

ENSAYO PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA CANDELILLA

ESSAY PAST, PRESENT AND FUTURE OF CANDELILLA

Romeo Rojas Molina¹, Saúl Saucedo Pompa¹, Miguel A. De León Zapata¹
Diana Jasso Cantú² y Cristóbal N. Aguilar¹

RESUMEN

Euphorbia antisiphilitica pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, cuyos integrantes se caracterizan por ser parecidos a los cactus, pero con la diferencia de que producen látex. La especie crece en el semidesierto mexicano, y se conoce con el nombre de candelilla. La primera persona que estudió sus propiedades fue Zuccarini, quien demostró que tiene propiedades curativas contra la sífilis. La planta presenta tallos largos y erectos de color verde grisáceos, con la particularidad de que en su parte externa producen un material ceroso que le sirve de protección contra el ataque de hongos, insectos y bacterias, pero, principalmente, contra el clima extremo del semidesierto. Su recolección para la obtención de su cera es una de las actividades económicas más importantes en el noreste del país, de forma más específica en la denominada región candelillera. Sin embargo, desde hace casi un siglo se utiliza el mismo método de extracción, el cual incluye el uso de ácido sulfúrico en altas concentraciones, lo cual genera contaminación al medio ambiente, provoca daños a la salud y reduce la calidad del producto, que después pasa por un proceso de filtrado y blanqueo. En este trabajo se muestra un panorama general de la importancia pasada, la actual y una percepción a futuro de la cera de candelilla.

Palabras clave: Cera de candelilla, *Euphorbia antisiphilitica* Zucc, extracción, productos forestales maderables, usos, zonas áridas

ABSTRACT

Euphorbia antisiphilitica is a plant that belongs to the family *Euphorbiaceae*, that whose members are characterized as being similar to cacti, but the difference that produces latex, the species grows in the Mexican semi-desert with the name of candelilla. The first person than study their properties was Zuccarini, demonstrating that has healing properties against syphilis. The plant has long stems and erect green-grayish that have the particularity than in turn it produces a waxy material that protect against fungi, insects, bacteria; but mainly against the extreme climate of the semi-desert. The recollection for the extraction of wax is one of the most important economic activities for the northeast of the country, more specific form in the denominated region candelillera. However, for almost one century used the same method which involves the use of sulfuric acid at high concentrations and consequently contaminates the environment, causing damages to the health and reduces the wax quality; the one which, later on has to go through a process of filtering and bleaching. In this paper shows an overview of the importance it has had, has and a future perception of candelilla wax.

Key words: Candelilla wax, , *Euphorbia antisiphilitica* Zucc, extraction, non wood products, uses, arid zones.

Fecha de recepción: 27 de marzo de 2009.

Fecha de aceptación: 7 de febrero de 2011.

¹ Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Correo-e: cristobal.aguilar@mail.uadec.mx

² Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

INTRODUCCIÓN

La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) es un arbusto perenne, con tallos cilíndricos, densamente compactos, erectos, recubiertos de cera, con apariencia de pequeñas velas, sin hojas y en temporada de lluvias se llena de flores pequeñas (Figura 1). Zuccarini describió por primera vez la planta en 1832, y notó que se empleaba contra enfermedades venéreas (sífilis). Una nueva clasificación de la candelilla se registró en 1909 por G. Alcocer, quien la nombró *Euphorbia cerifera* y destacó sus propiedades para generar cera, la cual sirve como elemento de protección y sello para retención de la humedad (Scora *et al.*, 1995; Saucedo-Pompa, 2007a; IC, 2008).

Pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, que está constituida por árboles, arbustos, y herbáceas típicamente con látex; son plantas monoicas caracterizadas por inflorescencias en las que la unidad básica es el ciatio. La familia incluye cerca de 300 géneros y alrededor de 5,000 especies distribuidas, principalmente, en los trópicos y también en zonas templadas. Se calcula que en México está representada por 43 géneros y 782 especies, más 32 taxas infraespecíficos: ocho subespecies y 24 variedades. Existe un género endémico del país, *Enriquebeltrania* y se estima que 57% de las especies mexicanas son endémicas. A nivel de género muestran una gran afinidad con las de centro y Sudamérica. A pesar de su gran importancia, tanto sistemática como florística, el conocimiento de las *Euphorbiaceae* en México es sumamente pobre (Steinmann, 2002).

Euphorbia antisyphilitica es una especie endémica de las regiones semidesérticas de: Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas; en Estados Unidos de América, se distribuye en los estados de Nuevo México y Texas. Crece en laderas con suelo calcáreo, de origen aluvial, someros (menor a 25 cm), de textura franco arenosa, poco profundos, pedregosos, con buen drenaje, ricos en carbonato de calcio, con un pH que va de 7.4 a 8.4 y pobres en nitrógeno. Son arbustos con un diámetro aproximado a 90 cm, la raíz es pequeña; aunque una planta de tamaño moderado puede desarrollar más de 100 tallos de color verde grisáceo, con dimensiones típicas de 30-60 cm de largo y de 0.1 -1.0 cm de diámetro (Romahn, 1992; IC, 2008; Taller Nacional de Candelilla, 2008).

Arbusto abundante en sitios con altitudes de 700 a los 1,200 m, con pendientes de 1 a 3 %, en donde contribuye a la prevención de la erosión edáfica, pues protege al suelo de la radiación solar y del efecto del viento. Favorece el crecimiento de plantas como: lechuguilla, sotol, pasto chino, ocotillo y diversos cactus. Además, no se conocen plagas o enfermedades que la afecten; sin embargo, el aprovechamiento del recurso, la ganadería, el sobrepastoreo y

INTRODUCTION

Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) is a perennial shrub with densely compact, erect, cylindrical stems coated in wax, with the appearance of small candles, leafless and that becomes full of small flowers in the rainy season (Figure 1). Zuccarini described the plant in 1832 for the first time, and noted that it was employed against venereal diseases (syphilis). A new classification of candelilla was registered in 1909 by Alcocer, who named it *Euphorbia cerifera*, as he emphasized its properties to produce wax, which serves as an element of protection and seal for moisture retention (Scora *et al.*, 1995; Saucedo-Pompa, 2007a; IC, 2008).

It belongs to the *Euphorbiaceae* family, which gathers trees, shrubs, and herbaceous forms typically full of latex; monoecious plants characterized by inflorescences in which the basic unit is the cyathium. The family includes about 300 genera and over 5,000 species, distributed mainly in the tropics and temperate zones. It is estimated that in Mexico it is represented by 43 genus and 782 species, more than 32 infraspecific taxa: eight subspecies and 24 varieties. There is an endemic genus of the country, "*Enriquebeltrania*", and it is considered that 57 per cent of the Mexican species are endemic. At the genus level, they show a strong affinity with the Central and South American species. Despite its great systematic and floristic importance, knowledge of the *Euphorbiaceae* in Mexico is very poor (Steinmann, 2002).

Euphorbia antisyphilitica is an endemic species of the semi-desert regions of the States of Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas and Zacatecas. It is found too, in New Mexico and Texas, United States of America. It grows on slopes with calcareous soil of alluvial origin, shallow (less than 25 cm) sandy-loam texture, stony, well drained, rich in calcium carbonate, with a pH ranging from 7.4 to 8.4 and poor in nitrogen. They are shrubs with a diameter around 90 cm and a undersized root, even though a moderate-sized plant can develop more than 100 grey-green stems, with typical dimensions of 30-60 cm long and 0.1 - 1.0 cm in diameter (Romahn, 1992; IC, 2008).

This is an abundant shrub in places with altitudes from 700 to 1,200 m, with gradients from 1 to 3%, where it contributes to the prevention of soil erosion, since it protects the soil from solar radiation and the effect of the wind. It favors the growth of plants as: lechuguilla, sotol, China grass, ocotillo and several cacti. In addition, there are no known pests or diseases that affect it; however, the use of this source, livestock, overgrazing and fires can endanger its population (CONAFOR, 2009).

Its discovery and use is due to the Indians of Northern Mexico, who extracted raw wax by heating of the stems



Figura 1. Arbusto de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc) (a). Detalles del tallo (b).
 Figure 1. Candelilla shrub (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc) (a). Details of the stem (b).

los incendios pueden llegar a poner en peligro sus poblaciones (CONAFOR, 2009).

Su descubrimiento y uso se debe a los indígenas del norte de México, quienes extraían cera cruda mediante el calentamiento de los tallos en recipientes de barro y después la mezclaban con colorantes para usarla con fines ornamentales (Romhan, 1992; Romhan, 1992a). Algunas versiones indican que en la antigüedad se quemaba para la iluminación, por lo que cumplía con las funciones propias de una vela; también, la utilizaron para tensar arcos, curtir pieles, en preparaciones medicinales contra el dolor de muelas y como laxante. En la época de la colonia española se empleó para elaborar velas, de allí el nombre de candelilla, que significa “vela pequeña”.

Para principios del siglo XX se empezó a comercializar, y en 1905 Connek and Landresc investigan su composición y propiedades. Durante la segunda guerra mundial se incrementó su demanda para impermeabilizar y proteger de los mosquitos las telas de las tiendas de campaña, para cubrir y prevenir el deterioro de algunas partes de los aviones y en la fabricación de explosivos y alcanzó un precio de hasta 1.2 USD kg⁻¹ y México exportó hasta 24, 000 ton año⁻¹ (Domínguez-Lara, 2004; López *et al.*, 2007; IC, 2008). En esos años de guerra, los candelilleros se organizaron para lograr una mejor comercialización, pero al término de ella, el desarrollo de la industria petroquímica afectó de manera significativa el mercado de la candelilla, ya que en muchos de los productos elaborados con su cera se sustituyó con subproductos del petróleo, por ejemplo: los componentes de algunos aparatos electrónicos, bases para pegamentos, recubrimientos y cosméticos. Posteriormente, se incrementó el uso de materias primas naturales en lugar de los derivados

in clay containers, which was later mixed with colorings to use it for ornamental purposes. Some versions suggest that, in former times, it was burned for lighting, thus working as a candle; it was also used to tighten arches, tanning leather, medicinal preparations to fight toothache and as laxative. In the Spanish colonial era it was used to make candles, hence the name of “candelilla”, which means “little candle”.

At the beginning of the 20th century, its commercialization started, and in 1905 Connek and Landresc investigated its composition and properties. During World War II, its demand increased as a waterproof material and was used as a protector for campaign fabric tents against mosquitoes; also to cover and to prevent the deterioration of some parts of aircraft and for the manufacturing of explosives. It was then when it reached a price of USD 1.2 kg⁻¹ and Mexico exported around 24 000 ton year⁻¹ (Domínguez-Lara, 2004; López *et al.*, 2007; IC, 2008). In those years, the “candelilleros” were organized to achieve a better commercialization, but when that war came to an end, the development of the petrochemical industry affected significantly the market of the candelilla as many products made-up with its wax were replaced by others made from oil, such as: the components of some electronic devices, adhesive bases, coatings and cosmetics. Years later, this tendency was reerterted as natural raw materials were preferred as the derivatives of oil became more expensive (Romahn, 1992; Canales *et al.*, 2006; López *et al.*, 2007; De León-Zapata, 2008).

del petróleo, por su alto costo (Romahn, 1992; Canales *et al.*, 2006; López *et al.*, 2007; De León-Zapata, 2008).

Aprovechamiento de la cera de candelilla

Producto no maderable que se obtiene de la recolecta comercial de la planta denominada candelilla, y cuyo aprovechamiento se remonta a 1914, año en que los señores Borrego y Flores diseñaron un método sencillo para la extracción de la cera. Técnica que consiste en la recolección total de la planta y posterior ebullición en una solución agua-ácido sulfúrico, método que en la actualidad todavía es utilizado. Durante los primeros años del siglo XX llegó a convertirse en una de las principales actividades económicas en el sector forestal del Desierto Chihuahuense.

La cera es una sustancia dura, quebradiza y fácil de pulverizar, que en función de su grado de refinación y blanqueo, su color puede variar desde café claro hasta amarillo (Figura 2). Su superficie puede tener altos niveles de brillo, de tal manera que ésta es una de las propiedades más apreciadas de la cera de candelilla en diversas aplicaciones, tales como: la elaboración de labiales, pulidores, brillos para muebles, etc. Además es un buen disolvente de colorantes básicos, es insoluble en agua, pero altamente soluble en acetona, cloroformo, benceno y otros solventes orgánicos (IC, 2008).

Su estructura química se compone de ésteres de ácidos grasos y ácidos grasos de cadena larga (Cuadro 1). Aunque, existen otras plantas capaces de generar "cera" (*Pedilanthus pavonis* Boissier y *Pedilanthus aphyllus* Boissier), ellas, presentan menos rendimiento; así como puntos de fusión y valor de saponificación más bajos, en comparación con la producida por individuos del género *Euphorbia* (IC, 2008; Multiceras, 2007; Maldonado, 1979). Además en la revista de la Sociedad Real de Artes, declaró que la planta de candelilla contiene cera de excelente calidad y en suficiente cantidad para su explotación, lo que la convierte en una especie muy valiosa; sin embargo, después de tantos años de recolectar el recurso, persisten dos factores inalterados: el proceso de extracción y las condiciones de extrema pobreza de los habitantes de la zona candelillera (CENAMEX, 2007).

En la actualidad, del aprovechamiento de la candelilla dependen pequeños productores de cera, conocidos a nivel local y nacional con el nombre de "Candelilleros", cuyo número es más de 3,500, distribuidos en 230 ejidos de 33 municipios del noreste rural de México. Coahuila es el principal estado productor, en donde sobresalen los municipios de Ocampo, Cuatrociénegas y Sierra Mojada (Figura 3).

Use of candelilla wax

Candelilla wax is a non-timber product that comes from the commercial collection of the plant so-called, and whose harvest is as old as 1914 when Mr. Borrego and Mr. Flores invented a simple method for the extraction of that raw material. It consists in the total removal of the plant and its later boiling into a water-sulphuric acid solution that is still used at present. During the first years of the XX century, it became one of the main forest economic activities of the Chihuahuan Desert.

The wax is a hard, brittle and easy to crush to pieces, according to its degree of refinement and bleaching the color can vary from light brown to yellow (Figure 2). Its surface may have high levels of brightness, in such a way that this is one of the most appreciated properties of candelilla wax and thus it is used to produce several articles such as: lipsticks, shine furniture polishers, etc. Also it is a good basic coloring solvent, it is not water-soluble but highly soluble in acetone, chloroform, benzene and other organic solvents (IC, 2008).

Its chemical structure consists of esters of fatty and acid long chain fatty acids of (Table 1). Although, there are other plants capable of generating "wax" (*Pedilanthus pavonis* Boissier and *Pedilanthus aphyllus* Boissier), they are less effective; as well as having lower saponification value points and fusion, compared with the produced by individuals of the genus *Euphorbia* (IC, 2008; Multiceras, 2007; Maldonado, 1979). Also, the journal of the Royal Society of Arts stated that the candelilla plant contains high quality wax and in enough amount for harvesting, which makes it a very valuable species; however, after many years of collecting it, two unchanged factors persist: the extraction process and the conditions of extreme poverty of the inhabitants of the candelilla zone (CENAMEX, 2007).



Figura 2. Cera de candelilla en diferentes presentaciones.
Figure 2. Different presentations of candelilla wax.

Cuadro 1. Composición de la cera de candelilla.

Contenido	Cera cruda (%)	Cera refinada (%)
Hidrocarburos	46	57
Alcoholes libres	13	14
Ácidos libres	7	7
Ésteres simples	2	21
Ésteres hidroxilados	8	8
Ésteres ácidos	10	0
Diésteres	9	0

Descripción del proceso tradicional de extracción

Comienza con la recolección de la planta de candelilla la cual es arrandada de raíz sin respetar lo establecido en la NOM-018-SEMARNAT-1999 para posteriormente colocar la planta en calderos de hierro llamados "pailas", con una solución de ácido sulfúrico a una concentración aproximada del

At present, from the candelilla depend small-land producers of wax, known to local and national level with the name of "Candelilleros", whose number is over 3,500, who are distributed on 230 ejidos and 33 municipalities in Northeast rural Mexico. Coahuila State is the main producer, where Ocampo, Ciénegas and Sierra Mojada municipalities stand out (Figure 3).

Description of the traditional process of extraction

It consists of placing the plant of candelilla in iron cauldrons called "pailas", adding a 0.3% (v/v) sulphuric acid solution (Figure 4); sulphuric acid used is a waste of the industry of fertilizers, according to testimony from the candelilleros. A "third" is the unit of measure equivalent to a "brazada" (all that can be taken between open arms), which is equivalent from 24 to 32 kg of the plant; this variation is explained by the moisture content of the plants. Each paila has a 500 L capacity, where eight "thirds" (192 to 256 kg) by extraction of candelilla or "pailada" are put. The load of candelilla that is immersed in a water-acid solution, is heated up to the boiling point. This favors detachment of wax from the plant its the merging (De León-Zapata, 2008; Saucedo-Pompa *et al.*, 2009).



Figura 3. Región candelillera en el semidesierto mexicano.
Figure 3. Candelilla zone in the Mexican semi-desert region.

0.3 % (v/v) (Figura 4); el ácido sulfúrico utilizado es un desecho de la industria de los fertilizantes, según testimonios de los candelilleros. Un "tercio", es la unidad de medida equivalente a una "brazada", es decir, lo que se alcance a tomar entre los dos brazos abiertos; en kilogramos corresponde entre 24 y 32 kg de planta, la variación responde al contenido de humedad de la planta. Cada paila tiene una capacidad de 500 L, allí se introducen ocho "tercios" (192 a 256 kg) de candelilla por extracción o "pailada". La carga inmersa en la solución agua-ácido se calienta a fuego directo hasta el punto de ebullición de la solución, lo que permite la fusión de la cera y que se desprenda de la planta (De León-Zapata, 2008; Saucedo-Pompa *et al.*, 2009).

El ácido sulfúrico evita que la cera se adhiera a las impurezas y forme una emulsión, la cual podría generarse dadas las condiciones de turbulencia durante el proceso de ebullición. Mediante esta técnica, la cera de candelilla fundida flota en la superficie del agua como espuma, enseguida se retira de la "paila" con utensilios que presentan orificios, denominados "espumaderas", con las cuales se pasa a tanques de acero, cubetas con agujeros cónicos o a moldes de barro que se colocan a nivel de piso. En cualquiera de los recipientes, la espuma caliente (cera) se separa por decantación, de un licor pardo que precipita hacia el fondo, para posteriormente reciclarse en la "paila" de extracción.

En la parte superior de la "paila", se forma una capa de fina crema color amarillo, que constituye la cera de candelilla, a la cual se le conoce con el nombre de "cerote", se retira con la ayuda de las "espumaderas" y se deja enfriar hasta solidificarse, a temperatura ambiente (Figura 5), después se quiebra en pedazos con golpes de martillo y los trozos se refunden en un recipiente cilíndrico de hierro (cortador) con la misma solución ácida con la que se realizó la extracción en la "paila", a fin de eliminar las impurezas de tierra y materia orgánica, que finalmente se separan por sedimentación. La cera decantada, conocida como "cera de candelilla cruda", se deja enfriar y solidificar. Para refinar la cera, CENAMEX (2007) indica que es necesario quebrarla, fundirla y filtrarla a través de carbón activado y de algunos otros medios filtrantes. Para el 2005, el precio de la cera de candelilla refinada osciló, en México, entre 36 y 38 pesos el kilogramo y en Italia en 52 pesos los 100 g. Para marzo de 2009, los candelilleros de Cuatrociénegas (Ejido La Vega) vendían la cera de candelilla cruda a los intermediarios en 48 pesos kg^{-1} pero una vez refinada su valor se incrementa; de tal manera que empresas como Multiceras S.A. de C.V. comercializó la cera refinada a 56 pesos kg^{-1} (Canales *et al.*, 2006; Multiceras, 2010).

Sulphuric acid prevents that wax adheres to impurities and forms an emulsion, which could generate in the turbulence conditions during the boiling process. By using this technique, candelilla melted wax floats on the water surface as a foam, and then, immediately, it is removed from the "paila" with utensils that have holes, called "espumaderas" ("foamers"), with which the wax is taken to steel tanks, buckets with conic holes or clay molds that are placed at ground level. In any of the containers, the hot foam (wax) is separated by decanting it from a brown liquor which precipitates towards the bottom, to be recycled in the extraction "paila" later.



Figura 4. Caldero de hierro denominado "paila", en donde se lleva a cabo el proceso de extracción de cera de candelilla.

Figure 4. Iron cauldron called "paila", where the candelilla wax extraction process is carried out.

In the middle part of the "paila", just above the aqueous phase, a layer of thin yellow cream is formed; it is the candelilla wax known by the name of "cerote". It is removed with the aid of the "espumaderas" and let to cool until it solidifies, at room temperature (Figure 5). Afterwards, it is broken into pieces with hammer blows and the pieces are merged into a cylindrical iron container ("cortador" or cutter) with the same acid solution with which the extraction was conducted in the "paila", in order to remove soil impurities and organic matter, which are finally separated by sedimentation. The decanted wax, known as "raw candelilla wax" is left to cool and become solid. To refine wax, CENAMEX (2007) indicates that it is necessary to break it, melt and filter it through activated charcoal and by some other filtering ways. By 2005, the price of refined candelilla wax in Mexico ranged from 36 to 38 pesos per kilogram, and from 52 pesos per 100 g in Italy. In March 2009, the candelilleros from Cuatro Ciénegas (Ejido La Vega) in Coahuila Satate, sold candelilla raw wax to intermediaries in 48 pesos a kg^{-1} but when it was refined the value increased in such a way that companies as Multiceras S.A. de C.V. marketed refined wax to 56 pesos kg^{-1} (Canales *et al.*, 2006; Multiceras, 2010).

Usos y aplicaciones de la cera de candelilla

La cera es uno de los productos naturales más usados en la industria, desde la cosmética hasta la electrónica por sus características únicas como: color amarillo transparente, su dureza, su brillo y su fácil digestión sin ser tóxica; ya que es una sustancia generalmente reconocida como segura (GRAS), por la Food and Drugs Administration (FDA). Además, sus características fisicoquímicas (Cuadro 2), como su punto de fusión, impermeabilidad, su bajo índice de contracción y propiedades dieléctricas le permiten funcionar con eficiencia en el proceso de moldeo de precisión o cera perdida en la industria eléctrica (Canales *et al.*, 2006).

El procesamiento y comercialización de la cera de candelilla, hasta 1992, estuvieron a cargo del Banco Nacional de Crédito Rural, por medio de un fideicomiso; sin embargo ese año, el Poder Ejecutivo lo desapareció y transfirió sus funciones a una empresa denominada Ceras Naturales Mexicanas, S.A. de C.V. (CENAMEX), sociedad mercantil conformada con capital ciento por ciento mexicano y cuyos accionistas eran los seis mil candelilleros del país, representados por 300 grupos. Durante dos años, CENAMEX fue la única empresa que procesaba y vendía la cera en el mundo, pero en 1994, con la firma del Tratado del Libre Comercio para América del Norte (TLCAN) la apertura del mercado y la creación de nuevas empresas nacionales e internacionales la obligaron a ser más competitiva, en relación con la calidad del producto, mientras se incrementaba el precio (CENAMEX, 2007).

A principios del siglo XXI, en el 2006, México produjo 349 ton de ceras naturales con un valor superior a \$ 7,677,582. Para el 2007, los principales consumidores fueron: España, Italia, Alemania y China con 85.38 % del total de cera de candelilla; al siguiente año se exportó a Japón, Estados Unidos y Alemania. En la actualidad alrededor de este recurso gira la actividad de más de 3,500 pequeños productores. (IC, 2008; Canales *et al.*, 2006; CENAMEX, 2007).

En la industria de los cosméticos, dadas sus propiedades protectoras, la cera de candelilla es indispensable para una gama importante de formulaciones utilizadas en la producción de lápices labiales, cremas corporales y preparaciones para el cabello. Por ser un buen plastificante y por sus capacidad de retención de aceites esenciales, favorece la preservación de los sabores, se utiliza en la fabricación de goma de mascar. Existen otras aplicaciones que incluyen recubrimientos para cartón y papel, industria de crayones, pinturas, velas de cera, lubricantes, adhesivos, anticorrosivos, fármacos, lubricantes, plásticos, textiles, tintas, anticorrosivos, impermeabilizantes y fuegos artificiales, etc (SEMARNAT, 2008).



Figura 5. Separación de cerote.

Figure 5. Separation of cerote

Uses and applications of candelilla wax

Wax is one of the most used natural products in industry, from cosmetics to electronics for its particular features such as: transparent yellow, its hardness, its brightness and its easy to digest without being toxic; it is a substance generally recognized as safe (GRAS) by the Food and Drug Administration (FDA). In addition, its physico-chemical characteristics (Table 2), as its point of fusion, waterproof, its low contraction index and dielectric properties make it possible its efficient work in the moulding process of precision or wax lost in the electrical industry (Canales *et al.*, 2006).

Until 1992, the processing and marketing of candelilla wax were in charge of the National Rural Credit Bank, through a trust; however, in that year it disappeared as such and was transferred to "Ceras Naturales Mexicanas, S.A. de C.V." (CENAMEX) company, constituted by Mexican capital whose shareholders were the six thousand candelilleros of the country represented by 300 groups. For two years, CENAMEX was the only company that produced and sold the wax in the world, but in 1994, with the signing of the North America free trade Agreement (NAFTA) the opening to new market and the creation of new national and international companies forced it to become more competitive in relation to the quality of the product, while the price increased (CENAMEX, 2007).

At the beginning of the XXIst century, in 2006, Mexico produced 349 tons of natural waxes worth over \$ 7,677,582. For 2007, the main consumers were Spain, Italy, Germany and China with 85.38% of the total of candelilla wax; the following year it was exported to Japan, United States and Germany. Nowadays the activity of more than 3,500 small producers moves this product around. (IC, 2008; Canales *et al.*, 2006; CENAMEX, 2007).

Cuadro 2. Propiedades fisicoquímicas de la cera de candelilla.
Table 2. Physico-chemical properties of candelilla wax.

Propiedad fisicoquímica	Cera cruda	Cera refinada
Valor de acidez	12-24	12-22
Valor de yodo	19-45	14-27
Número de saponificación	43-65	35-87
Punto de fusión	66-71 °C	67-79 °C
Índice de refracción	1.456 a 71 °C	1.4545-1.462 a 85 °C
Material no saponificable	65-67	67-77
Gravedad específica	0.982	0.885
Punto de flama	241 °C	-----

Notas: Punto de Fusión por el método USP 741 Clase II. Número de Acidez USP 401.

Notes: Melting point by the USP 741 class II method. Acidity number 401 USP.

En la industria de los cosméticos, dadas sus propiedades protectoras, la cera de candelilla es indispensable para una gama importante de formulaciones utilizadas en la producción de lápices labiales, cremas corporales y preparaciones para el cabello. Por ser un buen plastificante y por sus capacidad de retención de aceites esenciales, favorece la preservación de los sabores, se utiliza en la fabricación de goma de mascar. Existen otras aplicaciones que incluyen recubrimientos para cartón y papel, industria de crayones, pinturas, velas de cera, lubricantes, adhesivos, anticorrosivos, fármacos, lubricantes, plásticos, textiles, tintas, anticorrosivos, impermeabilizantes y fuegos artificiales, etc (SEMARNAT, 2008).

La revista *Nature* publicó en 1941 un artículo de John Whitaker, en el cual mencionaba que la cera de candelilla quizás era el material con el mayor número de aplicaciones comerciales de todas las sustancias extraídas de plantas silvestres que crecen en el continente americano. Hoy en día se usa en más de 20 industrias en todo el mundo (FDA, 1982; Kuznesof y Whitehouse, 2007; IC, 2008).

Experiencias de aplicación de la cera de candelilla

La cera de candelilla sigue siendo una materia prima para un sinnúmero de productos, y se han generado metodologías para su aplicación, en otras industrias, entre ellas, la elaboración de cubiertas comestibles. Saucedo *et al.* (2007a) y De León-Zapata, (2010) valoraron color, pérdida de peso, contenido de sólidos, firmeza, cambios en pH y la actividad acuosa de manzanas tratadas con cubiertas comestibles a base de cera de candelilla y potentes agentes antioxidantes como ácido elálgico y extractos de hojaseén, las que se almacenaron

From its protective properties, candelilla wax is essential for a significant range of formulations used in the production of lipsticks, body creams and hair products. Being a good plasticizer and having an essential oils' retention ability, it promotes the preservation of flavours and it is used in the manufacturing of chewing gum. There are other applications that include coatings for cardboard and paper, crayons, paint, wax candles, lubricants, adhesives, anticorrosives, medicines, lubricants, plastics, textiles, inks, waterproofing and fireworks (SEMARNAT, 2008).

In 1941, *Nature* magazine published an article by John Whitaker, in which it was mentioned that candelilla wax may be the raw material with the largest number of commercial applications of all the substances extracted from wild plants growing on the American continent. Today it is used in more than 20 industries around the world (FDA, 1982; Kuznesof and Whitehouse, 2007; IC, 2008).

Experiences of implementation of candelilla wax

Candelilla wax is still a raw material in a variety of products, and methodologies for its application, in other industries, including the development of edible covers have been generated. Saucedo-Pompa *et al.* (2007a) assessed color, weight loss, solid content, firmness, changes in pH and the water activity of apples treated with edible covers from candelilla wax and acid ellagic, which they stored during five weeks at room temperature, and thus obtained a reduction in the physico-chemical parameters (Figure 6); they also proved that the cover is able to extend the shelf life of fruits, but the use of ellagic acid in the covers, from its antioxidant power, contributes significantly to achieve this effect, even if it is absent, the quality of the apples is significantly improved.

Llovera *et al.* (2002) applied candelilla wax on tangerines stored for 10 days at 25°C and with a 55% HR to prepare covers with different proportions of lipids and hydroxipropilmetilcellulose (HPMC). They assessed weight, breathing rate and made a sensory analysis; they proved that all formulations significantly reduced weight, in regard to the control, although they did not affect the respiratory rate much. The sensory evaluation confirmed that there is no significant difference in taste compared to the control, but they are described as more juicy. Brightness proved that formulations with less ratio of fatty acid were lower than the rest, so the edible shells from candelilla wax are a good alternative for the preservation of fruit and vegetable fresh food.

durante ocho semanas a temperatura ambiente, y con ello obtuvieron una disminución en los parámetros fisicoquímicos (Figura 6); además demostraron que la cubierta es capaz de alargar la vida de anaquel de los frutos, pero el uso de ácido eláxico en las cubiertas, por su poder antioxidante, contribuye de manera importante a lograr dicho efecto, aún en su ausencia se mejora significativamente la calidad de las manzanas.

Llovera *et al.* (2002) emplearon en mandarinas almacenadas por 10 días a 25 °C y 55 % de humedad relativa (% HR) cera de candelilla para preparar cubiertas con diferentes proporciones de lípidos e hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC). Midieron la pérdida de peso, tasa de respiración, hicieron un análisis sensorial y demostraron que todas las formulaciones reducen significativamente la pérdida de peso, con respecto al control; aunque no afectan mucho la tasa respiratoria. La evaluación sensorial corroboró que no existe diferencia significativa en cuanto a sabor comparado con el control, pero si los describen más jugosas. El brillo demostró que las formulaciones con menor proporción de ácido graso resultaron inferiores al resto, por lo que las cubiertas comestibles a base de cera de candelilla representa una buena alternativa para la conservación de alimentos hortofrutícolas frescos.

Problems and study alternatives of candelilla wax

There is a myriad of problems and enigmas to solve about candelilla wax, the main of which is the archaic extraction process, with more than 100 years old. The method is too harmful for the environment and for the candelilleros due to sulphuric acid gases generated in the process and burns on the body which are caused by the acid and the management of the hot solution. De León-Zapata (2008) proposed an alternative technology, in which he replaced the sulphuric acid by citric acid as an extractor, since this agent does not emit toxic gases and makes the process more efficient. The author reduced the concentration of both acids and obtained similar benefits. In regard to the physical and chemical characteristics of the extracted wax by the two methodologies (traditional and alternative), there is no difference in the physical structure, but there is a higher purity when citric acid is used, as it contains less than a quarter of impurities. Therefore, the new extractive process is a valuable option, since it would improve the quality and the conditions in which the activity is performed.

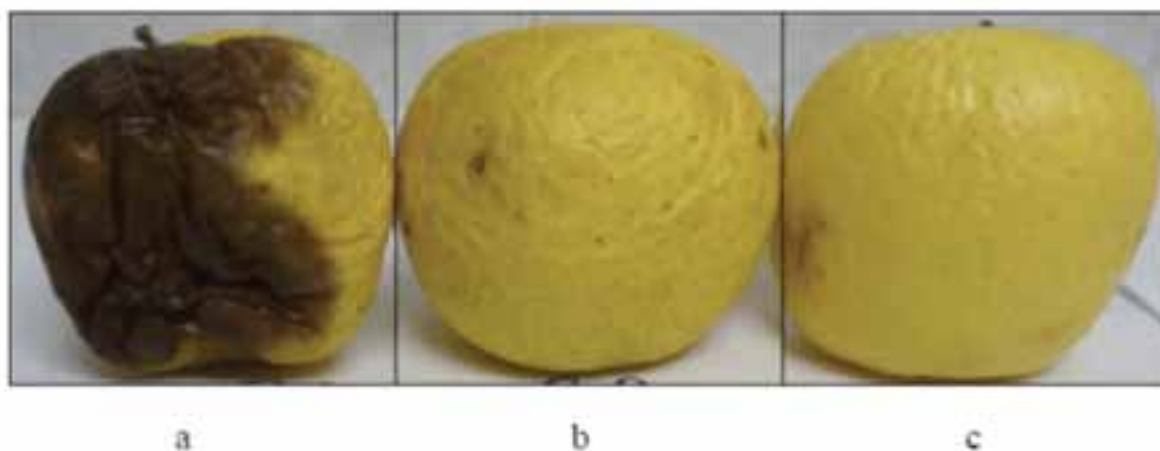


Figura 6. Efecto del recubrimiento comestible de cera de candelilla después de 8 semanas de almacenamiento. a) Sin cubierta; b) Con cubierta y c) Con cubierta y extracto de hojasén.

Figure 6. Effect of candelilla wax edible coating. a) Without cover; b) With cover; c) With cover and "hojasen" (*Cassia fistula* L.) extract.

Problemática y alternativas de estudio de la cera de candelilla

Existe un sinnúmero de problemas y enigmas que resolver respecto a la cera de candelilla, el principal de ellos es el arcaico proceso de extracción, con más de 100 años de antigüedad. El método es demasiado dañino tanto para el medio ambiente, como para los candelilleros debido a los gases de ácido sulfúrico generados en el proceso y las quemaduras en

In addition, despite the exploitation of the plant and the great number of uses that this wax has, its detailed composition is unknown. Although there are several studies with species of the *Euphorbiaceae* family, in which tools such as scanning electron microscopy (SEM) have been used to identify foliar crystals in *Acalypha* genus (Cardiel, 1995) gas liquid chromatography has been used to distinguish the wax of ouricury, carnauba, of Chinese insects, lac, esparto grass, candelilla and Japan wax, as opposed to the use of thin layer chromatography, which only

el cuerpo que provoca el manejo del ácido y de la solución caliente. De León-Zapata (2008) propuso una tecnología alterna, en la que sustituye al ácido sulfúrico por ácido cítrico, como extractor, este agente presenta la característica de no emitir gases tóxicos. El autor redujo la concentración de ambos ácidos y obtuvo rendimientos similares, característica que hace eficiente el proceso alterno. Con respecto a las características físicas y químicas consignó que entre las ceras extraídas por las dos metodologías (tradicional y alterna), no existe diferencia en la estructura física, pero con ácido cítrico se presenta una mayor pureza, ya que contiene menos de $\frac{1}{4}$ de impurezas. Por tanto, el nuevo proceso extractivo es una opción viable, ya que mejoraría la calidad y las condiciones con las que se lleva a cabo la actividad.

Además, a pesar de la explotación de la planta y de la gran cantidad de aplicaciones que tiene la cera, no se conoce a detalle su composición. Aunque hay una serie de estudios con especies de la familia *Euphorbiaceae*, los que se han utilizado herramientas como la microscopía electrónica de barrido (M.E.B) para identificar cristales foliares en el género *Acalypha* (Cardiel, 1995); la cromatografía líquida de gases para distinguir completamente las ceras de ouricury, carnauba, de insectos chinos, lac, esparto, candelilla y cera de Japón, a diferencia del uso de cromatografía de capa fina, la cual solo los analiza sin hidrolizar ni identifica por completo sus componentes (Tolluch, 1973).

Actualmente, algunos centros de investigación y universidades dedican parte de su tiempo al estudio de la candelilla, su preservación y alternativas de uso de la cera. Entre ellas, destacan la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) en donde se desarrollan técnicas para la producción, propagación, mejoras biológicas de la semilla, optimizar la producción de cera y el inventario de candelilla. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) con el centro de investigación para las zonas áridas de México, hoy dirección de investigación, han registrado numerosos estudios sobre los recursos naturales de estas zonas, que incluyen a la candelilla. Hoy por hoy, los proyectos de desarrollo agronómico sustentable del Instituto de la candelilla, a cargo de la UAAAN, asumen como prioridad el análisis de su inventario, distribución y preservación, cuyos resultados contribuirán al desarrollo de las zonas semiáridas de Coahuila, en particular a la región candelillera, como resultado se tiene cooperativas para un mejor aprovechamiento de dicha planta. Además, la UAAAN junto con el Instituto de la Candelilla ha impulsado la creación de programas de asistencia técnica, capacitación, administración y gestión de recursos forestales.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) cuenta con centros e institutos de investigación, como el Centro de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Ciencias Químicas, en el cual se analiza el empleo de

analyses them without hydrolyzation but does not identify its components completely (Tolluch, 1973).

Currently, some research centres and universities devote part of their time to the study of candelilla, its preservation and alternate uses of wax. Among them, the University of Nuevo León State is outstanding as its developing techniques for the production, propagation, biological improvements of seeds, optimization of wax production and candelilla inventory. The Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), through the Research Center for arid zones of Mexico which have registered numerous studies on the natural resources of these areas, which include the candelilla. Today, projects of agronomic and sustainable development of the Candelilla Institute, in charge of the UAAAN, assume as priority the analysis of its inventory, distribution and preservation. These results will contribute to the development of the semi-arid areas of Coahuila, in particular to the candelillera region, as a result, there are cooperatives for a better plant management. In addition, together with the Institute of the Candelilla, The UAAAN has promoted the creation of assistant programmes on technology, training, and management of forest resources.

San Luis Potosí State University (UASLP) has centers and research institutes, such as the Centre for research and postgraduate studies of the Faculty of chemical sciences, which analyses the use of wax products candelilla for the manufacture of products like margarine, vegetable cream and coverings, from vegetable oils with a high content of oleic acid. Coahuila State University (UAdeC) through the Food Research Department (DIA- abbreviation in Spanish -) has carried out studies on the arid zones of the State of Coahuila (Saucedo-Pompa, 2007; Saucedo-Pompa *et al*-, 2007 a, 2007 b; De León-Zapata, 2008; Rojas-Molina, 2008), particularly on the socioeconomic aspects of the candelillera zone, as well as in the optimization of the extraction process and the diversification of its applications. The Center for Research in Applied Chemistry (CIQA- abbreviation in Spanish) investigates candelilla focusing on the improvement of the wax production process and the search for products with high added value (CIQA, 2007; UAAAN, 2007; UASLP, 2007; IC, 2008).

CONCLUSIONS

The past: there is information generated during the past 60 years about the extraction, characterization and application of candelilla wax; although insufficient, it documents the existence and importance of this economic and social activity in the State of Coahuila. Further more, it makes evident the permanence of an implemented extraction method which has lasted for more than one century; its associated industry profits do not positively impact the engaged communities on the collection of plants and extraction of "cerote", even when in candelilla wax applications several industry sectors are involved.

la cera de candelilla para la elaboración de productos tipo margarina, cremas vegetales y coberturas, a base de aceites vegetales con alto contenido de ácido oleico. La Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC) a través del Departamento de Investigación en Alimentos (DIA) ha realizado estudios sobre las zonas áridas del estado de Coahuila (Saucedo-Pompa, 2007a; Saucedo-Pompa *et al.*, 2007b, 2007c; De León-Zapata, 2008; Rojas-Molina, 2008). Su participación se concentra en los aspectos económico-sociales de la zona candelillera; así como en la optimización del proceso de extracción y la diversificación de sus aplicaciones. El Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) investiga la candelilla con un enfoque prioritario en la mejora del proceso de producción de la cera y la búsqueda de productos con alto valor agregado. (CIQA, 2007; UAAAN, 2007; UASLP, 2007; IC, 2008).

CONCLUSIONES

El pasado: existe información generada durante los últimos 60 años sobre la extracción, caracterización y aplicación de la cera de candelilla, la cual aunque insuficiente, documenta la existencia e importancia de esta actividad económica y social en el estado de Coahuila. Además evidencia la permanencia de una extracción implementada hace más de un siglo; cuyos beneficios del sector industrial asociado no impactan de forma positiva a las comunidades dedicadas a la recolecta de plantas y a la extracción de cerote, aún cuando las aplicaciones de la cera de candelilla abarcan a diversos sectores industriales.

El presente: se cuenta con grupos de investigación en la UAdeC, UAAAN, IC, UASLP y la UANL que desarrollan estudios para mejorar diversas etapas del proceso de extracción, purificación, y utilización de la cera, con un enfoque de beneficio tanto a las comunidades rurales, como a las empresas dedicadas al comercio de la cera de candelilla.

El futuro: es imprescindible el perfeccionamiento de nuevos protocolos de separación y purificación, que incluyan el empleo de tecnologías emergentes de obtención entre las que se destacan procesos de microondas, ultrasonido y calor óhmico. Es necesario el despliegue de innovaciones para diversificar los productos generados a partir de la cera de candelilla, de estrategias de propagación que no pongan en riesgo la sustentabilidad de este recurso natural. Sobre todo, es urgente apoyar a los silvicultores con estudios que beneficien su salud, su economía y que aseguren la permanencia de una actividad estratégica para el progreso de estas comunidades.

At present: there are research groups in the University of Coahuila State, the University Antonio Narro, the Candelilla Institute, the University of San Luis Potosí State and The University of Nuevo Leon State who are making research to improve different stages of the process of extraction, purification and utilization of wax with an approach to benefit rural communities as well as the companies engaged in the trade of candelilla wax.

The future: It is essential the development of new protocols for separation and purification, that include the use of emerging technologies for obtaining this product; among them are microwave, ultrasound and ohmic heat processes. The deployment of innovations is necessary to diversify the products generated from candelilla wax, as well as the propagation of strategies without putting at risk the sustainability of this natural resource. Above all, it is urgent to support managers with studies that benefit their health, their economy and to ensure the permanence of a strategic activity for the progress of these communities.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the financial support of the CONAGYT-CONAFOR-2008 sectoral Fund -COI. Also to Dra. Blanca Valdivia Urdiales for her valuable assistance in this essay.

End of the English version

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero del fondo sectorial CONACyT-CONAFOR-2008-C01. También se agradece a la Dra. Blanca Valdivia Urdiales por su valiosa colaboración en este ensayo.

REFERENCIAS

- Canales, G. E., V. Canales-Martínez y E. M. Zamarrón R. 2006. Candelilla del Desierto Mexicano Hacia el Mundo. *Biod.* 69: 1-5.
- Cardiel, J. M. 1995. Cristales foliares en *Acalypha* L. (Euphorbaceae). *Anales Jard. Bot. Madrid* 53(2): 181-189.
- Ceras Naturales Mexicanas, S.A. de C.V. (CENAMEX). 2007. Ficha técnica Candelilla *Euphorbia anthisyphilitica*. (Versión preliminar). <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/cadenasproductivas/EstudioCompetitividad/FICHAS%20TECNICAS/CANDELLILLA.pdf>. (18 de marzo de 2008).
- Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). 2007. Asociados tecnológicos. <http://www.candelilla.org/es/asociados.htm>. (7 de febrero de 2009).
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2009. Gerencia de plantaciones forestales comerciales. <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/competitividad/estudio-2009>. (7 de febrero de 2009).
- De León-Zapata, M. A. 2008. Mejoras tecnológicas al proceso de extracción de cera de candelilla. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coah. México. 58 p.
- Dominguez- Lara, H. 2004. La Candelilla su cera y su cultura. "De la Paila al lustre del bolero y el glamour de la pasarelas". *Crónicas del Camino Real*. 3 (28): 19-22.
- Food and Drugs Administration (FDA). 1982. Candelilla wax, proposed affirmation of GRAS status as a direct human food ingredient. *Fed. Reg.* 47: 35776-35777.
- Instituto de la Candelilla (IC). 2008. La planta de candelilla. <http://www.candelilla.org/es/>. (23 de abril de 2008).
- Kuznesof, P. M. and D. B. Whitehouse. 2007. Candelilla Wax Chemical and Technical Assessment (CTA) 65th JECFA. FAO. pp. 1-5. ftp://ftp.fao.org/es/esn/jecfa/cta_65_candelilla_wax.pdf. (23 de abril de 2008).
- Llovera, A., G. Yucra, D. M^o. Ortolá y A. Chiral. 2002. Efecto de la incorporación de hidroxipropilmetilcelulosa y de proporción de lípido en recubrimientos de cera de candelilla sobre la calidad de mandarinas almacenadas a 25 °C. <http://www.enbipn.mx/cibia/Tomol/II-67.pdf>. (22 de febrero de 2008).
- López M., F. Carrillo, M. C. Gutiérrez and M. Crespi. 2007. Alternative methods for the wool wax extraction from wool scouring wastes. *Grasas y Aceites*. 58(4): 402-407.
- Maldonado, A. L. 1979. Caracterización y uso de los recursos naturales de las zonas áridas. *Ciencia Forestal*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF). México. 4(20): 56 - 64.
- Multiceras, 2007. Pro-candelilla. <http://www.multiceras.com.mx/pro-candelilla.htm>. (3 de septiembre de 2008).
- Multiceras, 2010. <http://www.multiceras.com.mx/pro-candelilla.htm>. (26 de mayo de 2010).
- Norma Oficial Mexicana (NOM-018-SEMARNAT-1999), 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. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-018-RECNAT-1999.pdf>. (31 de mayo de 2010).
- Rojas-Molina, R. 2008. Estudio de la actividad antifúngica de cubiertas comestibles en ensayos *in vitro* e *in situ* sobre aguacate Hass. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México. 98 p.
- Romahn V., C. F. 1992. Los Recursos Forestales no Maderables de México: una Revisión. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 131 p.
- Romahn, C. F. 1992a. Principales productos forestales no maderables de México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México. 376 p.
- Saucedo-Pompa, S. 2007a. Desarrollo de películas comestibles a partir de cera de candelilla y activos antioxidantes. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coah. México. 102 p.
- Saucedo-Pompa, S., D. Jasso-Cantú, J. Ventura-Sobrevilla, A. Sáenz-Galindo and C. N. Aguilar G. 2007b. Effect of Candelilla Wax With Natural Antioxidants On The Shelf Life Quality Of Cut Fresh Fruits. *Journal of Food Quality*. 30:823-836.
- Saucedo-Pompa, S., D. Jasso-Cantú, J. Ventura-Sobrevilla, A. Sáenz-Galindo, R. Rodríguez-Herrera y C. N. Aguilar G. 2007c. Evaluación fisicoquímica de la calidad de manzanas tratadas con ceras naturales y activos antioxidantes. In: Guerrero-Hernández, A. F. (Comp.) Memorias in extenso XXI Congreso Nacional de Química Analítica. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León. México. pp. 71.
- Saucedo-Pompa, S., R. Rojas-Molina, A. F. Aguilera-Carbó, A. Saenz-Galindo, H. De La Garza, D. Jasso-Cantú and C. N. Aguilar. 2009. Edible film base don candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International*. 42: 511-515.
- Scora, G. A., M. Ahmed and R. W. Scora. 1995. Epicuticular hydrocarbons of candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) from three different geographical areas. *Industrial Crops and Products*. 4: 179-184.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2008. Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables. México. D.F. México. 107 p. http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/publicaciones/Publicaciones/Manual_Clima%20%C3%81rido.pdf. (14 de marzo de 2009).
- Steinmann V, W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Act. Bot. Méx.* 61. 61-63.
- Taller Nacional de Candelilla. 2008. Conservación, uso y comercio de la candelilla. Taller nacional. 11: 1-3. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/boletines/pdf/BPO11-Taller%20candelilla-DEF18dic08.pdf>. (7 de febrero de 2009).
- Tulloch, A. P. 1973. Comparison of Some Commercial Waxes by Gas Liquid Chromatography. *Journal of the American Oil Chemist' Society*. 50: 367-371.
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). 2007. Asociados tecnológicos. <http://www.candelilla.org/es/asociados.htm>. (7 de febrero de 2009).
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). 2007. Asociados tecnológicos. <http://www.candelilla.org/es/asociados.htm>. (8 de febrero de 2009).