015). Pectin-candelilla wax: an alternative mixture for edible films. *Journal of Microbiology. Biotechnology and Food Sciences*. 5(2):167-171. Doi:10.1541/jm-bfs.2015.5.2.167-171.
- Cabello-Alvarado, C.J., Sáenz-Galindo, A., Barajas-Bermúdez, L., et al. (2013). Cera de candelilla y sus aplicaciones. *Avances en Química*. 8(2):105-110.
- Canales E., Canales-Martínez, V., y Zamarrón, E.M. (2006). Candelilla, del desierto mexicano hacia el mundo. *Conabio. Biodiversitas*. 69:1-5.
- Cervantes-Ramírez, M.C. (1992). *Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Plantas productoras de cera*. Universidad Autónoma de México. 125-137. Disponible en: <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/temas-sel/plazorico/art6.pdf>.
- Espinoza-González, y Arizmendi-Galavíz. (2021). *Cera de candelilla y sus aplicaciones en materiales avanzados*. Disponible en: <https://ciqa.mx/CeraCandelilla.aspx>
- Flores-del Ángel, M.L. (2013). *Situación actual de las poblaciones de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.). Inventario, su propagación sexual y asexual en el estado de Coahuila, México*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 117 p.
- Marroquín, J.S., Borja, G., Velázquez, R., et al. (1981). *Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas de norte de México*. 2ª Edición. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 166 p.
- Muñoz-Ruiz, C.V., López-Díaz, S., Covarrubias-Villa, F., et al. (2016). Effect of abiotic stress conditions on the wax production in Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.). *Rev. Latinoamérica de Química*. 44(1):26-33.
- Peña-Contreras, A.R. (1998). *Utilidad de algunas metodologías de análisis la interacción genotipo-ambiente en la medición de la tasa de recuperación, en el crecimiento de la candelilla (Euphorbia antisyphilitica, Zucc), bajo diferentes condiciones ecológicas*. Tesis M.C. Fitomejoramiento.
- Rojas-Molina, R., Saucedo-Pompa, S., De León-Zapata, M.A., et al. (2011). Pasado, presente y futuro de la candelilla (ensayo). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2(6):7-18.
- Saucedo-Pompa S., Jasso-Cantú. D., Ventura-Sobrevilla J., et al. (2007). Effect of candelilla wax with natural antioxidants on the shelf life quality of fresh-cut fruits. *Journal of Food Quality*. 30:823-836.
- Soto-García, B.M. (2010). *Efecto del estado de maduración del fruto, el peso de la semilla y el tiempo de almacenamiento en la viabilidad y germinación de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.)*. Tesis biólogo, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 78 p.
- Schneider, E. (2009). *Trade survey study on succulent Euphorbia species protected by CITES and used as cosmetic, food and medicine, with special focus on candelilla wax*. Convention on International Trade in endangered species wild fauna and flora, Eighteenth meeting of the Plants Committee, March, Buenos Aires, Argentina.
- Torres-Castro A., Garza-Navarro, M.A., Ortiz-Méndez, U. et al. (2015). Candelilla del semidesierto mexicano como fuente de biocombustible. *Ingenierías*. XVIII(69):22-29.
- Vargas-Piedra, G., Valdez-Cepeda, R.D., López-Santos, A., et al. (2020). Current and future potential distribution of the xerophytic shrub candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) under two Climate change scenarios. *Forests*. 11:530. Doi:10.3390/f11050530.
- Velasco, H.A. (1991). *Las zonas áridas y semiáridas: sus características y manejo*. Primera edición. México: Editorial Limusa. 725 p.
- Villarreal-Barrera, A.R. (1995). *Pobreza y marginación de los productores de cera de candelilla*. Tesis ingeniero agrónomo en economía agrícola. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". División de Ciencias Socioeconómicas. Buenavista, Saltillo. 25-32.



SECCIÓN ACADÉMICA

El Banco de Germoplasma de la Facultad de Agronomía UANL, como patrimonio etnobiológico del estado de Nuevo León