

Diagnóstico de la Jojoba (*Simmondsia chinensis*) (Link) C.K. Schneider, en México

Lilia Alcaraz Meléndez
Diego Valdez Zamudio

Sergio Manuel Real Cosío
Margarito Rodríguez Álvarez

Rigoberto Meza Sánchez
Andrés Orduño Cruz





Diagnóstico de la jojoba (*Simmondsia chinensis*) (Link) C.K. Schneider, en México

Lilia Alcaraz Meléndez
Diego Valdez Zamudio
Sergio Manuel Real Cosío
Margarito Rodríguez Álvarez
Rigoberto Meza Sánchez
Andrés Orduño Cruz



Formación y portada: D.G. Miguel Ángel Báez Pérez

Primera edición en español: 30 de septiembre 2011

ISBN: 978-607-12-0217-8

D.R. © Universidad Autónoma Chapingo
km 38.5 carretera México-Texcoco
Chapingo, Texcoco, Estado de México, CP 56230
Tel: 01 595 95 2 15 00 ext. 5142

La reproducción total o parcial de esta publicación, ya sea mediante fotocopias o cualquier otro medio, requiere la autorización por escrito del representante legal de la Universidad Autónoma Chapingo.

Impreso en México

“Este programa es de carácter público, no es patrocinado ni promovido por partido político alguno y sus recursos provienen de los impuestos que pagan todos los contribuyentes. Está prohibido el uso de este programa con fines políticos, electorales, de lucro y otros distintos a los establecidos. Quien haga uso indebido de los recursos de este programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la ley aplicable y ante la autoridad competente”.

DIRECTORIO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

Rector

Dr. Ramón Valdivia Alcalá

Director General Académico

Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas

Director General de Investigación y Posgrado

Ing. José Guadalupe Gaytán Ruelas

Director General de Administración

M. en C. Domingo Montalvo Hernández

Director General de Patronato Universitario

Biol. Ma. de Lourdes Rodríguez Ramírez

Director General de Difusión Cultural y Servicio

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Dr. Francisco Javier Mayorga Castañeda

Secretario

Lic. Mariano Ruiz-Funes Macedo

Subsecretario de Agricultura

Dr. José Arnulfo del Toro Morales

Director General de Vinculación y Desarrollo Tecnológico

SERVICIO NACIONAL DE INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN DE SEMILLAS

Ing. Enriqueta Molina Macías
Directora General del SNICS

M. en C. Rosalinda González Santos
Subdirectora de Recursos Fitogenéticos

Red Jojoba

Dra. Lilia Alcaraz Meléndez (CIBNOR)
Coordinadora

M. en C. Margarito Rodríguez Álvarez (CIBNOR)

Tec. Lab. Sergio Manuel Real Cosío (CIBNOR)

Dr. Andrés Orduño Cruz (CIBNOR)

Dr. Diego Valdez Zamudio (UNISON)

Dra. Martha Martín Rivera (UNISON)

Dra. María Magdalena Ortega Nieblas (UNISON)

M. en C. Rigoberto Meza Sánchez (INIFAP)

M. en C. Carlos Cano (UABC)

CONTENIDO

I. Introducción	11
II. Usos e importancia económica de la jojoba	22
III. Base de datos de poblaciones <i>in situ</i>	28
IV. Áreas con potencial productivo y tecnología para el establecimiento de plantaciones de jojoba en Baja California Sur, México	33
V. Distribución de poblaciones silvestres de jojoba en el estado de Baja California y áreas con potencial para el cultivo de la especie	45
VI. Distribución de poblaciones silvestres de jojoba en el estado de Sonora y áreas con potencial para el cultivo de la especie	66
VII. Base de datos de poblaciones <i>ex situ</i> en Baja California, Baja California Sur y Sonora	90
VIII. Referencias bibliográficas	92

1. INTRODUCCION

La jojoba es un arbusto dióico, perenne, endémico del desierto sonorense, región que abarca el noroeste de México y el suroeste de Estados Unidos (Gentry, 1958). Link y Schneider clasificaron esta planta con el nombre científico de *Simmondsia chinensis*.

a. Clasificación taxonómica de la jojoba

La jojoba inicialmente fue asignada a la familia Garryaceae debido a su similitud con las plantas del género *Garrya* del suroeste de los Estados Unidos; después se le colocó en la familia de las Euphorbiaceae hasta que en 1897 Van Tieghem propuso la creación de una nueva familia denominada Simmondsiaceae cuyo único género era *Simmondsia*; posteriormente fue asignada dentro de la familia de las Buxaceae (Thomson, 1978). En la década de los años ochenta se realizaron estudios serotaxonómicos comparando a la jojoba con sueros de plantas de las familias Celastraceae, Chenopodiaceae, Garryaceae, Euphorbiaceae, Hamamelidaceae, Buxaceae y Simaroubaceae, con los que concluyó que la jojoba debería estar en una familia independiente de todas las comparadas, manteniendo la idea propuesta por Van Tieghem.

La familia Simmondsiaceae no está reconocida por todos los taxónomos tradicionales, pues algunos la consideran todavía dentro de la familia Buxaceae. Aunque en 2003 fue aceptada por el sistema de clasificación APG (*Angiosperm Phylogeny Group*), este sistema es inusual por estar basado –sin evidencia completa– en el análisis cladístico de las secuencias del ADN de tres genes: dos cloroplásticos y uno ribosomal. A pesar de que la clasificación se apoya sólo en la evidencia molecular (genética), sus grupos constituyentes (clados) también prueban ser consistentes con otras evidencias no moleculares (por ejemplo, la morfología del polen sustenta la separación entre las eudicots del resto de las dicotiledóneas, con base en esta clasificación la familia Simmondsiaceae se asigna en el orden Caryophyllales en una sola especie.

b. Descripción botánica

La descripción botánica de la jjoba se remonta al siglo XIX y ha sido hecha por varios autores (Kellogg, 1859; Baillon, 1880; Standley, 1920-26; Muñiz, 1935; Abrams, 1951; Mc Minn, 1951; Daugherty *et al.* 1953; Gentry, 1958; Shreve y Wigg, 1964; Thomson, 1978). Se describe como un arbusto de 1 m a 3.5 m de altura, rígido, frondoso, con ramas verde amarillentas, pubescentes y ramificadas de dos en dos. El arbusto presenta diferentes alturas y formas; pueden ser bajos y postrados, altos y densos, en forma semicircular o en forma de árbol alto, ramas bajas cerca del suelo, ya sea con varios tallos u ocasionalmente un tronco único. Son plantas longevas y por esta razón algunas veces las han clasificado como árboles. Su madera es dura y de color que va de amarillo pálido a amarillo limón, pesada, de textura fina, de grano cerrado, sin sabor ni olor y cuando está en contacto con el suelo no resiste a la pudrición (Thomson, 1978). Las hojas son de ovaladas a oblongo elípticas, de 1 cm a 2 cm de ancho y de 2 cm a 5 cm de longitud, de ápice agudo a obtuso, de color verde opaco, coreáceas y pubescentes. Las hojas perduran a lo largo de dos o tres estaciones dependiendo de la humedad y las condiciones de siembra, eventualmente desarrollan una capa de absición en el pecíolo y caen. Las hojas viejas son notoriamente más grandes que las nuevas, indicando que hay crecimiento continuo durante la segunda estación; el verde suave o el gris del primer año se torna a verde amarillento en el segundo año; con la edad, las hojas frecuentemente se tiñen de color café rojizo alrededor de los márgenes, las hojas viejas, pierden la mayoría de su pubescencia y se revisten con una protección cerosa; las hojas varían en cada planta en tamaño, forma, color, grosor y densidad pubescente. La epidermis de las hojas está cubierta por vellosidades con numerosos estomas en ambos lados, el mesófilo está cubierto completamente con células en empalizada, con abundantes cristales de oxalato de calcio en la periferia de la hoja (Solereder, 1908; Record y Hess, 1943; Metcalfe y Chalk, 1950).

En algunas localidades se han observado raíces de 2.5 m a 10 m de largo, también presentan pequeñas raíces laterales con vellosidades; comúnmente las plantas adultas no presentan rizomas superficiales o subsuperficiales. Es

importante puntualizar que la primera respuesta a la germinación de la semilla es la penetración profunda al inicio del desarrollo del tallo a unos 40 cm a 50 cm, lo que depende de las condiciones del suelo y las reservas de la semilla.

Las flores de jobjoba nacen en las axilas de las hojas o en las bifurcaciones de las ramas; normalmente de las yemas opuestas de las axilas de las hojas, solamente florece una en cada época de floración y la otra entra en dormancia (Gentry, 1958). Como se indicó al principio de este trabajo, la jobjoba es dióica es decir, las flores masculinas y femeninas se encuentran en plantas diferentes, en ocasiones puede presentar flores hermafroditas pero su ovario no llega a desarrollarse, y en casos muy especiales se pueden encontrar plantas monoicas. Las flores masculinas son sésiles o con pedúnculo muy corto, mayores de 4 mm de largo, generalmente con 5 sépalos y de 8 a 16 estambres; cada estambre está formado por un pequeño filamento una antera larga y erecta; en la antesis los filamentos se alargan hasta 2 mm, sacando las anteras arriba de los filamentos y de las brácteas, pudiendo realizarse la polinización por viento (Schmid, 1978). El polen es esférico, con tres poros, cada poro de 10 μ de diámetro; teca externa con placa de forma irregular, formando un patrón pseudofrustilado, y cada placa con 1 a 10 microverrugas. Las flores femeninas son pequeñas e inconspicuas, de color pálido, sin pétalos e inodoras; con 4 a 6 sépalos coalescentes en la base, formando un receptáculo de 1.5 mm a 3 mm de profundidad, lanceoladas; los sépalos miden de 8 mm a 10 mm de longitud en la antesis y hasta 15 mm en la fructificación (Gail, 1964).

Los frutos salen de cápsulas por dehiscencia loculícida, es decir, desaparecen los lóbulos o cavidades de la cápsula en la dehiscencia; la cápsula mide de 15 mm a 20 mm de largo. Las semillas miden entre 13 mm y 17 mm de largo y tienen una testa o envoltura coriácea de color café oscuro, endospermo muy pequeño o ausente y cotiledones densos y carnosos (Schmid, 1978). La semilla contiene alrededor de 50% de cera por peso seco y glicósido cianogénico.

Se ha reportado que el número cromosómico es una serie poliploide $2n = 36, 54$ y 72 . Los individuos con 36 son sexuales y los de 72 son apomícticos.

c. Hábitat

El medio ambiente donde se desarrolla la jojoba está descrito ampliamente por Gentry (1958) quien menciona que el área donde crece en forma natural es de aproximadamente $258\,888\text{ km}^2$, entre las latitudes 25° y 34° norte y entre las longitudes 109° y 117° oeste, área que corresponde al Desierto de Sonora.

La jojoba se desarrolla en las zonas de más baja precipitación, en pendientes de montaña y valles. Las poblaciones más grandes y con mejor crecimiento están en zonas con precipitaciones de 200 mm a 450 mm anuales y libres de heladas, es decir con temperaturas que raramente caen por debajo de los -3.5° C por pocas horas en la noche. También se le encuentra en zonas con precipitación inferior a los 120 mm . No crece en sitios en donde hay lluvias torrenciales que pueden anegar el suelo. Está bien adaptada a las altas fluctuaciones de temperatura que varían de 30° C a 40° C . Pueden tolerar heladas de hasta -6° C



Planta de jojoba en Baja California, México



Flores masculinas



Flores femeninas con fruto en desarrollo



Semillas de jojoba

y altas temperaturas de hasta 50° C (Mc Ginnies y Arnold, 1939). Crece en una diversidad de suelos, de roca porosa a arcillas, desde levemente ácidos a alcalinos, en suelo desértico, preferentemente con buen drenaje y aireado, derivado de material granítico, por lo general con pH neutro o alcalino de 5 a 8 y rico en fósforo. Se desarrolla mejor en arena y en granito descompuesto, y más lentamente en arcilloso pesado, como el adobe. En poblaciones cercanas al mar, se agrupan muchos individuos en los lugares con mayor exposición a los vientos marinos. En general se desarrollan en suelos arenosos-rocosos, amarillos-arenosos, pedregosos y de textura media.

d. Vegetación asociada

Se desarrollan dentro del tipo de vegetación denominado matorral xerófilo (matorral espinoso) y en vegetación costera. Se ha reportado la asociación con las siguientes especies *Solanum hindsianum*, *Yucca* sp., *Bursera microphylla*, *Fouquieria splendens*, *Jatropha cuneata*, *Olneya tesosta*, *Lysiloma candida*, *Cercidium* sp., *Passiflora* sp., *Lycium* sp., *Agave* sp., *Buddleia* sp., *Ephedra* sp., *Larrea tridentata* y *Ambrosia dumosa*, en las zonas ecológicas árida y semiárida.

e. Características fisiológicas y adaptación

Esta especie tiene una ruta metabólica de incorporación de Carbono C3, lo cual provoca que el estrés hídrico no altere el punto de compensación de CO₂ ni la concentración a la cual la fotosíntesis neta comienza a saturarse bajo el efecto de la radiación (Collatz, 1977). Con respecto al déficit hídrico del suelo, el potencial de turgencia decreció paralelamente con el potencial hídrico, indicando una pérdida de ajuste osmótico cuando el potencial hídrico sobrepasó los -3.5 MPa. La apertura estomática, decreció marcadamente sólo a muy bajos valores de potencial hídrico o actividad química del agua en el xilema -4 MPa y del suelo -2 MPa, correspondiendo aproximadamente a los mismos valores a los que el potencial de turgencia llegó a cero. No se encontró evidencia de un umbral de estrés hídrico que afectara la conductividad estomática (Adams *et al.*, 1978). En cuanto a la tolerancia a la salinidad, trabajos desarrollados en condiciones de hidroponía y NaCl 600 mmol/L, concluyeron que esta concentración salina no afectó el crecimiento, sin embargo los iones del NaCl tienden a acumularse y aumentar la producción de prolina, pero cuando las concentraciones salinas, disminuyen se reabsorben y baja la concentración; (Tal *et al.*, 1979) asumen que la alta tolerancia a la salinidad ha sido importante en la capacidad de la especie a la resistencia a sequía.



Vegetación asociada con poblaciones de jojoba, en el Valle de la Trinidad, Baja California, México.

En trabajos desarrollados sobre ecotipos de jojoba en diferentes zonas del desierto sonorense, se reportó (León de la Luz, 1984) que los ecotipos más resistentes a la sequía se sitúan en la costa del Pacífico (poblaciones de Puerto Adolfo Mateos, Baja California Sur), mientras que los mejor adaptados al control de la transpiración se sitúan en la costa del Golfo de California (poblaciones de Puerto Libertad, Sonora) .

f. Propagación y cultivo

Dada la importancia de la cera líquida de jojoba en la industria y los requerimientos mínimos para su desarrollo, varios países están implementando programas para su cultivo, domesticación e industrialización, entre ellos Israel, Estados Unidos de América, Australia, Sudán, Brasil y México. En Israel, desde 1960 se ha cultivado esta planta (Inov, 1978) dentro de un programa de estudios de plantas de desierto del Instituto de Investigaciones de Negev, en Beer-Sheva cuyos objetivos principales han sido:

- Desarrollar técnicas de propagación de plantas de jojoba con sexo predeterminado empleando para ello la propagación asexual.
- Desarrollar sistemas agrícolas para la cosecha mecánica de la semilla.

El área total de cultivo de jojoba en Israel, de acuerdo a López (1982) es de 200 hectáreas.

En los Estados Unidos de América a partir de 1946 (López, 1982), cuando se descubrió la importancia económica de la jojoba, se intentó establecer el cultivo, pero no fue sino hasta 1970 (Miller y Anderson, 1978), cuando se creó un programa para acelerar el desarrollo económico de las reservaciones indígenas, que se incrementó y fortaleció el cultivo de jojoba. Así, la investigación en jojoba se ha desarrollado sobre todo en temas fundamentales como propagación asexual por medio de estacas, cultivo de tejidos, resistencia a la salinidad y extracción y uso de la cera líquida.

El área total cultivada en Estados Unidos de América es de 1 750 ha (Johnson, 1978) de las que 800 se distribuyen en California, 320 en Arizona, 600 en Texas y algunas más en Nevada, Nuevo México y Florida.

En Australia, desde la década de 1930 se empezó a cultivar la jojoba, dentro de un programa de reforestación de zonas erosionadas, sin embargo no se obtuvieron buenos resultados ya que sólo sobrevivieron tres plantas: dos hembras y un macho, separado este último 600 kilómetros de las hembras, por lo que no se obtuvieron frutos (Begg, 1978). A partir de 1970, revivió el interés por la jojoba y se empezaron a plantar campos experimentales por parte del gobierno, incrementándose a la vez las investigaciones enfocadas principalmente a la biología básica de la especie, sobre todo lo referente a la fisiología de su adaptación a zonas áridas y la comparación con otras especies tolerantes al calor, hábiles para extraer agua de los perfiles profundos del suelo y resistentes a la desecación durante periodos de sequía (Dunstone y Begg, 1979).

En Sudán la jojoba se introdujo por primera vez en 1974. Los estudios realizados en esta región, han sido de tipo agronómico como germinación de la semilla bajo diferentes condiciones, observación del desarrollo de las plantas, floración, plagas y enfermedades. El área cultivada de jojoba hasta 1978 era de 80 ha (Khairi, 1978).

La jojoba fue introducida en Brasil en el año de 1977 y las investigaciones realizadas se han enfocado a la adaptación ecológica del cultivo, observando que en Brasil a los 26 meses de edad se inicia la floración. Este es el país con la mayor extensión cultivada de jojoba en el mundo ya que en 1982 se cultivaron un total de 39 969 ha (Lópes, 1982).

En México a partir de 1950, empezaron las investigaciones sobre la industrialización y aprovechamiento de la jojoba; pero antes de terminar la década se suspendieron, debido a que no se cultivaba y sólo había semilla silvestre que era insuficiente para la industrialización. No fue sino hasta 25 años después, en 1975, que se reunió una comisión para el cultivo e industrialización

de jojoba y a partir de esta fecha se empezaron a hacer estudios tendientes al cultivo, aprovechamiento de la jojoba silvestre, investigación básica y aplicada, desarrollo tecnológico, económico y sobre mercado. Actualmente las instituciones que trabajan para cumplir con estos objetivos son la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (CICTUS); el Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO) en la Costa de Hermosillo, Sonora, el Centro de Investigaciones en Química Aplicada (CIQA) en Saltillo, Coahuila, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) en La Paz, Baja California Sur y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en la península de Baja California.

En 1984, se reportó que en el estado de Baja California Sur se planeaban sembrar 20 ha a nivel experimental y semicomercial en los poblados de Santo Domingo, Todos Santos y Loreto. En Baja California se reportó (Araujo *et al.*, 1980) que se establecerían 10 campos de cultivo piloto de 20 ha cada uno para un total de 200 ha a lo largo de la costa del municipio de Ensenada.

g. Plagas y enfermedades

Plagas

Las plagas de insectos que atacan a la jojoba y que han sido identificadas pertenecen a 223 especies correspondientes a 11 órdenes las especies de mayor importancia incluyen *Periploca* sp., pequeña palomilla minadora; *Epinotia kasloana*, palomilla devoradora de flores y frutas; *Asphondilia* sp., mosco formador de agallas causante de la deformación de frutas jóvenes; *Incisternes* sp., termita de madera seca minadora de tallos de plantas de cualquier edad; *Nysius eriace*, chinche falsa causante de necrosis en plantas de entre dos y tres años de edad. La jojoba también es atacada por animales superiores: cabras, reses y conejos ramonean sus hojas; las ratas, ratones y ardillas trepan a los arbustos y cortan las cápsulas inmaduras, algunos roedores comen la raíz y el resto de la planta; durante las sequías algunas aves como palomas, azulejos y cuervos se comen la semilla madura.

Enfermedades

En lo que se refiere a enfermedades producidas por microorganismos se han detectado hongos que causan pudrición radicular y daños foliares. Se ha reportado que el ataque de *Alternia* sp., provoca defoliación severa en plantas propagadas por estaca en condiciones de humedad alta. En plantas desarrolladas en invernadero *Verticillum dahliae* y *Phymatotrichum omnivorum* atacan las plantas de jojoba. En general se ha comprobado que las plantas de jojoba en condiciones silvestres no son atacadas por este tipo de microorganismos debido a que se necesitan condiciones de humedad elevada para que esto ocurra.

h. Problemática

Un problema para el cultivo de jojoba es la determinación del sexo, ya que como se dijo anteriormente es una planta dióica, de la que no puede conocerse el sexo hasta que florece, lo cual ocurre generalmente a los tres años de edad. Esta característica obstaculiza la planificación del cultivo en cuanto a la producción de plantas femeninas y plantas masculinas, lo que redundaría en una menor producción de semilla. Para resolver este problema se ha optado por desarrollar técnicas de propagación asexual ya sea acodo, estacas o *in vitro* (Alcaraz-Meléndez, 1984).

2. USOS E IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA JOJOBA

El misionero Miguel del Barco en su obra *Historia Natural y Crónica de la Antigua California* menciona que esta planta era conocida por los nativos, aunque no utilizaban sus semillas ya que su alto contenido de aceite les provocaba vómito; sin embargo, durante la conquista española, las semillas de jojoba fueron utilizadas con fines medicinales, mientras que el aceite se utilizaba para condimentar las comidas y como tónico para el cabello. Green *et al.* (1936); Mirov (1950 y 1952) y Daugherty *et al.* (1953) describen a la planta de jojoba como fuente potencial de una industria de cera líquida, reportando sus características, medio ambientales y condiciones para su domesticación a la vez que plantean algunos problemas como la selección genética y los posibles problemas agrícolas.

Green y Foster (1933), reportan que la semilla de jojoba contiene una cera líquida, cuyas propiedades son similares a las del aceite de la ballena de esperma; a partir de este descubrimiento se empezaron a patentar métodos para su utilización en productos como aceites lubricantes sulfurados (Flaxman, 1940), productos de penicilina (Hinds, 1949), procesos de refinación, hidrogenación y purificación de grasas, ácidos grasos y cera (Tausky, 1946), entre otros.

La estructura química del aceite de jojoba revela que no es una grasa sino una cera líquida. Las grasas de semillas de otras plantas son triglicéridos, es decir, una molécula de glicerol esterificado con tres moléculas de ácidos grasos; en cambio las ceras, como la de la jojoba y el aceite de ballena de esperma, son ceras esterificadas formadas por una molécula de una cadena larga de alcohol esterificado con una molécula de una cadena larga de ácidos grasos; por esta característica la cera de jojoba es única entre los vegetales, como el aceite de ballena de esperma es único entre los aceites provenientes de animales (Thomson, 1978). La cera de jojoba es químicamente más pura que otras sustancias naturales después de una refinación sencilla; porque no contiene trazas de ceras saturadas, esteroides, tocoferoles o hidrocarburos (Miwa, 1973). La semilla de jojoba contiene entre 45% y 50% de cera líquida (por peso) cuya composición es de moléculas de alto peso molecular, esteres

de cadena larga entre C20 y C22, ácidos grasos monoinsaturados y alcoholes (superiores a 85% del aceite) y contiene también ácidos monoetilénicos, compuestos principalmente de ácido eicosanoico (34%), ácido docosenoico (14%); alcoholes, incluyendo eicosanol (22%), docosenol (21%); trazas de ácidos oléicos y palmiticos además de un glucosido, la simmondsina (Benzioni y Forti, 1989). La cera de jojoba es altamente estable, no se oxida, no se volatiliza y no se arrancia al almacenarla por largos periodos de tiempo. Al someter la cera a temperaturas arriba de los 285° C por cuatro días y exponerla a altas presiones no se alteran sus propiedades. Al formar isómeros con dobles enlaces produce una crema que solo es comparada por su dureza con la cera de carnauba (Benzioni y Forti, 1989).

Los medios empleados para extraer la cera pueden ser mecánicos o por solventes. Los medios mecánicos consisten en prensas como las que se emplean para extraer aceite de otras semillas; en cuanto a la extracción mediante solventes, Knoepfler (1959) analizó el efecto de seis solventes diferentes, reportando que el alcohol isopropílico extrajo la mayor cantidad de cera; con la utilización de tetracloruro de carbono, benceno, heptano y hexano se obtuvo una menor cantidad y, finalmente, el tetracloroetileno fue el solvente que menos cera extrajo.

Los estudios reportados por el *Committe on Jojoba Utilization* (1978) revelan que la cera jojoba es soluble en benceno, éter de petróleo, cloroformo, tetracloruro de carbono y bisulfato de carbono, mientras que es insoluble en alcohol etílico y acetona.

Los usos que se le han dado a la cera de jojoba son diversos y dependen del tratamiento que se le de. La cera líquida ligeramente refinada es empleada como componente básico en la fabricación de algunos lubricantes, cosméticos, productos farmacéuticos y alimentos; como lubricante se usa para maquinaria que trabaja a altas velocidades o altas temperaturas y presiones; también se emplea como aditivo para otros lubricantes o como aceites para mecanismos delicados; en el área de cosméticos se ha empleado como aceite para cabello, shampoo, jabón, cremas para la cara y bronceadores; para fines farmacéuticos

se ha empleado como recubrimiento de preparaciones medicinales, estabilizador de productos con penicilina, tratamiento contra el acné e históricamente se ha empleado para restaurar el cabello. En cuanto a la alimentación se ha empleado como aceite dietético para cocinar y como aderezo para ensaladas. Las semillas tostadas y molidas se utilizan como sustituto del chocolate. La cera líquida sulfurada de jojoba, se ha empleado como lubricante para sustituir el aceite de ballena de esperma, sobre el que tiene diversas ventajas como olor agradable, el no contener glicéridos y el requerir muy poca o ninguna refinación para fines de lubricación. La cera líquida sulfurada también se ha empleado en la manufactura de linóleums y como componente en tintas para impresión, barnices y chicle. La cera de jojoba también se ha usado como fuente de ácidos y alcoholes de cadenas rectas monoinsaturadas, los cuales se han empleado para preparar compuestos como desinfectantes, detergentes, lubricantes, desecantes, emulsificantes, resinas, plastificantes, cubiertas de protección, fibras, inhibidores de la corrosión y como base para cremas y ungüentos. Al ser hidrogenada la cera líquida de jojoba forma una pasta blanca y dura, cuyo punto de fusión es alto, por lo que puede competir en cuanto a calidad con las ceras de abeja, candelilla, carnauba y espermaceti. Se ha empleado como cera para pulir pisos, muebles y automóviles, como cubierta protectora en frutas, comidas preparadas y envases de papel y también en la manufactura de lápices labiales y velas. (Standley, 1920-26-1930; Knight, 1936; Dayton, 1937; Jamieson, 1943; Zacatecas, 1943; Douglas, 1947; Duisberg, 1952; Mirov, 1952; Daugherty *et al.* 1953; Wells, 1954; Hodge, 1955; Warth, 1956; Jones y Knoepfler, 1957; Knoepfler y Vix, 1958; Molaison *et al.* 1959; Baker, 1965; Vaughan, 1970; Gentry, 1972; Cruse, 1973; Jones, 1973; Miwa, 1973; Committe on Jojoba Utilization, 1978; Wisniak, 1978; Clarke y Yermanos, 1980; Libby, 1980; Miwa, 1980).

Además del uso de la cera, también se ha estudiado el posible uso del bagazo de la semilla, una vez que se ha extraído la cera líquida, como forraje debido a que contiene de 28% a 32% de proteína, de 28% a 30% de carbohidratos y de 10% a 12% de fibra cruda (Wells, 1954). Sin embargo, algunos experimentos con ratas, ratones y ardillas han indicado toxicidad y/o

no palatabilidad (Booth, 1973), debida a los compuestos aislados conocidos como Simmondsina y simmondsia-2-ferulato pertenecientes a la familia de los 2-cianometilenciclohexil glucósidos. Los signos de toxicidad en animales de laboratorio incluyen disminución del apetito, pérdida de peso y muerte. Se han desarrollado metodologías de extracción de componentes tóxicos mediante la utilización de agua como solvente lo que da como resultado una destoxificación de la pasta de 4.6% a 0.23% para la simmondsina y de 1.8% a 0.08% para la simmondsia-2-ferulato .

Sin embargo, algunos estudios aseguran que las bondades de la jojoba van más allá de su uso cosmético lo que logró atraer a los científicos del *Jet Propulsion Laboratory* de la NASA, quienes han procesado el fruto de la jojoba hasta transformarlo en un efectivo lubricante de maquinarias y como combustible en sus naves espaciales, abriendo las puertas para su utilización masiva en el futuro. Por lo anterior, el aceite de su fruto hoy es parte importante del combustible de los transbordadores espaciales (Fuente: http://www.diarioatacama.cl/prontus4_notas/antialone.html?page=http://www.diarioatacama.cl/prontus4_notas/site/artic/20060409/pags/20060409070025.html).

Debido a la crisis de combustibles a partir de compuestos fósiles no renovables, el aceite de jojoba aparece como un biocombustible prometedor, y con la ventaja adicional de ser un cultivo de zonas áridas y semiáridas. Para poder ser empleado como combustible se requiere procesar el aceite de jojoba para formar metil ésteres, proceso que se lleva a cabo en el laboratorio, es muy barato y requiere pocos recursos. Los metil ésteres de jojoba (MEJ) se preparan adicionando alcohol metílico al aceite de jojoba con hidróxido de sodio como catalizador, se calienta y se mantiene en agitación. La mezcla caliente se enfría con agua, separándose así los glicéridos de los MEJ. Después del enfriamiento la solución se separa en tres capas, la capa superior son los glicéridos, seguidos de los MEJ y la capa inferior agua. Los MEJ son separados y secados con sulfato de sodio anhidro. Posteriormente se llevan a cabo pruebas para revisar que el aceite de jojoba sea adecuado como combustible, que consisten en probar la viscosidad, el tiempo de ignición y el máximo grado de presión en la combustión. El nuevo combustible a partir de jojoba tiene propiedades

mejoradas comparadas con el diesel como son un menor contenido de sulfuros, reducción de contaminantes, almacenamiento más seguro por el bajo punto de ignición y más energía disponible para convertir a energía mecánica (El-Saghir Selim, 2009)

a. Importancia económica

Durante las décadas de los años setenta y ochenta hubo un fuerte impulso para la extracción de semillas de jojoba, y el cultivo y extracción de aceite de jojoba, debido a que en 1972 la caza de la ballena gris y la importación de su aceite fue prohibida en Estados Unidos, por el acta de protección de la fauna mamífera marina. Así la jojoba reemplazó, y de hecho es superior, al aceite de ballena gris y por lo que contribuye a la preservación de este bello y prehistórico animal. De esta manera, el aumento de la demanda de aceite de jojoba despertó el interés mundial de sustituir dicho aceite animal por un aceite vegetal sucedáneo cuyas características cubrían y superaban a aquellas del aceite de ballena gris.

Las condiciones de mercado de la cera líquida de jojoba se ubicaron dentro del marco de productos de consumo intermedio, ya que concurre directamente a la industria. Dichas condiciones son las siguientes:

El producto está localizado en el contexto de libre competencia, es decir, existe un libre mercado de oferta y demanda, lo que significa que su precio fluctuará de acuerdo a lo que se establezca en el mercado internacional. La comercialización se hace en empresas extranjeras. En Baja California se reportó que en 1979 la producción registrada fue de 99 615 kg de semilla, que se comercializó a un precio de entre 80 y 90 pesos por kg. Se extrajeron 12 185 galones de aceite de jojoba que se vendieron entre 45 y 50 dólares por galón. En 1980 se obtuvieron 65 319 kg de semilla vendida entre 85 y 95 pesos por kg y se extrajeron 7 280 galones de aceite vendido entre 48 y 60 dólares por galón. En 1981 la producción fue de 70 toneladas de semilla que se comercializó entre 125 y 450 pesos por kg y se extrajeron 8 562 galones de aceite que se comercializaron entre 60 y 226 dólares por galón (Álvarez, 1982). Hasta 1981 hay reportes de la producción de

aceite de jojoba, ya que posteriormente disminuyó el interés por este producto, al menos a gran escala, pues la siembra, cosecha y producción de aceite continúa. Actualmente se ofrece en diversas páginas de internet una gran variedad de marcas y productos cosméticos y aceite puro de muy alto valor agregado cuyos precios son muy variables, se presentan algunos ejemplos en el cuadro 1, donde el dólar de Estados Unidos equivale a 13.13 pesos mexicanos.

Cuadro 1. Productos de jojoba ofertados a nivel mundial

UNIDADES	PRESENTACIÓN	LOCALIZACIÓN	PRECIO (DÓLARES USA)
200 mL	Spray	Europa	12.17
100 mL	Líquido	Europa	8.41
1000 mL	Líquido	U.S.A	30
250 mL	Líquido puro	Europa	19.12
100 mL	Líquido	Europa	19.68
100 mL	Líquido	Europa	14.24
10 g	Semilla	México	3.81
250g-1.5 kg	Semilla	México	119.53 (por Kg)
1.5Kg – 2.5 kg	Semilla	México	102.40 (por Kg)
2.5 Kg en adelante	Semilla	México	85.35 (por Kg)

3. BASE DE DATOS SOBRE POBLACIONES *IN SITU*

Se llevaron a cabo estudios en los sitios de distribución de las poblaciones silvestres de jojoba, mediante la realización de recorridos en Baja California Sur, Baja California y Sonora, estados donde se había reportado la presencia de esta especie. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Poblaciones *in situ* de jojoba en Sonora, Baja California y Baja California Sur

SONORA								
Nombre del sitio	Latitud	Longitud	Altitud	Total %	Total %	Indefinidas	Total	Total P/Ha
Los Algodones (San Carlos)	27.9646	-111.094	10	21/30	36/53	12/17	69	276
El Colorado	28.2957	-111.413	14	29/54	23/43	2/3	54	216
El Choyudo	28.3293	-111.429	53	38/62	21/34	2/4	61	244
Calle 36 Sur (cultivada)	28.775	-111.7153	16					
Bahía Kino	28.8998	-112.03	39	32/31	48/47	23/22	103	412
Punta Santa Rosa	28.9752	-112.091	78	32/46	34/49	3/5	69	276
Camino Punta Chueca Desemboque	29.1403	-112.172	21	10/48	10/48	1/4	21	84
Camino Punta Chueca Desemboque 2	29.278	-112.2121	34	14/32	30/68	0	44	176

**Cuadro 2. Poblaciones *in situ* de jojoba en Sonora,
Baja California y Baja California Sur (continuación)**

SONORA									
Nombre del sitio	Latitud	Longitud	Altitud	Plantas/ Fruto	Total %	Total %	Indefinida	Total	Total P/Ha
Ejido Victoria y Libertad	29.8617	-112.558	96		7/37	10/53	2/10	19	76
Puerto Libertad	29.9282	-112.679	35	24	47/40	65/56	5/4	117	468
Puerto Libertad 2 (El Julio)	29.9813	-112.713	46	7	14/30	30/64	3/6	47	188
Puerto Libertad Puerto Lobos 3	30.1293	-112.56351	331	2	53/54	44/44	2/2	99	396
Puerto Libertad Puerto Lobos 4	30.229	-112.739	163	2	6/33	12/67	0	18	72
Puerto Libertad Puerto Lobos 5	30.2651	-112.7965	56		5/17	24/80	1/3	30	120
Ejido Villa Tres Cruces (cerca Sonoyta)	31.686	-112.852	478	8	14/33	25/60	37/	42	168
Ejido General Miguel Piña (cerca Sonoyta)	31.6359	-112.841	470		13/59	8/36	1/5	22	88

Cuadro 2. Poblaciones *in situ* de jobjoba en Sonora, Baja California y Baja California Sur (continuación)

BAJACALIFORNIA							
Nombre del sitio	Latitud	Longitud	Altitud	Total %	Total %	Total	Total/Ha
San Matías	31.3306	-115.528	974	49/61	32/39	81	1375
San Matías 2	31.3162	-115.553	978				
Puerta Trampa	31.9129	-116.184	775	12/19	53/81	65	1083.33
Puerta Trampa (silvestre)	31.926	-116.1380	815	19/46	22/54	41	683
Sangre de Cristo	31.8716	-116.138	847	23/45	28/55	51	850
Ejido Alfredo B. Bonfil	31.1572	-116.1394	200	6/67	3/33	9	150
Carr. San Quintin Cataviña	30.0356	-115.5192	283	2/50	2/50	4	66.67
Cataviña	29.7456	-114.7380	551	4/31	9/69	13	216.67

**Cuadro 2. Poblaciones *in situ* de jobjoba en Sonora,
Baja California y Baja California Sur (continuación)**

BAJA CALIFORNIA SUR							
Nombre del sitio	Latitud	Longitud	Altitud	Total %	Total %	Total	Total /Ha
Pescadero	23.3471	-110.1600	38	16/70	7/30	23	958.3
Rancho del mar	23.2773	-110.145	45	25/64	14/36	39	1625
Las Matanzas	23.1947	-110.134	28	21/62	13/38	34	1416.67
Migriño	23.0464	-110.0921	26	x	x	x	
Agua Escondida (Termoeléctrica)	22.9754	-110.0301	156	x	x	x	
Las Playitas	23.0793	-109.614	13	x	x	x	
Paredón	23.0854	-109.595	5	x	x	x	
Los Zacatitos	23.0848	-109.511	16	x	x	x	
Playa Sta. Agueda	23.1393	-109.482	33	x	x	x	
Carret. San José La Rivera	23.1731	-109.482	33	x	x	x	
Km 72 Carretera al Norte	24.1581	-110.886	211	38/63	22/37	60	1000
Km 83 carretera al Norte	24.2882	-110.949	205	20/69	9/31	29	725
Km 8 Camino al Conejo	24.1341	-110.976	120	39/57	30/43	69	1150
Km 16 Camino al Conejo	24.0832	-111.001	21	18/67	9/33	27	450
Carretera El Cajete San Juan de la Costa Km 24	24.2603	-110.614	13	26/57	20/43	46	575
El Faro Mulege	26.9018	-111.954	4	8/14	49/86	57	
Carr. Cd. Cons- titución La Paz	26.9018	-110.9283	100				
Guerrero Negro (Camino Nacional)	28.1442	-113.8225	230	25/50	25/50	50	67

Cuadro 2. Poblaciones *in situ* de jojoba en Sonora, Baja California y Baja California Sur (continuación)

Nombre del sitio	Latitud	Longitud	Altitud	Total %	Total %	Total	Total/Ha
Guerrero Negro (Arroyo noroeste colonia Paraíso)	28.11466	-113.8212	228	36/33	72/67	108	5400
Isla Partida (El Embudo)	24.5804	-110.392	67	12/43	16/57	28	112
Isla Partida (Ensenada Grande)	24.56297	-110.3903	15	8/44	10/56	18	450
Isla Espíritu Santo (Ensenada de la Ballena) I	24.4872	-110.381	4	17/50	17/50	34	566.67
Isla Espíritu Santo (Ensenada de la Ballena) II	2,448.716	-110.38246	12	5/50	5/50	10	500
Isla Espíritu Santo (La Bonanza) I	24.4421	-110.3132	8	46/49	48/51	94	1566.67

En lo que respecta a los sitios visitados, hemos notado un problema de conservación de la especie debido a que la mancha urbana está absorbiendo dichas poblaciones, además muchas de ellas son alimento del ganado por lo que se observa un gran deterioro de las plantas; así mismo las condiciones medio ambientales no le son favorables debido a que en los últimos años las precipitaciones pluviales han sido muy escasas.

4. ÁREAS CON POTENCIAL PRODUCTIVO Y TECNOLOGÍA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE JOJOBA EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

a. Resumen

La jojoba es una especie importante para las zonas áridas del noroeste de México, sobre todo por su semilla, que contiene una cera líquida utilizada en las industrias de lubricantes, cosméticos y farmacéutica. El objetivo de este trabajo es presentar algunos resultados en la definición de áreas con potencial productivo en Baja California Sur y en el Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, y presentar un resumen de su tecnología de producción. Para la delimitación y cuantificación de las áreas con potencial, se emplearon sistemas de información geográfica; mediante la cartografía digital y los requerimientos agroecológicos de la especie se generaron los mapas que muestran las áreas con potencial productivo; la tecnología de producción se conjuntó a partir de trabajos realizados en condiciones de riego en el Campo Experimental Todos Santos y en la bahía de La Paz, B.C.S, complementándose con información generada por otros investigadores de la región noroeste.

b. Introducción

En México, como en el resto del mundo, la actividad del hombre se ha convertido en un factor que modifica profundamente a la naturaleza y a los procesos ecológicos. Tanto el número de personas como el incremento en el consumo, ha tenido y seguirá teniendo un impacto sobre la demanda de recursos y servicios de los ecosistemas (CONABIO, 2006).

La población se relaciona con el ambiente a través de algunos procesos como: a) el consumo directo de los recursos naturales renovables y no renovables (agua, plantas, animales, petróleo y minerales); b) la generación de desechos sólidos, líquidos y gaseosos que afectan los suelos, agua, aire y, en general, a los ecosistemas y, c) la transformación directa de los ecosistemas para usos diversos (SEMARNAT, 2005).

Las actividades que impulsan el desarrollo de la sociedad, ejercen una fuerte presión sobre los ecosistemas naturales, lo que a su vez afecta a las especies que los integran y la calidad de los servicios ambientales. Los principales factores que amenazan la biodiversidad en nuestro país son el cambio de uso del suelo (impulsado por las actividades agropecuarias), el crecimiento demográfico y de infraestructura, la sobreexplotación y el uso ilegal de los recursos naturales, los incendios forestales, la introducción de especies invasoras y el cambio climático global (SEMARNAT, 2005 b).

En Baja California Sur se han identificado 795 mil hectáreas que han sido deforestadas con diversos fines, entre ellos para agricultura, ganadería, infraestructura y centros de población; se estima que poco más de 1.15 millones de hectáreas de los terrenos forestales requieren de trabajos de restauración (SARH, 1994).

Es importante mencionar que una cantidad importante de la superficie pecuaria en condiciones de sobrepastoreo se encuentra en los estados del norte del país, con un uso intensivo que compromete la sustentabilidad de los sistemas de producción; se calcula que 54% de la superficie de uso pecuario en Baja California Sur (5.6 millones de hectáreas) presenta problemas de sobrepastoreo (INE, 2000).

Para frenar y revertir estos procesos, el Gobierno Federal ha impulsado diversas acciones de trabajo, entre ellas, ProÁrbol, el principal programa de apoyo al sector forestal de la actual administración federal, que se aplica a través de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y tiene como objetivos combatir la pobreza, recuperar la vegetación forestal e incrementar la productividad de los bosques, selvas y vegetación de las zonas áridas de México, además pretende trabajar en la reforestación de áreas con fines productivos, de conservación y de restauración de terrenos forestales (CONAFOR, 2007).

Por ello, se puede considerar que la jobjoba puede ser una opción productiva para recuperar y proteger las áreas desmontadas que actualmente se encuentran en proceso de degradación o en procesos lentos de sucesión natural.



Jojoba en la isla Partida, Baja California Sur



Jojoba en la isla Espíritu Santo

c. Importancia de la jojoba

La jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider) es una planta originaria del noroeste de México y el suroeste de Estados Unidos, que se caracteriza por ser la única especie vegetal conocida cuya semilla produce una cera líquida hidrogenada de alta calidad que puede ser utilizada en las industrias de cosméticos, de lubricantes y farmacéutica, además de tener usos potenciales como biocombustible, alimento para humanos y forraje para el ganado doméstico y la fauna silvestre (Lynn, 1978; Sepúlveda, 1987; Solis *et al.*, 1992; Escobar, 1995; DECOFRUT, 2003).

Se le consideró también una planta apta para recuperar ambientalmente y económicamente las zonas áridas y al mismo tiempo ayudar a minimizar la caza de la ballena cachalote (ballena de esperma), ya que su cera era sustituto del *espermaceti* que se encuentra en la grasa de dichos mamíferos.



Jojoba en el Paredón, Baja California Sur

La producción comercial de jujoba inició en la década de los años setenta, debido al interés generado en Estados Unidos y México. Las primeras plantaciones se hicieron a partir de semillas silvestres, después se impulsaron programas de investigación y desarrollo de la especie para la generación de plantas clonales de alta producción. El cultivo se ha extendido a varios países del mundo, como Argentina, Estados Unidos, Israel, Australia, Perú, Egipto, México y, recientemente, Chile (DECOFRUT, 2003).

d. Definición de áreas con potencial productivo

Los manejadores y tomadores de decisiones, tienen la necesidad de identificar y considerar varios factores en el espacio y en el tiempo de forma simultánea, para analizar y solucionar los problemas implicados en la administración de los recursos naturales. Al respecto, la tecnología de los sistemas de información geográfica (SIG) ofrece un importante medio para entender y enfrentar algunos de estos problemas. Tal vez es el área más beneficiada con dicha tecnología sea la planeación del uso de los recursos naturales, debido a la complejidad y cantidad de factores bióticos y abióticos que interactúan en su funcionamiento (Dangermond, 1989; Lozano, 1996).

La productividad de las especies vegetales depende de numerosos factores, tanto del ambiente físico como del manejo controlado por el hombre. Esto representa un reto importante para la generación y la aplicación oportuna de la tecnología disponible; por ello, es necesario conocer el ámbito geográfico en el que se conjunta una determinada combinación de factores ambientales para el óptimo desarrollo de las especies vegetales y de esta forma hacer más operativo el conocimiento tecnológico (INIFAP, 1993).

El análisis de los factores ambientales adecuados para el desarrollo de plantas como la jujoba, permitirá ubicar con precisión las zonas del estado, con un mejor potencial de producción, de tal forma que sirva como una herramienta para la planeación y toma de decisiones en el ordenamiento del uso del suelo y de los sistemas de producción, apoyando, a la vez, los programas de reforestación para la producción, conservación y protección de los recursos suelo y agua,

mediante el establecimiento de plantaciones bajo esquemas de producción en sistemas agroforestales.

Es importante mencionar también que en ciertas circunstancias, consistentemente se ha demostrado que el rendimiento promedio de un cultivo en una zona dada es inferior al potencial de los cultivos en los que se utiliza la tecnología generada por la investigación agrícola, pecuaria y/o forestal; la cual aplicada oportuna y eficientemente será de gran ayuda para mejorar los sistemas de producción (INIFAP, 1993).

La adecuada selección de especies para una región implica ventajas en su manejo, ya que producir una especie fuera de su ambiente óptimo encarece la tecnología de producción y reduce el rendimiento y calidad de las cosechas. Por ello, conocer el potencial de producción de las tierras de cualquier región, será la base para el desarrollo de una agricultura menos vulnerable y con mayores probabilidades de éxito (González *et al.*, 1998).

Al respecto, utilizando la tecnología de los sistemas de información geográfica con información cartográfica digital y con los requerimientos agroecológicos de la jojoba, se identificaron en Baja California Sur las áreas con potencial productivo en los niveles estatal y de distrito de riego (Meza, 2001; Meza y Reygadas, 2001).

En términos generales se requiere información del medio ambiente físico como modelos digitales de elevación del terreno, información climatológica, características del suelo y del agua de riego, la cual se carga al sistema y se forman las coberturas y mapas digitales de cada variable ambiental.

Posteriormente en función de los requerimientos agroecológicos de la especie, se realiza el procesamiento de la información mediante el uso de *software* de sistemas de información geográfica (SIG), mediante la cual se generan los mapas que muestran las áreas con potencial de producción, con ello y con la aplicación de la tecnología de producción disponible se espera apoyar y fomentar el establecimiento de plantaciones de jojoba en las diferentes zonas del estado (figura 1).

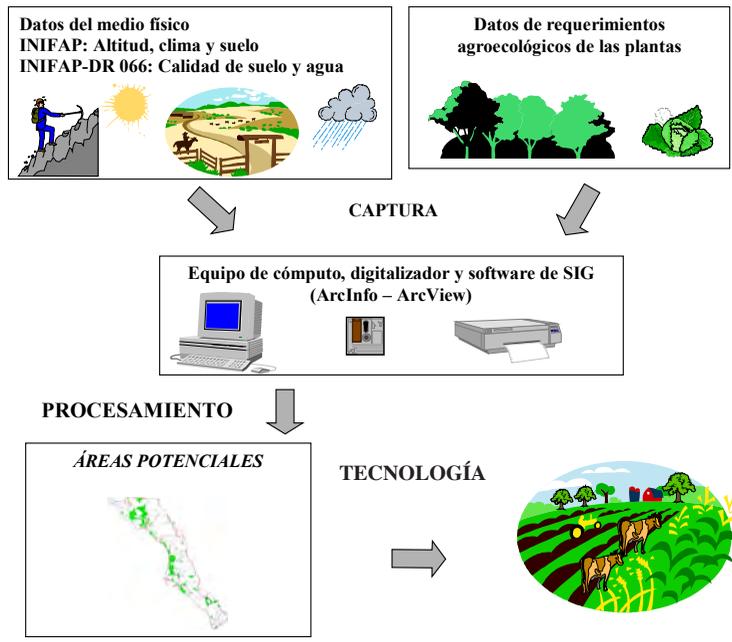


Fig 1. Esquema para estudios de potencial productivo mediante el uso de SIG.

Para la delimitación de las áreas con potencial para el establecimiento de plantaciones de jobjoba en el nivel de distrito de riego se consideraron los siguientes requerimientos agroecológicos: a) altitud del terreno de 0 msnm a 1 200 msnm; b) temperatura mínima \geq a 10°C; c) temperatura máxima \leq a 38°C; e) textura del suelo media y gruesa; f) salinidad del suelo \leq a 13.6 dS/m; g) pH del suelo entre 7.0 a 8.6; h) salinidad del agua \leq a 0.75 dS/m e, i) disponibilidad de agua para riego. En el nivel estatal además de la altitud, temperatura y textura del suelo, se restringieron las áreas con suelos sin fases físicas, fases químicas y litosoles.

La superficie con potencial productivo para el establecimiento de plantaciones de jobjoba en Baja California Sur, se estimó en 970 832 ha (figura 2), las cuales quedan supeditadas a la disponibilidad de agua para el riego de las mismas. En el caso del Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, la superficie estimada fue de 45 181 ha distribuidas en lotes de producción de 100 ha (figura 3).

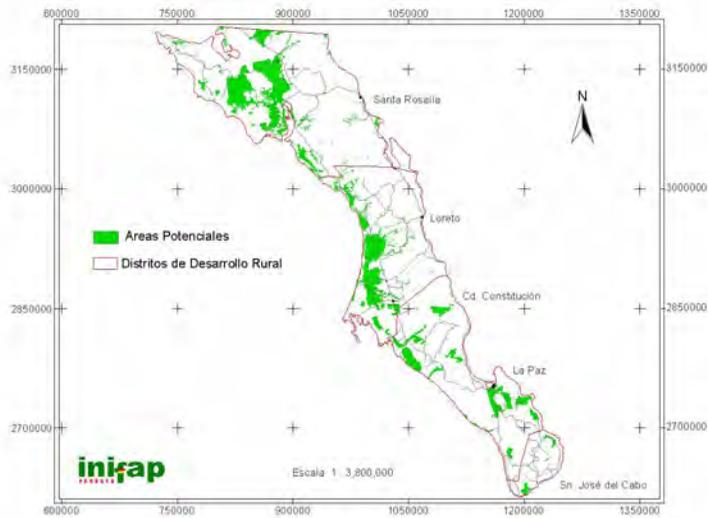


Figura 2. Áreas con potencial de producción para jojoba en Baja California Sur. INIFAP. Año 2010.

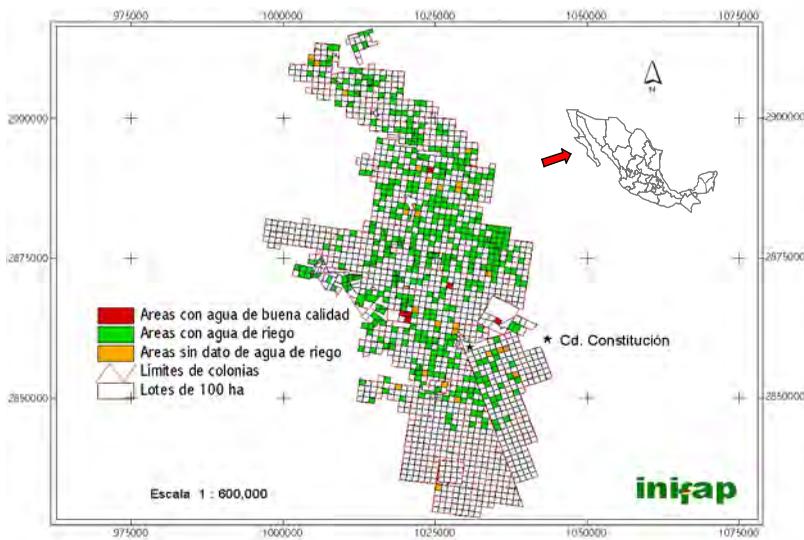


Figura 3. Áreas con potencial de producción para jojoba en el DR 066. INIFAP. Año 2010.

e. Tecnología para el establecimiento de plantaciones

En zonas áridas, el uso adecuado de los recursos suelo y agua requiere del empleo de especies vegetales altamente eficientes, por lo que muchas especies silvestres de estas áreas pueden ser alternativas viables para este propósito, tanto desde el punto de vista ecológico como del económico.

En condiciones naturales, el establecimiento de plántulas de diversas especies perennes del desierto, como la jobjoba, es muy bajo durante varios años, pero se incrementa en años favorables. En su etapa inicial, el estrés hídrico es uno de los principales factores que causan la mortandad de plántulas de jobjoba que puede ser de hasta 40% (Castellanos y Molina, 1990); por este motivo, se considera que los dos primeros años del establecimiento de una plantación son los que requieren mayor cuidado y riegos (Meza, 1981).

f. Producción de planta

La producción se realiza en vivero en condiciones de media sombra; se siembran tres semillas (para contar por lo menos con una planta hembra) en envases de polietileno de 12 cm x 20 cm utilizando suelo de textura media; se aplican entre dos y tres riegos semanales hasta la emergencia de las plántulas, y posteriormente entre uno y dos riegos semanales. Después de aproximadamente tres meses, las plántulas se exponen a condiciones de sol directo con el fin de incrementar su lignificación y evitar el estrés al momento de la plantación. Su reproducción asexual es factible y conveniente, sobre todo cuando se detectan plantas con alta producción, sin embargo esta técnica requiere de mayores cuidados, algún tipo de infraestructura de ambiente controlado y de insumos especiales, principalmente enraizadores.

Los beneficios económicos de la producción de jobjoba se deben en gran parte al uso de cultivares de alta producción como Mirov con 1.5 kg de semilla/planta, Parkingston con 1.5 a 2 kg de semilla/planta, Keiko con 2.5 kg de semilla/planta y las selecciones clonales AT-1310, AT-1487, AT-3365 y Sonora, utilizados en la región noroeste (Solís *et al.*, 1992; Gómez *et al.*, 1998).

g. Establecimiento de la plantación

Se recomienda realizar las plantaciones en terrenos agrícolas abandonados o con problemas de salinidad y bajo condiciones de riegos mínimos, o bien asociadas en hileras a cultivos agrícolas bajo el esquema de sistemas agroforestales. La preparación del suelo consiste en barbecho, rastreo, nivelación y surcado; la distancia entre surcos puede ser de 3 a 4 m mientras que el espacio entre plantas es de 2 m; la plantación se realiza en seco, enseguida se aplica un riego de establecimiento y se hace otro 15 días después. Con el fin de incrementar la cantidad y calidad del fruto se sugiere en lo posible orientar las líneas de norte a sur; asimismo, se recomienda tener en la plantación una proporción de nueve plantas femeninas por cada planta masculina.

h. Riegos a la plantación

En muchas especies, el crecimiento óptimo de las plantas se obtiene en casi cualquier nivel de humedad entre la capacidad de campo del suelo y el punto de marchitez permanente. Al bajar este nivel, aumenta la tensión de la humedad del suelo y llega un punto en que la planta no puede extraer la suficiente humedad para su óptimo desarrollo. Cuando el nivel de humedad se incrementa por medio del riego algunas plantas siguen su desarrollo; sin embargo en otras los daños son permanentes (Daubenmire, 1988; SCS, 1980).

En el desierto sonoreño la jojoba se desarrolla en áreas con una precipitación anual menor a los 10 cm; sin embargo, es se encuentra más frecuentemente y con un mejor crecimiento en áreas con 30.5 cm a 46 cm de precipitación anual (Lynn, 1978; Parra, 1981).

En plantaciones, el mejor desarrollo de las plantas se ha obtenido con una lámina anual de riego de 57 cm, pero es factible obtener altos rendimientos de semilla con una lámina de riego entre los 35 cm a 40 cm (Ramonet, 1985). Para el establecimiento de plantaciones en la Costa de Hermosillo, Sonora, se recomienda mantener la humedad disponible en la zona radicular mediante la aplicación de riegos semanales al inicio y posteriormente cada 20 o 30 días, dependiendo del tipo de suelo (Solís *et al.*, 1992).

Para el establecimiento de jojoba mediante siembra directa en el Valle de Santo Domingo, B.C.S., fue suficiente una lámina de riego anual de poco menos de 50 cm en dos años de evaluación; aplicándose un total de 15 riegos cuando el suelo presentó una humedad aprovechable de entre 15% y 30% (Martínez, 1981). Zepeda (1981) encontró resultados similares al aplicar 52 cm de lámina anual cuando el suelo presentó una humedad aprovechable de 10%, aplicando en total 12 riegos en dos años de estudio. En ambos trabajos se presentó una precipitación pluvial de 34.4 cm durante el periodo de evaluación.

Bajo las condiciones de clima y suelo en las localidades de Todos Santos y La Paz, B.C.S., la jojoba requiere de una lámina de agua anual de 50 cm, incluida la precipitación pluvial. Un criterio que se puede utilizar para la aplicación de los riegos es realizarlos cuando el suelo se encuentre en el punto de marchitez permanente (0% de humedad aprovechable) aplicando láminas de 6 cm en cada riego a intervalos de 60 a 90 días entre riegos. Es importante no castigar la planta cuando el fruto se encuentra en desarrollo. La planta de jojoba crece y se desarrolla perfectamente cuando se utilizan aguas con salinidad de hasta 5 000 ppm.

En estas localidades y condiciones de riego, en tres años de evaluación las plantas de jojoba llegaron a una altura promedio de 1.17 m a 1.22 m, con un área de cobertura aérea de entre 1.84 m² a 2.43 m²; en este periodo se aplicaron cuatro riegos de auxilio y una lámina de riego anual de 27 cm.

Hay que mencionar que en estos trabajos, la jojoba presentó el mismo comportamiento en cuanto a su establecimiento y crecimiento al aplicar los riegos en diferentes niveles de humedad aprovechable del suelo; esto se debe a que la jojoba es una especie que puede presentar potenciales hídricos que varían entre 20 a 57 atmósferas; los cuales son valores muy superiores a las 15 atmósferas que caracterizan al punto de marchitez permanente de los suelos (Walter y Stadelmann, 1974).

Valores similares (2 MPa a 6 MPa) encontraron Roundy *et al.* (1987) en plantas de jojoba no ramoneadas al sur de Arizona, observando que estas plantas son

capaces de mantener su balance hídrico debido a su extenso sistema radical, capaz de satisfacer las altas tasas de transpiración. Los mismos autores mencionan que al incrementarse el estrés hídrico, se incrementa también la resistencia estomática y se reduce la transpiración, lo que obedece al cierre temporal de los estomas al mediodía. Citan también que esta especie tiene bajas tasas fotosintéticas respecto a muchas otras especies y es capaz de fotosintetizar en potenciales hídricos bastante bajos.

i. Labores adicionales y cosecha

Se recomienda la reposición de plantas muertas, eliminación de las plantas macho excedentes, podas de formación al tercer año de la plantación y podas de fructificación a partir del cuarto año. Se sugiere el control de malezas para evitar la competencia, las cuales se deben incorporar al suelo. En el caso de plagas y enfermedades (si se presentaran) es conveniente detectar el agente causal para su combate.

La jojoba empieza a producir del tercer año en adelante. La cosecha se puede realizar manualmente cuando el fruto presenta un color amarillento o cuando la cápsula comienza a abrirse, después se debe dejar secar para que suelte la semilla, la cual está lista para su almacenamiento y comercialización o bien para el proceso de extracción de la cera. La semilla de la jojoba no requiere de cuidados especiales después de cosechada por lo que puede ser almacenada por largos periodos de tiempo.

El cuadro 3 muestra algunos sitios georreferenciados con la ubicación de tales poblaciones; las coordenadas geográficas están dadas en proyección UTM, con Datum WGS84

Cuadro 3. Sitios georreferenciados de poblaciones silvestres de jojoba

SITIO	COORD X	COORD Y
1	648862.93	3601406.19
2	640817.27	3601216.69
3	581419.13	3532563.96
4	577080.50	3531189.09
5	594521.06	3526646.14
6	581536.87	3526340.38
7	639979.07	3467185.91
8	637691.14	3465364.4
9	581956.36	3447351.95
10	642709.71	3323667.68
11	718682.41	3292754.55
12	743640.95	3265061.38



Jojoba en Baja California



San Matías, Baja California.



San Matías, Baja California.

a. Tipos de vegetación asociados a las poblaciones de jojoba en el estado de Baja California

De acuerdo al sistema de clasificación de la vegetación (Serie II) creado por el INEGI, las poblaciones de jojoba se localizan en tipos de vegetación donde dominan los arbustos formando matorrales; sólo dos poblaciones fueron encontradas en áreas dedicadas a la agricultura: una en zonas agrícolas manejadas bajo riego y otra en áreas agrícolas sujetas a riego de temporal. Los tipos de vegetación son los siguientes:

Matorral desértico micrófilo

Comunidad formada de arbustos cuyas hojas o folíolos son pequeños que ocupa junto con la vegetación de desiertos arenosos, las zonas más áridas de México. En Baja California tiene una amplia distribución sobre los terrenos de las provincias Llanura Sonorense y Península de Baja California. Se encuentra en terrenos con una altitud entre 0 msnm y 1 500 msnm, en climas templados subhúmedos, muy secos, muy cálidos y cálidos y muy secos semicálidos con temperaturas medias anuales entre los 17° C y 22° C, con una precipitación total anual por debajo de los 255 mm. Los suelos que lo sustentan son vertisoles, regosoles, litosoles y fluvisoles.

El matorral desértico micrófilo ocupa grandes extensiones y en algunas zonas forma mosaicos con el chaparral, aunque en el Valle de Mexicali, ha sido removido para crear áreas agrícolas de riego. Presenta un solo tipo de fisonomía: la de matorral subinermes, en la que alrededor de 70% de las plantas no tienen espinas y cerca de 30% son espinosas. Este tipo de vegetación está integrado por diversas asociaciones vegetales variables en composición florística y en su lugar de ubicación, de acuerdo con factores físicos y bióticos, de tal manera que sólo algunas especies características tienen una amplia distribución por lo que a la vez llegan a dominar.

Estas comunidades están compuestas de tres estratos: en el de 2 m a 3 m se encuentran especies como palo verde (*Cercidium microphyllum*), ocotillo, palo

fierro, mezquite, sahuaro (*Carnegiea gigantea*), sina (*Lophocereus schottii*), gato o mezquitillo (*Acacia* spp.), torote (*Bursera microphylla*), sangregado (*Jatropha* spp.) y *Fouquieria* spp.; en este mismo estrato se presentan los géneros *Lycium* y *Eysenhardtia*. En el estrato de entre 1 m y 1.5 m, que junto con el anterior contiene las especies dominantes, se encuentran principalmente *Larrea tridentata*, *Acacia greggii*, sangregados (*Jatropha cardiophylla*, *J. cuneata* y *J. cinerea*), vinorama o granada (*Lycium* spp.), cholla (*Opuntia cholla*) y tasajillo (*O. leptocaulis*); pero en los terrenos menos secos o en las zonas de escurrimiento se presentan *Prosopis glandulosa* y *Cercidium* spp. al igual que *Mimosa* spp., jojoba (*Simmondsia chinensis*), *Eysenhardtia orthocarpa*, piojito (*Caesalpinia pumila*), *Lophocereus* spp. y *Condalia warnockii*. En el estrato más bajo (0.5 metros) dominan las compuestas, entre ellas hierba del vaso y hierba del burro (*Encelia farinosa*); leguminosas, como *Calliandra eriophylla*, *Cassia covesii*, *Mimosa* spp. y *Dalea* spp.; gramíneas, como zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), *Bouteloua* spp., *Asistida adscensionis* y *Cathastecum erectum*; quenopodiáceas, como el chamizo (*Atriplex canescens*) y la saladita (*Suaeda* spp.) y varias especies de *Jatropha*.

Estas comunidades se usan principalmente para la alimentación del ganado bovino, actividad que les ha afectado en gran medida, de tal manera que en muchos sitios presentan disturbios, observables en la baja cobertura y diversidad de especies propias de este tipo de vegetación y en la erosión.

Matorral sarcocrasicaule

Comunidad vegetal con gran número de formas de vida o biotipos, entre los que destacan especies sarcocaulales (tallos gruesos carnosos) y crasicaules (tallos suculentos-jugosos). Se desarrolla principalmente en la parte central de Baja California sobre terrenos ondulados graníticos y coluviones. Las especies más conspicuas son *Pachycormus discolor*, *Fouquieria* spp., *Pachycereus* spp., *Opuntia* spp. y *Pedilanthus macrocarpus*, entre otras.

Matorral rosetófilo costero

Comunidad caracterizada por especies con hojas en roseta, arbustos inermes y espinosos y cactáceas que se desarrollan sobre suelos de diverso origen, bajo la influencia de vientos marinos y neblina, en la porción noroeste de la península de Baja California. Sus principales especies son *Agave shawii* (maguey), *Bergerocactus emoryi* (cacto aterciopelado), *Duddleya* spp. (siempreviva), *Euphorbia misera*, *Eryogonum fasciculatum*, *Ambrosia californica*, *Rosa minutifolia* y *Viguiera laciniata*, entre otras.

En general, el matorral rosetófilo costero en Baja California se presenta en la línea de la costa y en terrenos cercanos a ella; sin embargo, esta distribución no es uniforme, ya que en algunas ocasiones este tipo de vegetación llega a penetrar hasta 30 km tierra adentro, ocupando grandes extensiones, principalmente en laderas cercanas a la sierra de San Pedro Mártir, a una altitud de 500 msnm.

Esta penetración es posible, principalmente hacia el sur de Punta Colonet, en aquellas zonas donde la topografía (cañones), permite la entrada de aire marítimo del Pacífico. Sin embargo, la amplitud de la franja en la cual se encuentra el matorral rosetófilo costero más sureño en Baja California se debe, sin lugar a duda, al aumento de la aridez como lo prueban las bajas precipitaciones anuales reportadas en las localidades de San Vicente (190 mm), San Telmo (160 mm), El Socorro (120 mm) y El Rosario con 70.6 mm, siendo esta última la más meridional.

Las actividades antropogénicas –agricultura y ganadería– han reducido la superficie de dicha vegetación de manera alarmante, con amplias posibilidades para su completa desaparición.

Matorral desértico rosetófilo

Matorral dominado por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado. Se le encuentra generalmente sobre xerosoles de laderas de cerros de origen sedimentario, en las partes altas de los abanicos

aluviales o sobre conglomerados en casi todas las zonas áridas y semiáridas del centro, norte y noroeste del país. Se integra con algunas de las especies de mayor importancia económica de esas regiones como *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Euphorbia antisiphylitica* (candelilla), *Parthenium argentatum* (guayule) y *Yucca carnerosana* (palma samandoca).

En la porción de la península de Baja California comprendida entre los paralelos 29° y 30° y a lo largo de la costa occidental hasta cerca del paralelo 32°, prevalece el arbusto *Ambrosia chenopodiifolia* en amplias superficies de terreno poco inclinado formando un tapiz de 50 cm a 70 cm de alto. Entre sus acompañantes destaca por su abundancia *Agave shawii*, así como arbustos diversos, muchos de los cuales sobrepasan notablemente la altura de *Ambrosia*, como por ejemplo *Fouquieria columnaris*, *Yucca valida*, *Pachycereus pringlei*, *Myrtillocactus cochal* y otras. Sobre suelos arcillosos rojos de origen volcánico *Ambrosia camphorata* desplaza a *Ambrosia chenopodiifolia*, mientras que sobre laderas graníticas o gnéisicas la dominancia se comparte entre *Encelia frutescens*, *Ambrosia chenopodiifolia* y *Viguiera deltoidea* var. *tastensis*, siendo *Larrea* a veces también abundante en dichas condiciones. Sobre todo en altitudes superiores a 500 msnm el papel de *Larrea* se vuelve más importante; por ejemplo, sobre el cerro Ugarte, forma con *Atriplex polycarpa* un matorral casi puro que cubre 20% de terreno. Ésta es la única porción de la zona árida sonorenses en que plantas del género *Agave* forman parte importante de la vegetación, destacando *Agave shawii* y *Agave deserti*. Algunas especies de *Dudleya*, crasulácea de hojas suculentas, llegan a ser abundantes aquí, sobre todo cerca de la costa occidental.

Algunos de los principales usos de este tipo de vegetación son la obtención de fibras vegetales útiles en cordelería y jarciería en general, así como celulosa para la fabricación de papel; también se utilizan en la elaboración de bebidas alcohólicas y como alimento para ganado. Además de este tipo de explotación forestal existente en la zona, hay mucha actividad ganadera, principalmente con caprinos.

Chaparral

Asociación generalmente densa, de arbustos resistentes al fuego, que se desarrolla sobre todo en laderas de cerros por arriba del nivel de los matorrales de zonas áridas y semiáridas de pastizales naturales y en ocasiones mezclada con bosques de pino y encino. Está formada por especies arbustivas de *Quercus* spp. (encinillo, charrasquillo), *Adenostoma* spp. (chamizos), *Arctostaphylos* spp. (manzanita) y *Cercocarpus* spp. (rosa de castilla), entre otras. Es el segundo tipo de matorral propio de la misma región y prospera por lo general en las altitudes más elevadas de las sierras de Juárez y San Pedro Mártir así como en las montañas de la Isla Cedros, ocupando muchas áreas de suelos someros que no tienen humedad suficiente para la existencia de vegetación boscosa, o bien desarrollándose como comunidad secundaria en sitios donde tal vegetación ha sido destruida. Es un matorral perennifolio, por lo común de entre 1 m a 2 m de alto, muy denso y difícilmente penetrable, cuya existencia frecuentemente resulta también favorecida por incendios, ya que muchos de los arbustos tienen la capacidad de regenerarse a partir de sus sistemas radicales.

En la literatura botánica, sobre todo norteamericana, se conoce con el nombre en español de *chaparral* aunque es importante indicar que los campesinos de diferentes partes de México usan este término para designar muchas clases de vegetación arbustiva y arbórea baja.

Es una asociación integrada por árboles esclerófilos de 1 m a 4 m de alto, generalmente resistentes al fuego. Se encuentra en las llanuras, valles y lomeríos, entremezclados con otros tipos de vegetación como matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, mezquital y bosques de pino y encino. Se desarrolla sobre suelos poco fértiles y de textura granular, en climas semicálidos y semifríos con baja humedad, así como en los templados subhúmedos. Algunas de las especies que lo integran son roble (*Quercus* spp.), manzanita (*Arctostaphylos* spp.), chamizo (*Adenostoma* spp.), rosa de castilla (*Cercocarpus* spp.), palo santo (*Ceanothus* spp.), madronillo (*Amelanchier* spp.), *Eriogonum fasciculatum*, *Mimulus* spp., *Heteromeles arbutifolia* y *Yucca*

whipplei, y como acompañantes se pueden encontrar los géneros *Rhus* y *Rhamnus*.

Por su ecología y fisonomía, el chaparral de Baja California y del suroeste de Estados Unidos es análogo a las comunidades que se desarrollan en regiones con climas semejantes en otras partes del mundo, como el Mediterráneo, el centro de Chile y el suroeste de Australia, entre otras. Desde el punto de vista florístico, sin embargo, las interrelaciones entre estas diferentes comunidades son escasas o nulas.

El chaparral californiano, como también se le conoce, forma una cubierta conspicua y extensa en las montañas y colinas así como al pie de monte de la parte norte-noreste de Baja California, presentándose desde los 50 msnm del lado del Pacífico hasta los 2 750 msnm hacia la sierra. Los arbustos que lo conforman miden de 1 m a 3 m, con una fisonomía uniforme, su diversidad florística es alta, pues lo conforman cerca de 900 especies de plantas vasculares.

Como muchos chaparrales de otras áreas del mundo, esta vegetación se encuentra dentro del clima tipo mediterráneo, característico por las heladas, inviernos húmedos y épocas secas. La precipitación total anual está en el rango desde los 300 mm a 375 mm hacia más de 700 mm en los lugares montañosos. Más de 75% de la precipitación ocurre durante los meses de octubre a abril. Muchas de las lluvias son resultado de los sistemas de tormentas de los vientos polares marinos. El periodo de los seis meses secos (mayo a octubre) coincide con las altas temperaturas; como las lluvias desaparecen entre abril y mayo, el chaparral empieza a secarse, y en los meses de julio y agosto, la comunidad es altamente susceptible al fuego.

El chaparral está bien adaptado a la época seca y al fuego; después de los incendios muchas de las especies se regeneran rápidamente debido a la escarificación que sufren las semillas al calentarse.

Típicamente, el chaparral se establece en las montañas, aunque ocupa también planicies, bajadas y otros lugares con suelos delgados.

Las extensiones más grandes de chaparral se encuentran en Baja California, donde se desarrollan bajo un clima mediterráneo, aunque también son comunes en muchas sierras del país bajo otros regímenes climáticos. Soportan quemas frecuentes y bastante ganadería.

Pastizal inducido

Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original. Este tipo de pastizal puede aparecer como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien es producto de áreas que se incendian con frecuencia.

Los pastizales inducidos son de muy diversos tipos y aunque cabe observar que no hay pastizales que pudieran considerarse como totalmente libres de alguna influencia humana, el grado de injerencia del hombre es muy variable y con frecuencia difícil de estimar.

Aun en los pastos cultivados, pueden reconocerse muchas áreas cubiertas por pastizal inducido, que sin duda alguna sostenían otro tipo de vegetación antes de la intervención del hombre y de sus animales domésticos.

Los pastizales inducidos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. A consecuencia del pastoreo intenso, los fuegos periódicos o bien, por la conjunción de ambos factores, el proceso de sucesión se detiene y el pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene.

Otras veces el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de talas, incendios o pastoreo, o en muchas ocasiones con ayuda de algún factor del medio natural, como por ejemplo la tendencia a que se produzcan cambios en el suelo que favorezcan el mantenimiento del pastizal.

Muchas veces los pastizales inducidos son análogos en su aspecto a los pastizales clímax de las regiones semiáridas y pueden variar en porte de bajos a bastante altos, a menudo en función del clima. Entre los géneros a que pertenecen las gramíneas dominantes pueden citarse *Andropogon* spp., *Aristida* spp., *Bouteloua* spp., *Bromus* spp., *Deschampsia* spp., *Hilaria* spp., *Muhlenbergia* spp., *Stipa* spp., *Trachypogon* spp. y *Trisetum* spp..

Menos frecuentes o quizá más difíciles de identificar parecen ser los pastizales originados a expensas de matorrales xerófilos o de otras clases de pastizales y cuyas especies dominantes pertenecen a los géneros *Buchloe* spp., *Erioneuron* spp., *Aristida* spp., *Lycurus* spp. y *Bouteloua* spp.

Otras especies de gramíneas que llegan a formar comunidades de pastizal inducido son *Aristida adscensionis* (zacate tres barbas), *Erioneuron pulchellum* (zacate borreguero), *Bouteloua simplex*, *Paspalum notatum* (zacate burro), *Cenchrus* spp. (zacate cadillo o roseta), *Lycurus phleoides*, *Enneapogon desvauxii* y otros. Tampoco es rara la presencia ocasional de diversas hierbas, arbustos y árboles.

Agricultura de riego

En este tipo de agricultura se consideran los diferentes sistemas de riego (método con el que se proporciona agua suplementaria a los cultivos, durante el ciclo agrícola) cuya diferencia consiste en cómo se aplica el agua: por aspersión, goteo, agua rodada (por medio de surcos que van de un canal principal y mediante mano de obra se distribuye directamente a la planta), bombeo o por gravedad (cuando el agua va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o un cuerpo de agua natural), y es indistinta a la duración del cultivo, que puede durar meses, años o décadas.

Hay que destacar que la tubería para transportar el agua generalmente está sobre la superficie del terreno, aunque también pueden estar enterradas como en algunas áreas de la planicie costera de Sinaloa.

Agricultura de temporal

Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, independientemente del periodo de tiempo que dure el cultivo en el suelo (de uno hasta diez años como en los frutales, o bien periodos anuales, como los cultivos de verano). Se incluyen también los que reciben agua invernal, como el garbanzo.

Estas áreas pueden dejarse de sembrar algún tiempo, pero deberán estar dedicadas al cultivo por lo menos en 80% de un periodo determinado. Algunas superficies son sembradas de manera homogénea por uno o dos cultivos, o bien pueden estar combinados con pastizales o riego en un mosaico complejo y difícil de separar, pero siempre con la característica de que los cultivos cuyo crecimiento depende del agua de lluvia son los que predominan.

En casos muy particulares, es común encontrar zonas abandonadas donde las especies naturales han restablecido su sucesión natural al desaparecer la influencia del hombre; en estas condiciones las áreas se clasifican como vegetación natural de acuerdo a su fase sucesional o como vegetación primaria si predominan componentes arbóreos originales.

b. Tipos de suelos asociados a las poblaciones de jojoba en Baja California

De acuerdo al sistema de clasificación de la FAO, publicado por el INEGI, las poblaciones de jojoba se desarrollan en cinco tipos de suelos de diferentes fases químicas y físicas:

Litsoles

La característica determinante de este tipo de suelos es que son menores a 10 cm de profundidad; en Baja California se encuentran en sierras y lomeríos distribuidos en manchones. Su cobertura es 17.71% de la superficie estatal.

Estos suelos son de textura gruesa (arenosa) en las zonas cercanas a la costa, y de textura media en la parte oriental y en ellos se sustentan diferentes tipos de vegetación, como matorrales, selva baja, bosques de pino y encino y algunas áreas de pastizal.

Regosoles

Son los más abundantes en el estado pues ocupan 46.13% de su superficie. Se han formado a partir de rocas ígneas ácidas y básicas, así como también de algunos conglomerados y lutitas-areniscas. Algunos son de origen residual (*in situ*), es decir que se encuentran en el mismo sitio que el material del cual se derivan; otros son de origen aluvial, coluvial o eólico, en los cuales el material intemperizado que los constituye ha sido acarreado de otras zonas por medio del agua, la gravedad y el viento, respectivamente.

Estos suelos son muy parecidos al material parental y sólo presentan una capa superficial de colores pardo amarillento o pardo rojizo, que pertenece al horizonte ócrico, y carecen de estructura. Son muy pobres en materia orgánica, sus texturas van de arena a migajón arenoso y su capacidad de intercambio catiónico total (CICT) es baja o muy baja (de 3 a 12 meq/100 g). Distribuidos en la porción noroeste y en la franja costera del estado son moderadamente alcalinos, los ubicados en la parte central son neutros y los que se localizan en zonas de mayor humedad, en los límites con Chihuahua, son ligeramente ácidos. La saturación de bases es alta, pero éstas se encuentran en cantidades bajas o muy bajas. Se localizan principalmente en la zona noreste, como el Desierto de Altar.

Fluvisoles

Están formados de materiales aluviales recientes, que han sido depositados en los lechos de ríos, o bien en las bajadas de las sierras hacia donde escurre el agua. En el estado cubren una superficie que equivale a 1.68%. Están formados por capas sobrepuestas de horizontes C y son sueltos o de estructura laminar, pero algunas veces llegan a desarrollar en la superficie o cerca de ella, un horizonte A ócrico sumamente permeable y de colores claros.

Vertisoles

Se distribuyen principalmente en la parte noreste del estado, sobre algunos valles, llanuras y bajadas e integran 1.07% de la superficie estatal. Estos suelos se caracterizan por tener un horizonte A úmbrico, que posee más de 30% de arcilla, al menos en los primeros 50 cm del perfil; dicha arcilla (montmorillonita) cuando está húmeda se expande y cuando se seca se contrae, lo que propicia la formación de grietas de uno o más centímetros de ancho y más de 50 cm de profundidad. Este proceso da como resultado la mezcla continua de los materiales de las capas superiores con los de las inferiores, lo que impide la formación de otros horizontes. La textura que presentan es de migajón arcilloso o de arcilla, con estructura masiva y agregados estructurales en forma de cuña; son de colores pardo rojizo y a veces gris rojizo, de ligera a moderadamente alcalinos. En algunos de ellos a medida que aumenta la profundidad aumenta el contenido de sales en cantidad moderada, así como el sodio, pues su potencial de adsorción (CICT) es alto. Los contenidos de cationes disponibles de calcio y magnesio son altos, al igual que los de potasio, los cuales son más bajos con la profundidad. La fertilidad natural de estos suelos es alta, pero el elevado contenido de arcillas expandibles impone limitantes para su utilización agrícola, ocasionando que tengan un drenaje interno lento y se produzcan encharcamientos si están muy mojados, así como también que sean difíciles de manejar por ser extremadamente duros mientras están secos. Cuando su manejo es adecuado se obtienen rendimientos elevados, como sucede en la zona del distrito de riego de Mexicali. Otras áreas con el mismo tipo de suelo sustentan diferentes asociaciones vegetales, como bosques de encino.

Planosoles

El término planosol deriva del vocablo latino *planus* que significa llano, haciendo alusión a su presencia en zonas llanas, estacionalmente inundadas. Se caracterizan por un horizonte eluvial degradado que sobreyace abruptamente sobre un denso subsuelo.

El material original lo constituyen depósitos aluviales o coluviales arcillosos. Y están asociados a terrenos llanos, estacional o periódicamente inundados, de

regiones subtropicales, templadas, semiáridas y subhúmedas con vegetación de bosque claro o pradera.

El perfil es de tipo AEBC. La destrucción o translocación de arcilla produce un horizonte blanqueado y de textura gruesa que sobreyace abruptamente a uno más fino. La falta de circulación de agua genera propiedades estagnicas en el horizonte blanqueado.

Los planosoles son suelos pobres. En las zonas secas se utilizan para plantas forrajeras o pastizales extensivos, sin embargo, en su gran mayoría no son usados con fines agrícolas.

c. Características geológicas de las áreas donde se establecen las poblaciones de jojoba en el estado de Baja California

De acuerdo a la carta geológica publicada por el INEGI, las poblaciones de jojoba en Baja California se desarrollan en cinco tipos de elementos geológicos cuadro 4:

Cuadro 4. Elementos geológicos donde se establecen las poblaciones silvestres silvestres de jojoba

ENTIDAD	CLASE	TIPO	ERA	SISTEMA
Unidad cronoestratigráfica	Roca ígnea intrusiva	Granodiorita	Mesozoico	Cretácico
Unidad cronoestratigráfica	Roca ígnea intrusiva	Granodiorita-Tonalita	Mesozoico	Cretácico
Unidad cronoestratigráfica	Roca ígnea intrusiva	Tonalita	Mesozoico	Cretácico
Unidad cronoestratigráfica	Roca sedimentaria	Conglomerado	Mesozoico	Cretácico
Suelo	n/a	Aluvial	Cenozoico	Cuatenario

d. Características fisiográficas de las áreas donde se establecen las poblaciones de jojoba en Baja California

De acuerdo a la *Carta Fisiográfica* publicada por el INEGI, las poblaciones de jojoba se desarrollan en las provincias fisiográficas Llanura Sonorense y Península de Baja California y, dentro de éstas, en las subprovincias Desierto de Altar y Sierras de Baja California Norte; los terrenos propios del hábitat de

la especie, presentan ocho tipos de toposformas: llanura deltáica salina, lomerío escarpado con llanuras, bajadas con lomeríos, valle intermontano abierto, lomeríos tendidos con cañadas, llanura aluvial con lomerío, meseta basáltica con llanuras y las conocidas como sierras bajas complejas.

e. Tipos de climas asociados a las poblaciones de jojoba en Baja California

De acuerdo al sistema de clasificación de Koeppen, modificado por García y publicado por el INEGI, las poblaciones de jojoba en Baja California se desarrollan en climas considerados como muy secos. Estos tipos de clima, también llamados desérticos, abarcan cerca de 78% de la superficie del estado, y se caracterizan por su precipitación inferior a los 250 mm al año y su temperatura media anual de 18° C a 22° C; son considerados muy extremos, ya que su oscilación térmica, es decir, la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío, es mayor a 14° C. Se distribuyen en una extensa franja de terreno paralela a la costa, que va a lo largo de la península de Baja California –ensanchándose en el norte– hasta la porción noroccidental, en la frontera con los Estados Unidos de América. Esta zona tiene una altitud variable, que comprende desde los 0 msnm a los 1 600 msnm, pero en general la constituyen terrenos llanos con algunas prominencias. Las poblaciones silvestres de jojoba se distribuyen en zonas geográficas donde se presentan tres tipos de estos climas muy secos y uno más hacia la región de Tijuana que es del tipo templado subhúmedo, aunque este último abarca únicamente 2.42% de la superficie estatal.

BW(h')(x') – *Muy seco muy cálido y cálido*

Hacia el oriente del estado, por toda la franja costera del golfo de California, cubre 15.09% de la superficie estatal, con porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2%. La temperatura media anual es mayor a 22° C y la temperatura del mes más frío es mayor a 18° C.

BWhs - Muy seco semicálido

Influye en la zona costera, del centro hacia el sur, y comprende más o menos 39% del territorio estatal. Las temperaturas medias anuales superan los 18° C. La temperatura media mensual más alta en general corresponde a julio, con valores reportados de 34.9° C, pero el valor menor con 31° C. La temperatura media mensual más baja se produce en enero con 13.1° C. Las precipitaciones totales anuales varían de 147.4 a 186.4 mm en las estaciones meteorológicas de la región; cabe señalar que en estos lugares la lluvia invernal, es decir, la ocurrida en los meses de enero, febrero y marzo, corresponde a más de 36% de la precipitación total anual.

BSks – Seco templado

Comprende aproximadamente 24% del territorio bajacaliforniano. Se extiende de la porción centro hacia el norte por la franja costera del Océano Pacífico cruzando la frontera con los Estados Unidos de América; el porcentaje de lluvia invernal es mayor a 36%.

Cs – Templado subhúmedo con lluvias en invierno

También llamado clima mediterráneo por ser húmedo y con porcentaje de lluvia invernal es mayor a 36%. Comprende aproximadamente 2.4% del territorio bajacaliforniano, una pequeña fracción en la región de Tijuana, cruzando la frontera con los Estados Unidos de América.

f. Definición de áreas aptas para el establecimiento de jojoba en condiciones naturales y bajo cultivo de temporal

El conocimiento acerca las condiciones ambientales de los lugares donde esta especie vegetal crece en forma silvestre, puede ayudar de gran manera en la búsqueda y selección de áreas geográficas en las cuales sea posible establecer poblaciones de jojoba ya sea con fines de propagación de la especie o para crear plantaciones comerciales bajo un régimen de riego por lluvias, es decir, en agricultura de temporal.

Basados en este criterio, se seleccionaron cinco factores ambientales que influyen sobre las poblaciones silvestres de jojoba en Baja California, los cuales se analizaron y manipularon en un ambiente SIG (Sistema de Información Geográfica–*ArcView*, versión 3.3) para crear un mapa en el cual se muestran las áreas donde puede crecer la jojoba; tales factores, en orden de importancia son: clima, suelo, tipo de vegetación, características fisiográficas y elementos geológicos que se presentan en zonas donde se establece la jojoba en condiciones naturales.

El mapa resultante indica que aproximadamente 1% de la superficie total de Baja California (65 504.475 ha) tiene propiedades agroecológicas para el crecimiento de poblaciones de jojoba. La figura 5 muestra la localización de las áreas jojoberas en el estado.

Dentro de las áreas capaces de soportar poblaciones de jojoba se definieron los niveles de aptitud que pueden existir en ellas; así, mediante el SIG ya mencionado se crearon los siguientes mapas (figuras 5 y 6).

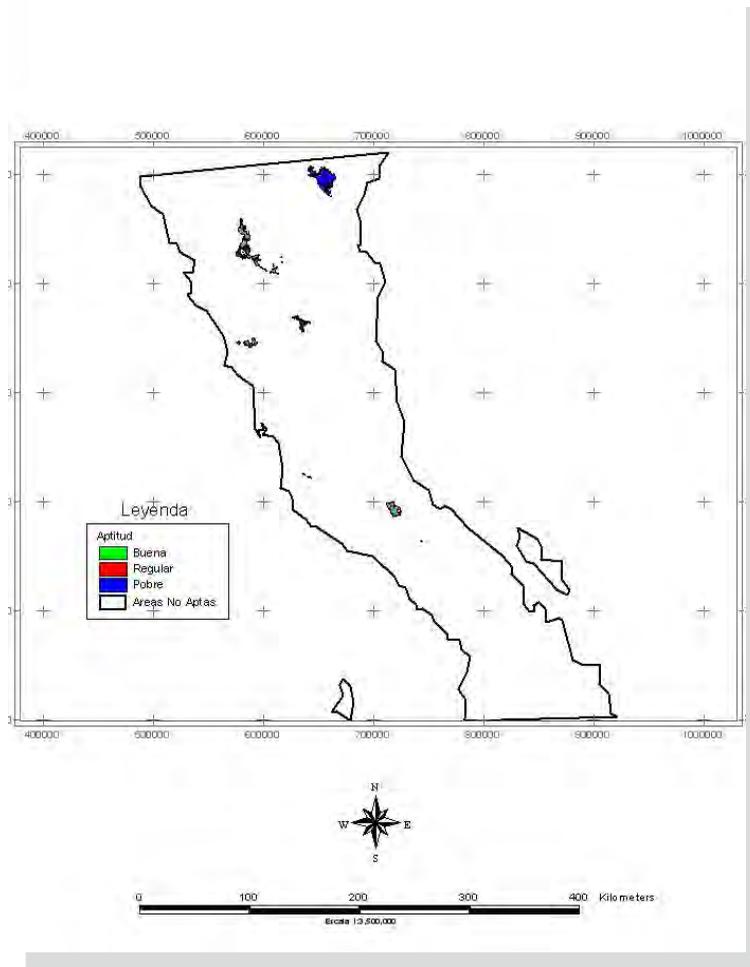


Figura 5. Distribución de áreas en Baja California de acuerdo a su aptitud para el desarrollo de plantaciones de jojoba

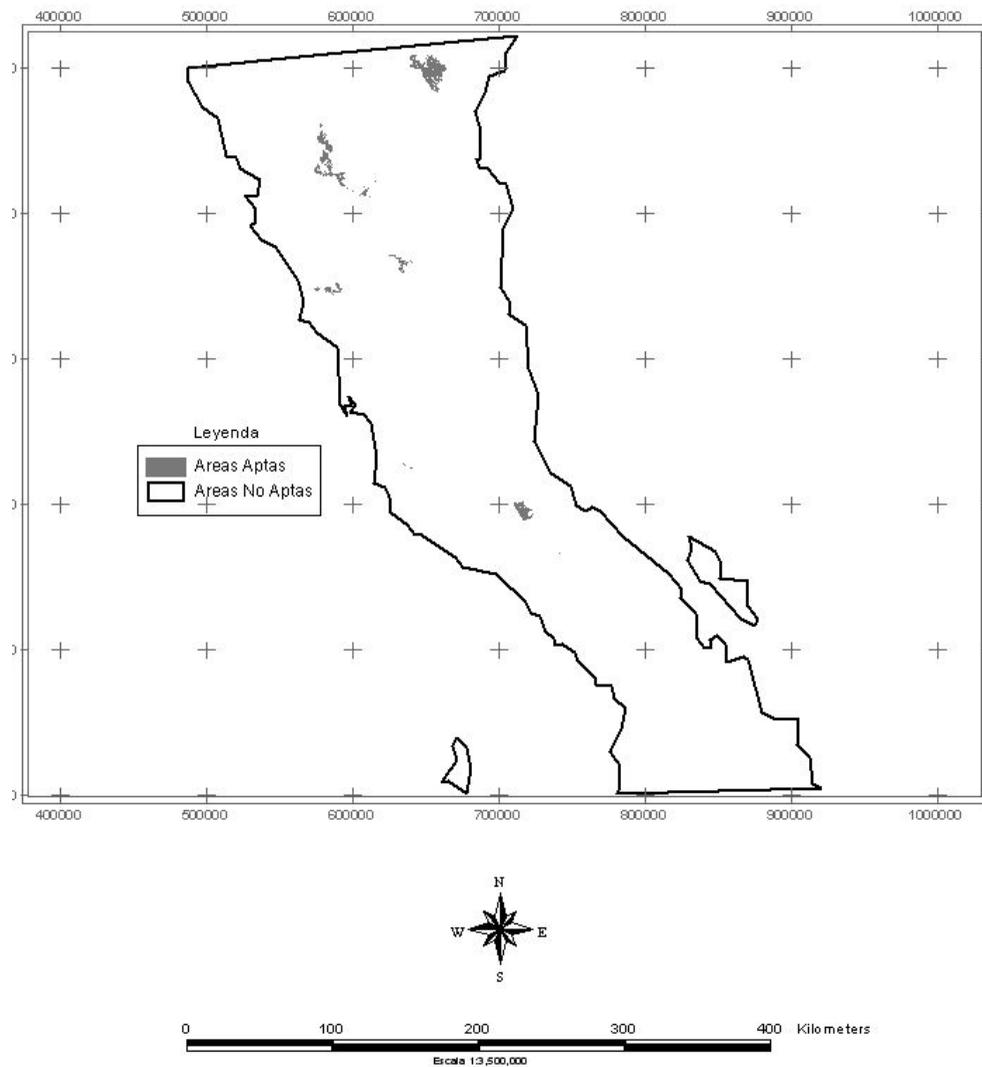


Figura 6. Distribución de áreas en Baja California con aptitud para el desarrollo de plantaciones de jojoba

Las superficies que abarcan las áreas jojoberas de acuerdo a su aptitud, se muestran en el cuadro 5:

Cuadro 5. Superficies de áreas jojoberas de acuerdo a su aptitud

APTITUD	SUPERFICIE (Ha)
Buena	32 186.081
Regular	6 338.498
Pobre	26 979.896
TOTAL	65 504.475

Es importante señalar que las áreas antes mencionadas se refieren a terrenos donde la jojoba podría establecerse bajo un régimen de humedad basado en las precipitaciones naturales; esto no significa que la especie no pueda crecer en buena forma si se somete a un sistema de cultivo bajo condiciones agronómicas. En otras palabras: se puede cultivar la jojoba en áreas no definidas por el modelo anterior si se le proporcionan las condiciones agroecológicas necesarias como riego, fertilizantes, mejoradores del suelo, podas, así como control de malezas, enfermedades y plagas de insectos, entre otras.

6. DISTRIBUCIÓN DE POBLACIONES SILVESTRES DE JOJOBA EN EL ESTADO DE SONORA Y ÁREAS CON POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE LA ESPECIE

En el estado de Sonora la jojoba forma poblaciones silvestres que se establecen principalmente en las regiones costeras en el nivel del mar, aunque ciertas poblaciones de la especie pueden también crecer tierra adentro a altitudes que rebasan los 300 msnm; así, podemos encontrar poblaciones de jojoba en un recorrido de 320 km a lo largo de la línea costera de Sonora, desde el municipio de Guaymas hasta el municipio de Caborca, pasando por los municipios de Hermosillo y Pitiquito. Tierra adentro se pueden hallar poblaciones de jojoba en los municipios Plutarco Elías Calles (Sonoyta) y Tubutama. En algunos municipios como Hermosillo y Huatabampo, se han establecido plantaciones de jojoba, la mayoría de las cuales han sido abandonadas o reemplazadas por otros cultivos (figura 7).



Figura 7. Poblaciones de jojoba en Sonora

En distintos recorridos de trabajo y de investigación a lo largo de la zona costera de Sonora, se han registrado sitios geográficos con poblaciones de jojoba. El cuadro 6 muestra sitios georreferenciados con la ubicación de tales poblaciones con coordenadas geográficas registradas en proyección UTM, con Datum WGS84.



El Choyudo, Sonora

Cuadro 6. Sitios georreferenciados con poblaciones de jojoba en Sonora

SITIO	COORD X	COORD Y
1	490774	3093154
2	490714	3093227
3	459475	3130090
4	457866	3133730
5	385899	3224088
6	349479	3304501
7	349494	3304482
8	337887	3312015
9	334724	3317959
10	339875	3319665
11	340838	3324023

Cuadro 6. Sitios georreferenciados con poblaciones de jojoba en Sonora (continuación).

SITIO	COORD X	COORD Y
12	341665	3327546
13	341767	3327995
14	342641	3331349
15	342565	3334259
16	332562	3344784
17	327201	3349552
18	324359	3507164
19	325358	3501585
20	325251	3507578
21	490731	3092770
22	490845	3092657
23	481997	3098875
24	481992	3099234
25	481758	3099264
26	482548	3099881
27	482857	3099843
28	483867	3100114
29	483200	3098996
30	483675	3098966
31	484060	3098924
32	399560	3197498
33	399587	3197552
34	399592	3197592
35	338225	3332096
36	337378	3330164
37	331637	3331990
38	333754	3333180
39	331902	3330323
40	335553	3321856
41	340161	3327517
42	334362	3319168
43	342346	3328943
44	342058	3329549
45	342669	3332422
46	342532	3334482
47	341827	3335613

Cuadro 6. Sitios georreferenciados con poblaciones de jojoba en Sonora (continuación).

SITIO	COORD X	COORD Y
48	335773	3342287
49	334250	3344201
50	330741	3346950
51	328272	3347145
52	327077	3349896
53	333377	3344887
54	335602	3342560
55	338101	3339740
56	339527	3338136
57	341165	3336357
58	342692	3331672
59	329622	3358592
60	358525	3445335
61	454046	3408480
62	454307	3409146
63	453930	3408192



Ejido Puerto Libertad, Son.



Isla Tiburón, Sonora

a. Tipos de vegetación asociados a las poblaciones de jojoba en Sonora

De acuerdo al sistema de clasificación de la vegetación (Serie II) creado por el INEGI, las poblaciones de jojoba se localizan en tipos de vegetación donde predominan los arbustos en forma de matorrales; únicamente una población que crece sobre el cauce extendido de un arroyo, se ubica bajo un tipo de vegetación dominado por mezquites. Los tipos de vegetación son los siguientes:

Matorral desértico micrófilo

Comunidad formada por arbustos cuyas hojas o folíolos son pequeños y que ocupa, junto con la vegetación de desiertos arenosos, las zonas más áridas de México. En Sonora tiene una amplia distribución sobre los terrenos de las provincias Llanura Sonorense y Sierras y Llanuras del Norte. Se encuentra en terrenos con una altitud entre 0 msnm y 1 200 msnm, en climas muy secos semicálidos y cálidos con temperaturas medias anuales entre los 20° C y 24° C y precipitación total anual por abajo de los 400 mm así como también en climas

secosemicálidos y semisecosemicálidos y templados con temperaturas medias anuales entre los 17° C y 21° C y precipitación total anual de entre 300 mm y 500 mm. Los suelos que lo sustentan son yermosoles, regosoles, litosoles, feozems y fluvisoles.

Este tipo de matorral ocupa grandes extensiones, pero en algunas zonas forma mosaicos con el matorral sarcocaulé, el mezquital y el pastizal natural. Presenta principalmente tres fisonomías: la más común es la de matorral subinermé, en el que alrededor de 70% de las plantas no tienen espinas y cerca de 30% son espinosas; le sigue el matorral espinoso, donde más de 70% de las especies son espinosas; y por último, el matorral inermé, en el que 70% de las especies carecen de espinas. El matorral desértico micrófilo está integrado por diversas asociaciones vegetales que varían en composición florística y en su ubicación de acuerdo con factores físicos y bióticos, de tal manera que sólo algunas especies características tienen una amplia distribución y a la vez llegan a dominar, como en los casos de la gobernadora o hediondilla (*Larrea tridentata*), palo verde (*Cercidium microphyllum*), palo fierro (*Olneya tesota*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), gato (*Acacia* spp.), mezquite (*Prosopis glandulosa*), chamizo (*Ambrosia chenopodiifolia*), hierba del burro (*Ambrosia dumosa*) y rama blanca o hierba del vaso (*Encelia farinosa*).

Estas comunidades están compuestas de tres estratos: en el de 2 a 3 metros hay especies de palo verde, ocotillo, palo fierro, mezquite, sahuaro (*Carnegiea gigantea*), sina (*Lophocereus schottii*), gato o mezquitillo, torote (*Bursera microphylla*), sangregado (*Jatropha* spp.) y *Fouquieria* spp., así como también los géneros *Lycium* y *Eysenhardtia*. En el estrato de 1 a 1.5 metros, que junto con el anterior contiene las especies dominantes, se encuentran principalmente *Larrea tridentata*, *Acacia greggii*, sangregados (*Jatropha cardiophylla*, *J. cuneata*, *J. cinerea*), vinorama o granada (*Lycium* spp.), cholla (*Opuntia cholla*) y tasajillo (*O. leptocaulis*), aunque en terrenos menos secos o en zonas de escurrimiento se presentan *Prosopis glandulosa*, *Cercidium* spp., *Mimosa* spp., jojoba (*Simmondsia chinensis*), *Eysenhardtia orthocarpa*, piojito (*Caesalpinia pumila*), *Lophocereus* spp. y *Condalia warnockii*.

En el estrato más bajo (0.5 metros) dominan las compuestas, entre ellas, hierba del vaso y hierba del burro; leguminosas como *Calliandra eriophylla*, *Cassia covesii*, *Mimosa* spp. y *Dalea* spp.; gramíneas, como el zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), *Bouteloua* spp., *Asistida adscensionis* y *Cathastecum erectum*; quenopodiáceas, como el chamizo (*Atriplex canescens*) y saladita (*Suaeda* spp.) y varias especies de *Jatropha*.

En la parte central de Sonora se reporta una comunidad, también subinermes como la anterior, dominada por *Encelia farinosa* y *Larrea tridentata*, con eminencias de *Cercidium sonora*, *Fouquieria macdougalli*, *Olneya tesota* y *Prosopis* spp., en la que cuando los árboles se extienden hacia el sur predominan sobre los arbustos, llegando a formar selvas espinosas.

Las pocas zonas con matorral inermes se localizan en el Desierto de Altar, sobre las faldas de las Sierras El Pinacate y Los Alacranes, cerca del poblado Golfo de Santa Clara y en algunos terrenos del noreste de Cabo Tepoca y Puerto Libertad. Su composición es más sencilla que la del subinermes, y en ella predominan *Ambrosia dumosa*, *Ambrosia chenopodiifolia*, *Cercidium microphyllum* y *Encelia farinosa*, entre otras especies.

Este tipo de matorral se desarrolla también en llanuras de suelo profundo, en la parte baja de abanicos aluviales y en ocasiones sobre laderas; su cobertura varía de 3% en zonas con menos de 100 mm anuales de precipitación, hasta 20% en lugares más húmedos.

En las zonas planas generalmente se encuentran *Larrea* spp. y *Ambrosia* spp., mientras que en lugares con mayor pendiente lo hacen *Acacia* spp., *Lycium* spp., *Olneya tesota*, *Opuntia* spp., y *Prosopis* spp., entre otras especies, que forman una comunidad principalmente espinosa.

Estas comunidades se usan sobre todo en la alimentación del ganado bovino, actividad que les ha afectado en gran medida, de tal manera que en muchos

sitios presentan disturbio, observable en la baja cobertura y diversidad de especies propias de este tipo de vegetación, y en la erosión presente.

Matorral carcocaule

Está formado por arbustos de tallos carnosos o jugosos, algunos con corteza papirácea. Se distribuye en forma de manchones, principalmente en las sierras de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses y en las llanuras de la subprovincia Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa, desde los cero hasta los 1 100 metros de altitud. En el noroeste está en contacto con el matorral desértico micrófilo, en la parte central con el mezquital y en el noreste y este con el matorral subtropical, selva baja caducifolia y selva baja espinosa con los cuales se mezcla, lo que influye, entre otros factores, en la gran diversidad de su composición florística.

Este matorral se desarrolla en climas muy secos, secos cálidos, semicálidos, y en semisecos semicálidos, con temperaturas medias anuales entre 18° C y 24° C, con precipitaciones totales anuales inferiores a 400 mm. Los tipos de suelo sobre los que crece son litosoles, regosoles, yermosoles y xerosoles, de los cuales, algunos presentan fase lítica o gravosa.

Las especies que caracterizan este tipo de vegetación son torotes o copales (*Bursera* spp.) y sangregados (*Jatropha* spp.), aunque a veces son rebasadas en número por palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Cercidium* spp), ocotillo (*Fouquieria splendens*) y mezquite (*Prosopis glandulosa*). Dichas especies codominan con *Bursera microphylla*, *Jatropha cinerea*, *Jatropha cuneata* y *Opuntia bigelovii* en la parte norte de la zona de distribución formada por las planicies y bajadas ubicadas desde Puerto Libertad hasta Isla Tiburón y las sierras localizadas en el noroeste de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses. Tales elementos arbustivos se agrupan en el estrato superior de la comunidad, que va de 1 a 2 m; otros estratos que integran este matorral son el medio, con arbustos de aproximadamente 0.70 m y el inferior herbáceo, de 0.15 m.

En la zona comprendida entre Puerto Libertad y Punta Chueca hay comunidades de matorral sarcocaula con la siguiente composición: *Jatropha cuneata*, *Larrea tridentata*, *Bursera microphylla* y *Opuntia bigelovii* en el estrato superior, mientras que en el estrato medio se encuentran *Encelia farinosa*, *Ambrosia dumosa*, *Aristida adscensionis*, *Plantago insularis* y *Dalea parryi*, entre otras. En esta misma zona se reportan extensas áreas dominadas por arbustos y pequeños árboles con variadas formas de vida, que comprenden tipos locales de comunidades cuyos elementos más representativos son, entre otros, *Bursera microphylla*, *Cercidium microphyllum*, *Colubrina viridis*, *Desmanthus fruticosus*, *Jatropha cuneata*, *Lippia palmeri*, *Pithecellobium confine*, *Ruellia californica* y *Viscainoa geniculata*.

En el resto de los terrenos con matorral *sarcocaula* otros elementos sustituyen a las especies codominantes, dando lugar a otras comunidades, las cuales se desarrollan principalmente sobre cerros y lomeríos con suelos someros.

Cerca de Guaymas, se reportan como dominantes *Bursera microphylla*, *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* y *Acacia willardiana*, acompañadas por diferentes arbustos como *Coursetia glandulosa*, *Acacia farnesiana*, *Caesalpinia pumila* y por cactáceas columnares que sobresalen como eminencias, entre ellas *Lemaireocereus* spp. y *Pachycereus* spp.

En el municipio de Hermosillo se encuentran además ocotillo (*Fouquieria splendens*), choyas (*Opuntia fulgida*), navajita anual (*Bouteloua barbata*) y toboso (*Cenchrus myosuroides*).

Este matorral se utiliza también en actividades pecuarias, pero su grado de alteración es mayor que en el caso del micrófilo. Algunos de sus elementos forrajeros son *Caesalpinia pumila*, *Cercidium* spp., *Bursera laxiflora*, *Prosopis glandulosa* y diferentes especies de gramíneas; además, se aprovechan localmente para obtener maderas especies como *Prosopis* spp, *Olneya tesota*, y *Guaiaacum coulteri*.

Matorral sarcocrasicaule

Se localiza en pequeñas áreas del estado desde el nivel del mar hasta los 230 msnm; bajo un clima muy seco con temperatura media anual de 22° C y precipitación total anual entre 180 mm y 200 mm.

Está dominado por elementos de tallos carnosos o jugosos de los géneros *Machaerocereus* y *Jatropha*, además de algunas especies de cactáceas. Sobreyacen a suelos del tipo de los regosoles, litosoles, feozems, rendzinas y luvisoles.

Entre los poblados de Tastiota y Cerro Prieto, una de las zonas más áridas donde se desarrolla este tipo de matorral, dominan *Bursera microphylla*, *Jatropha cuneata* y *Machaerocereus gummosus*.

Mezquital

Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1 200 msnm. En clima muy secos, secos y semisecos; con temperaturas medias anuales de 18° C a 24° C y lluvias totales anuales de 180 a 400 mm.

Este tipo de vegetación se caracteriza por la dominancia de diferentes especies de mezquites, principalmente *Prosopis glandulosa* y *P. juliflora*, acompañadas por otros arbustos espinosos e inermes que también se encuentran en los matorrales adyacentes, que pueden ser micrófilos o sarcocaulales. Su altura varía entre 3 m y 5 m y los elementos que lo constituyen están agrupados en dos o tres estratos. Se encuentra en gran parte de los terrenos pertenecientes a la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses, y una pequeña zona de los de la Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa. Se localiza en suelos profundos de los valles, en zonas de escurrimiento o en bajadas sobre suelos yermosoles, regosoles, fluvisoles o xerosoles.

En la porción central del estado, en el área de bajadas asociadas con lomeríos –tramo Guaymas, Hermosillo, Santa Ana y alrededores– se forma un matorral abierto de *Cercidium microphyllum*, *Olneya tesota* y *Encelia farinosa*, asociados con cactáceas como *Stenocereus thurberi*, *Lophocereus schottii*, *Opuntia cholla* y, en algunos casos, con especies de condiciones más húmedas, como *Caesalpinia pumila*, *Calliandra eriophylla*, *Cassia covesii*, *Randia thurberi* encontradas en el Valle de Guaymas, al este de Sierra Libre y en los valles situados alrededor de la sierra El Bacatete, formando matorrales subinermes que, en varios casos, por encontrarse en sitios típicos de mezquital es probable que se deriven de este tipo de vegetación. En el municipio de Hermosillo se reporta una comunidad similar acompañada por ocotillo (*Fouquieria splendens*), torotes, san juanico (*Jacquinia pungens*), palo chino (*Pithecellobium mexicanum*), gatuña (*Mimosa laxiflora*) y zacates, entre ellos, aceitilla, liebrero, grama china, zacate araña (*Aristida ternipes*) y cola de zorra (*Polypogon monspeliensis*).

En los lugares con mayor presencia de sales, por ejemplo en los cercanos a la costa suroeste del municipio de Hermosillo, aumentan en número las especies de chamizo blanco (*Atriplex canescens*), chamizo salado (*Suaeda fruticosa*) y *Allenrolfea occidentalis*.

Gran parte de las especies que constituyen estas comunidades se utilizan en la ganadería extensiva, en algunas localidades con mayor intensidad que en otras, aprovechándose tanto gramíneas forrajeras como elementos arbustivos. Además con el mezquite se elaboran carbón y postes para cercas, lo que ha provocado su sobreexplotación en algunas zonas. El uso no planificado de este recurso ha alterado dichas comunidades, las cuales han sido invadidas por choyas, gatuños, sangregados, hierba del vaso y otras de menor valor forrajero, propiciando también la erosión de los terrenos.

Algunas especies que acompañan a la jobjoba y que definen las comunidades donde se establecen sus poblaciones se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Especies nativas en asociación con jojoba en poblaciones naturales

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
<i>Acacia willardiana</i>	Palo blanco	Leguminosae
<i>Ambrosia deltoidea</i>	Chamizo toboso	Compositae
<i>Ambrosia dumosa</i>	Chamizo cenizo	Compositae
<i>Amoreuxia palmatifida</i>	Saya	Cochlospermaceae
<i>Anoda cristata</i>	Pintapán	Malvaceae
<i>Bebbia juncea</i>	Hierba del venado	Compositae
<i>Bumelia occidentalis</i>	Bumelia	Sapotaceae
<i>Bursera hindsiana</i>	Torote prieto	Burseraceae
<i>Bursera microphylla</i>	Torote	Burseraceae
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Tabachín	Leguminosae
<i>Caesalpinia pumila</i>	Palo piojo	Leguminosae
<i>Cardiospermum corindum</i>	Farolito	Sapindaceae
<i>Carnegiea gigantea</i>	Sahuaro	Cactaceae
<i>Cassia covesii</i>	Hojasén	Leguminosae
<i>Cercidium microphyllum</i>	Palo verde	Leguminosae
<i>Colubrina viridis</i>	Granadita	Rhamnaceae
<i>Cordia parviflora</i>	Vara prieta	Boraginaceae
<i>Coursetia glandulosa</i>	Sámota	Leguminosae
<i>Dalea emoryi</i>	Dalia del desierto	Leguminosae
<i>Desmanthus covillei</i>	Daysillo	Leguminosae
<i>Ditaxis lanceolata</i>	Ditaxis	Euphorbiaceae
<i>Echinocereus engelmannii</i>	Pitahaya agria	Cactaceae
<i>Encelia farinosa</i>	Rama blanca	Compositae
<i>Errazurizia megacarpa</i>	SN	Leguminosae
<i>Fagonia californica</i>	Hierba del pájaro	Zygophyllaceae
<i>Fagonia longipes</i>	Estrellita	Zygophyllaceae
<i>Ferocactus covillei</i>	Biznaga	Cactaceae
<i>Fouquieria macdougalii</i>	Ocotillo	Fouquieriaceae
<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo	Fouquieriaceae
<i>Hibiscus denudatus</i>	Malva del desierto	Malvaceae
<i>Hoffmannseggia microphylla</i>	Barejón	Leguminosae
<i>Hymenoclea monogyra</i>	Jécota	Compositae
<i>Hyptis emoryi</i>	Salvia del desierto	Labiatae
<i>Guaiacum coulteri</i>	Guayacán	Zygophyllaceae
<i>Jatropha cuneata</i>	Matacora	Euphorbiaceae

Cuadro 7. Especies nativas en asociación con jojoba en poblaciones naturales (continuación)

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
<i>Jatropha cinerea</i>	Lomboy	Euphorbiaceae
<i>Justicia californica</i>	Chuparrosa	Acanthaceae
<i>Koeberlinia spinosa</i>	Corona de Cristo	Koeberliniaceae
<i>Kosteletzkia malvaviscana</i>	Malvarrosa	Malvaceae
<i>Krameria grayi</i>	Cósahui	Krameriaceae
<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora	Zygophyllaceae
<i>Lemnaireocereus thurberi</i>	Pitahaya	Cactaceae
<i>Lippia palmeri</i>	Orégano	Verbenaceae
<i>Lophocereus schottii</i>	Sina	Cactaceae
<i>Lycium andersonii</i>	Salicieso	Solanaceae
<i>Lycium brevipes</i>	Salicieso	Solanaceae
<i>Mammillaria grahamii</i>	Viejito	Cactaceae
<i>Maytenus phyllanthoides</i>	Mangle dulce	Celastraceae
<i>Mimosa laxiflora</i>	Uña de gato	Leguminosae
<i>Olneya tesota</i>	Palo fierro	Leguminosae
<i>Opuntia bigelovii</i>	Choya güera	Cactaceae
<i>Opuntia engelmannii</i>	Nopal del desierto	Cactaceae
<i>Opuntia fulgida</i>	Choya	Cactaceae
<i>Opuntia leptocaulis</i>	Sibiri	Cactaceae
<i>Opuntia versicolor</i>	Choya tasajo	Cactaceae
<i>Pachycereus pringlei</i>	Cardón	Cactaceae
<i>Phaulothamnus spinescens</i>	Huevito	Phytolaccaceae
<i>Pithecellobium confine</i>	Ejotón	Leguminosae
<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	Leguminosae
<i>Ruellia californica</i>	Hierba parda	Acanthaceae
<i>Solanum hindsianum</i>	Mala mujer	Solanaceae
<i>Sphaeralcea angustifolia</i>	Mal de ojo	Malvaceae
<i>Trixis californica</i>	Trixis	Compositae
<i>Viscainoa geniculata</i>	Viscainoa	Zygophyllaceae
<i>Wislizenia refracta</i>	Trébol de burro	Capparaceae

b. Tipos de suelos asociados a las poblaciones de jojoba en Sonora

De acuerdo al sistema de clasificación de la FAO, publicado por el INEGI, en Sonora las poblaciones de jojoba se desarrollan en cuatro tipos de suelos de diferentes fases químicas y físicas:

Litsoles

La característica determinante de este tipo de suelos es que son menores de 10 cm de profundidad; en Sonora se encuentran distribuidos como manchones en sierras y lomeríos. Su cobertura estatal es de 38 180.0 km², equivalentes a 21.14% de la superficie estatal. Estos suelos son de textura gruesa (arenosa) en las zonas cercanas a la costa y de textura media en la parte oriental. Sustentan diferentes tipos de vegetación como matorrales, selva baja, bosques de pino y encino y algunas áreas de pastizal.

Regosoles

Son los más abundantes pues ocupan 71 032.0 km², lo cual representa 39.33% de la superficie estatal. Se han formado a partir de rocas ígneas ácidas y básicas, así como también de algunos conglomerados y lutitas-areniscas. Algunos son de origen residual (*in situ*), es decir que se encuentran en el mismo sitio que el material del cual se derivan; otros son de origen aluvial, coluvial o eólico, en los cuales el material intemperizado que los constituye ha sido acarreado de otras zonas por medio del agua, la gravedad y el viento, respectivamente.

Estos suelos son muy parecidos al material parental y sólo presentan una capa superficial de colores pardo amarillento o pardo rojizo, que pertenece al horizonte A ócrico, y carecen de estructura. Son muy pobres en materia orgánica, y cuentan con texturas que van de arenoso a migajón arenoso y su capacidad de intercambio catiónico total (CICT) es baja o muy baja (entre 3 y 12 meq/100 g). En general, los que se distribuyen en la porción noroeste y en la franja costera son moderadamente alcalinos, los ubicados en la parte central son neutros y los que se localizan en zonas de mayor humedad, en los límites con Chihuahua, son ligeramente ácidos. La saturación de bases es alta, pero éstas se encuentran en cantidades bajas o muy bajas. Estos suelos se localizan principalmente en la zona occidental del estado, como en el Desierto de Altar, donde sustentan vegetación de desiertos arenosos; en la franja costera, con excepción de las áreas correspondientes a los distritos de riego de la Costa de Hermosillo, el de Ciudad Obregón y en Caborca, donde en ellos crece matorral

subinerme.

Fluvisoles

Están formados de materiales aluviales recientes, que han sido depositados en los lechos de ríos o en las bajadas de las sierras hacia donde escurre el agua. En Sonora cubren una superficie de 2 276.0 km², que equivale a 1.26% de la superficie del estado. Están formados por capas sobrepuestas de horizontes C y son sueltos o de estructura laminar, pero algunas veces se llega a desarrollar en la superficie o cerca de ella, un horizonte A ócrico sumamente permeable y de colores claros. La vegetación que presentan es de matorral sarcocaulé y de matorral subinerme hacia el noreste de Caborca.

Yermosoles

Suelos característicos de las zonas áridas que ocupan con los xerosoles 20.10% (36 301.0 km²) de la superficie estatal. Tienen una capa superficial llamada horizonte A ócrico, de colores claros (pardo, pardo rojizo y pardo claro), cuyo porcentaje de materia orgánica es muy bajo (de 0.1% a 0.5%). Además, en ellos se efectúa un proceso de acumulación de arcillas en las capas subsuperficiales, dando origen a un horizonte B, que, cuando el contenido de arcillas es mínimo se denomina B cámbico y cuando se incrementa se conoce como B argílico. En algunos casos se encuentran acumulaciones de carbonatos de calcio o cristales de yeso. En general son moderadamente alcalinos, con pH entre 7.9 y 8.3, pero en los suelos que presentan fase salina, sódica o salina-sódica el pH sube de 8.4 hasta 9.3. Las texturas de estos suelos son de migajones arenosos en la superficie y de migajones arcillosos o arcillas en los horizontes subsuperficiales, por lo que su potencial para adsorber iones (CICT) va de moderada a alta (de 13.8 a 31.8 meq/100 g). La saturación de bases es mayor a 50%, predominando el calcio sobre el potasio. Su fertilidad es alta cuando se dispone de agua para riego, como sucede en las áreas de Hermosillo y Caborca. En las zonas que no están dedicadas a esta actividad, la vegetación que se desarrolla es de matorral sarcocaulé y mezquital.

c. Características geológicas de las áreas donde se establecen las poblaciones de Jojoba en Sonora

De acuerdo con la carta geológica publicada por el INEGI, las poblaciones de Jojoba se desarrollan en once tipos de elementos geológicos (cuadro 8).

Cuadro 8. Tipos de elementos geológicos donde se establecen las poblaciones de Jojoba

ENTIDAD	CLASE	TIPO	ERA	SISTEMA
Unidad cronoestratigráfica	Roca ígnea intrusiva	Granito	Mesozoico	Cretácico
Unidad cronoestratigráfica	Roca ígnea intrusiva	Granodiorita	Mesozoico	Cretácico
Unidad cronoestratigráfica	Roca ígnea intrusiva	Tonalita	Mesozoico	Cretácico
Unidad cronoestratigráfica	Roca ígnea extrusiva	Dacita	Cenozoico	Paleógeno
Unidad cronoestratigráfica	Roca ígnea extrusiva	Riodacita-Dacita	Cenozoico	Terciario
Unidad cronoestratigráfica	Roca ígnea extrusiva	Riolita-Toba Ácida	Cenozoico	Terciario
Unidad cronoestratigráfica	Roca sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario
Unidad cronoestratigráfica	Roca sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario
Unidad cronoestratigráfica	Roca sedimentaria	Lutita-Arenisca	Mesozoico	N/D
Unidad cronoestratigráfica	Roca metamórfica	Metaandesita	Mesozoico	N/D
Suelo	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario

d. Características fisiográficas de las áreas donde se establecen las poblaciones de Jojoba en Sonora

De acuerdo a la carta fisiográfica publicada por el INEGI, las poblaciones de

jojoba se desarrollan en la provincia fisiográfica Llanura Sonorense y dentro de ésta, en la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses; los terrenos propios del hábitat de la especie presentan dos tipos de topoformas: bajadas con lomeríos y las conocidas como sierras escarpadas complejas.

e. Tipos de climas asociados a las poblaciones de jojoba en Sonora

De acuerdo al sistema de clasificación de Koeppen, modificado por García y publicado por el INEGI, las poblaciones de jojoba se desarrollan en climas considerados como muy secos también llamados desérticos que abarcan cerca de 46% de la superficie de Sonora, y se caracterizan por su precipitación inferior a los 400 mm al año y su temperatura media anual de 18° C a 26° C. Este tipo de clima es considerado como muy extremo, ya que su oscilación térmica, es decir, la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío, es mayor a 14° C. Se distribuyen en una extensa franja de terreno paralela a la costa, que va desde el límite con Sinaloa –ensanchándose en el norte– hasta la porción noroccidental, en la frontera con los Estados Unidos de América. Esta zona tiene una altitud variable, que comprende desde el nivel del mar hasta los 800 msnm en las estribaciones de la Sierra Madre, pero en general la constituyen terrenos llanos con algunas prominencias. Las poblaciones silvestres de jojoba se distribuyen en zonas geográficas donde se presentan tres tipos de estos climas muy secos:

BW(h')hw - Muy seco cálido

Hacia el sur del estado, por Guaymas, Empalme, Ciudad Obregón, Navojoa y Huatabampo, con porcentaje de lluvia invernal entre 5% y 10.2%. La temperatura media del mes más frío es menor a 18° C y se han reportado 16.9° C en enero. La temperatura media anual es de 24.9° C y el mes más caluroso es julio con 32.2° C de temperatura media; la precipitación total anual promedio llega a 298.5 mm, siendo agosto es el mes de mayor precipitación con 81.6 mm y mayo el de menor, con 0.3 mm (figura 8).

MUY SECO CÁLIDO CON LLUVIAS EN VERANO
 $BW(h')hw$

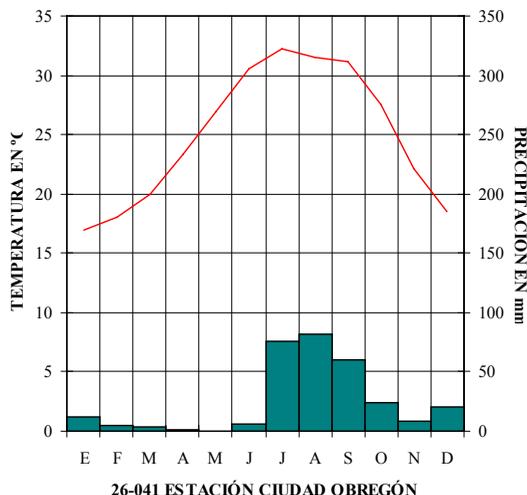


Figura 8. Temperatura y precipitación media anual en la estación 26-041 Cd. Obregón, Son.

BW(h')hw(x') - Muy seco muy cálido y cálido

Influye en la zona costera, del centro hacia el sur, y comprende cerca de 12% del territorio estatal. En el centro se distribuye en los alrededores de Hermosillo, Miguel Alemán y El Triunfo, así como en una mínima porción al suroeste de Caborca. Las temperaturas medias anuales varían en el rango de 22° C a 26° C, valor reportado en la estación meteorológica El Orégano (26-045), ubicada al noreste de Hermosillo; mientras que en esta ciudad, con base en información de la estación 26-025, es de 25.1° C. La temperatura media mensual más alta en general corresponde a julio, con valores reportados entre 31° C y 34.9° C, mientras que la temperatura media mensual más baja se produce en enero (13.1° C). Las precipitaciones totales anuales son de 186.4 mm, 336.3 mm, 242.7 mm y 147.4 mm registradas las estaciones meteorológicas de la región, siendo los meses más lluviosos julio y agosto, con promedios de precipitación de 53.1 mm, 102.0 mm, 74.2 mm y 46.8 mm. Cabe señalar que en estos lugares la lluvia invernal, es decir, la ocurrida en los meses de enero, febrero y marzo, corresponde a más de 10.2% de la precipitación total anual (figura 9).

MUY SECO CÁLIDO CON LLUVIAS EN VERANO
 BW(h')hw(x')

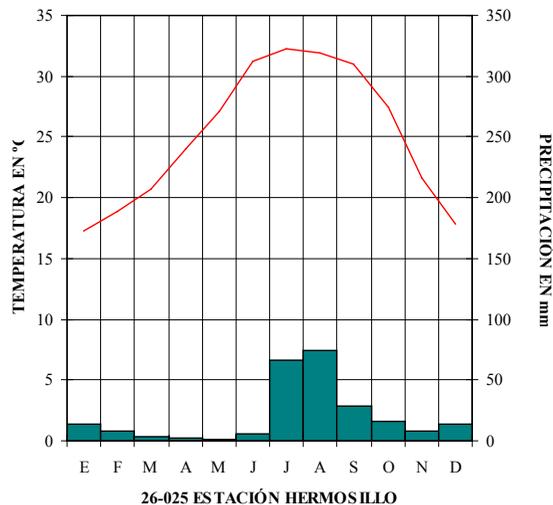


Figura 9. Temperatura y precipitación media anual en la estación 26-025 Hermosillo, Son.

BWhw(x') - Muy seco semicálido

Comprende aproximadamente 33% del territorio sonorense. Desde el suroeste y sureste de San Luis Río Colorado y el este-sureste de Sonoyta, en la frontera con los Estados Unidos de América, se extiende hacia el sur hasta las inmediaciones de Carbó, Hermosillo y Miguel Alemán, la zona más amplia y continua de este clima, en el cual el porcentaje de lluvia invernal es mayor a 10.2%. Su precipitación total anual fluctúa de 53.9 mm (temperatura media anual 21.5° C) en la estación meteorológica 26-050 El Riño, ubicada en las cercanías al límite con Baja California, hasta 304.9 mm (temperatura media anual 21.3° C) en la estación 26-060 Presa Cuauhtémoc (antes Sta. Teresa), localizada al noreste de Atil. Los datos analizados en esta región muestran que agosto y, en ocasiones, julio y octubre son los meses más lluviosos; así, en la primera estación reportada (26-050) se registran 9.5 mm en octubre, en la segunda, 84.5 mm en agosto, y en la de Trincheras (26-143) 87.5 mm en julio. Las temperaturas medias anuales van de 19.4° C (271.9 mm de precipitación

total anual) en la estación meteorológica Félix Gómez (26-097) a 21.8° C (278.4 mm de precipitación total anual) en la de Altar (estación 26-003, ver climograma); el mes tórrido en las dos últimas estaciones es julio, con 27.8° C y 31.6° C, aunque en la estación El Riño llega a 32.3° C en el mismo mes y en algunas otras corresponde a agosto. El mes gélido en estas mismas estaciones es enero, con valores de 11.7° C, 12.7° C y 11.6° C, pero en Puerto Peñasco (estación 26-048) se reportan 11.1° C y en Trincheras (26-143) 13° C. Otros lugares con este clima son Sonoyta, Benjamín Hill e Isla Tiburón (figura 10).

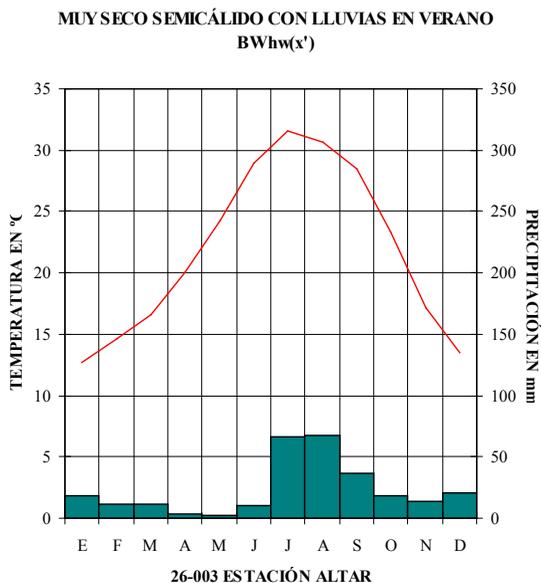


Figura 10. Temperatura y precipitación media anual en la estación 26-003 Altar, Son.

f. Definición de áreas aptas para el establecimiento de jojoba en condiciones naturales y bajo cultivo de temporal

El conocimiento de las condiciones ambientales de los lugares en los que la jojoba crece en forma silvestre puede ayudar en gran forma a buscar y seleccionar áreas geográficas en las cuales es posible establecer poblaciones de jojoba con fines de propagación de la especie o con el objetivo de crear plantaciones comerciales bajo un régimen de riego por lluvias, es decir, en agricultura de temporal.

Bajo este criterio, se seleccionaron cinco factores del medio ambiente que influyen sobre las poblaciones silvestres de jojoba en Sonora, los cuales fueron analizados y manipulados en un ambiente SIG (sistema de información geográfica *ArcView*, versión 3.3) con el fin de crear un mapa en el cual se muestran las áreas donde puede crecer la jojoba. Dichos factores, en orden de importancia son clima, suelo, tipo de vegetación, características fisiográficas y elementos geológicos que se presentan en zonas donde se establece la jojoba en condiciones naturales.

El mapa resultante nos indica que aproximadamente 14% de la superficie total del estado (2 634 017.359 ha) tiene propiedades agroecológicas para el crecimiento de poblaciones de jojoba. La figura 11 muestra la localización de las áreas jojoberas en Sonora.

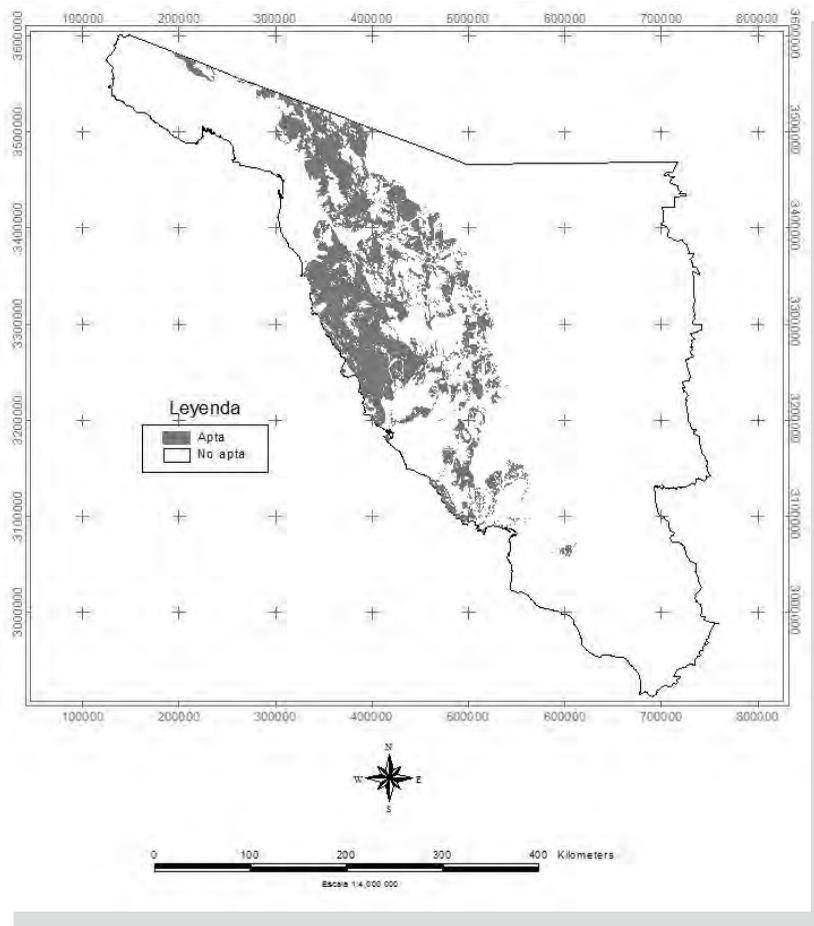


Figura 11. Distribución de áreas en Sonora con aptitud para el desarrollo de poblaciones de jojoba

Dentro de las áreas capaces de soportar poblaciones de jojoba se definieron los niveles de aptitud que pueden existir en ellas; así, utilizando el SIG antes mencionado, se creó el siguiente mapa (figura 12).

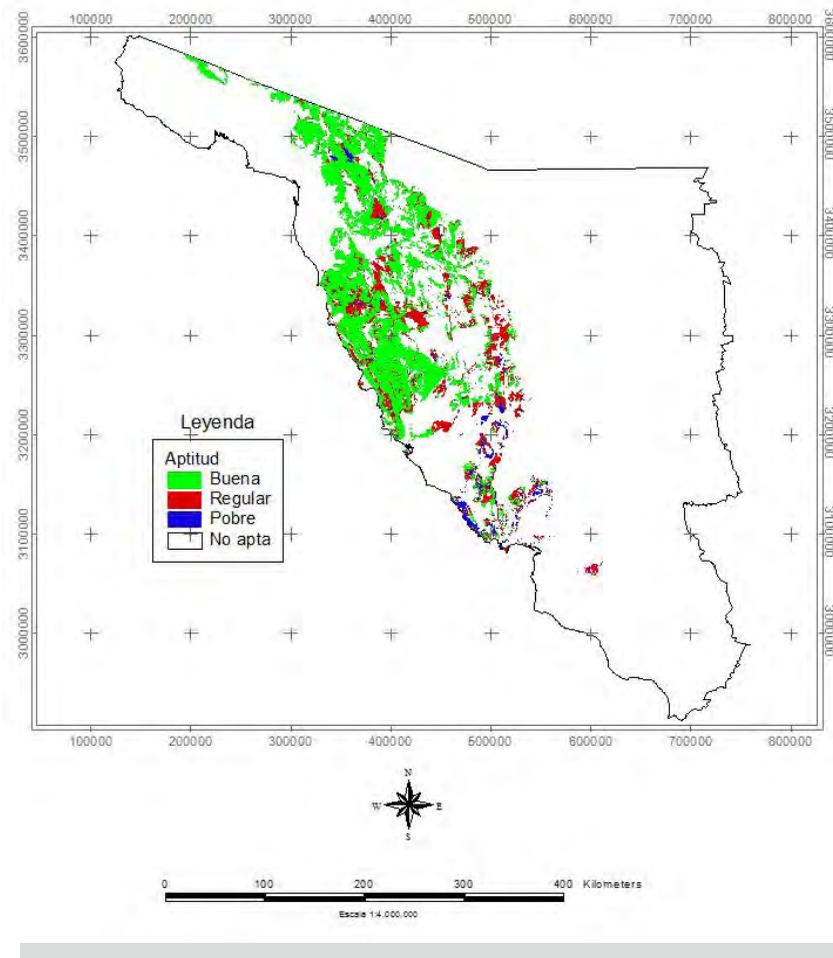


Figura 12. Distribución de áreas en Sonora de acuerdo a su aptitud para el desarrollo de poblaciones de jojoba

Las superficies que abarcan las áreas jojoberas de acuerdo a su aptitud, son las siguientes (cuadro 9).

Cuadro 9. Niveles de aptitud para establecimiento de jojoba

APTITUD	SUPERFICIE (HA)
Buena	1 920 411.751
Regular	592 355.038
Pobre	121 250.570
TOTAL	2 634 017.359

Es importante recordar que las áreas antes mencionadas se refieren a terrenos donde la jojoba podría establecerse bajo un régimen de humedad basado en las precipitaciones naturales; esto no significa que la especie no pueda crecer en buena forma si se somete a un sistema de cultivo bajo condiciones agronómicas. En otras palabras, se puede cultivar la jojoba en áreas no definidas por el modelo anterior, si se le proporcionan condiciones agroecológicas adecuadas, como riego, fertilizantes, mejoradores del suelo, podas, así como control de malezas, enfermedades y plagas de insectos, entre otros.

7. BASE DE DATOS DE POBLACIONES *EX SITU* EN BAJA CALIFORNIA, BAJA CALIFORNIA SUR Y SONORA

Como se observa en los datos presentados en el cuadro anterior, en su mayoría las parcelas localizadas con jobjoba se encuentran abandonadas, sin embargo la mayoría de las plantas están vivas, por lo que, con un manejo agronómico mínimo se podrían recuperar las poblaciones y en poco tiempo obtener germoplasma de de ellas, que en varios de los casos son plantas seleccionadas.



Parcela en Sonora, calle 36, Costa de Hermosillo.



Parcela en INIFAP, Mexicali, Baja California.



Parcela INIFAP en Baja California Sur.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, J.A.; F.T. Bingham; M.R. Kauffman; G.H. Hoffman y D.M. Yermanos 1978. "Responses of stomata and water, osmotic and turgor potentials of jojoba to water and salt stress". *Agronomy Journal* 70: 381-387.

Alcaraz-Meléndez, L. 1984. *Efecto del ácido indol butírico y del ácido naftalen acético en el número y longitud de la raíz de jojoba (Simmondsia chinensis. Link, Schneid) al propagarla asexualmente*. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México

Álvarez, C.J.L. 1982. "La comercialización de la jojoba en Baja California". 2a Reunión Nacional sobre jojoba. Ensenada, Baja California, México. pp 95-97.

Araujo, M.E.; R. González y H. Barraza. 1980. "Informe y experiencia en el trabajo desarrollado en Baja California (1976-1980) con el recurso natural jojoba". PIDER Zona 44 pp. 89-96. En: *Memoria de la 1ª. Reunión Nacional sobre jojoba*. La Paz B.C.S.

Baker, H.G. 1965. *Plants and civilization. Fundamentals of Botany Series*. Wadsworth Publ. Co. Belmont California. pp. 173-175.

Begg, J.E. 1978. "Jojoba Research in Australia" En: D. M. Yermanos (ed). *Proc. 3rd Intern. Conf. on jojoba*. Riverside. Calif. pp. 141-144

Benzioni, A. y M. Forti. 1989. "Jojoba". En: G. Robbelen; R.K. Downey y A. Ashri (eds.) *Oil Crops of the World*. McGraw-Hill Publishing Company; New York. 553 p.

Booth, A.N. 1973. "Jojoba oil and meal subacute toxicity study with rats". En: E.F. Haase y W.G. McGinnies (eds). *Jojoba and its uses; an international Conference*. Tucson, Arizona. pp. 73-74.

Castellanos, E.A. y F.E. Molina. 1990. "Differential survivorship and establishment in *Simmondsia chinensis* (jojoba)". *Journal of Arid Environments*. 19: 65-76.

Clarke, J. A. y D.M. Yermanos. 1980. "The use of jojoba oil in deep-fat frying". En: Puebla, M. (ed.) *Memorias de la IV Reunión Internacional de la Jojoba*. Hermosillo, Sonora, México. pp. 261-265.

Collatz, G. 1977. "Influences of certain environmental factors on photosynthesis and photorespiration in *Simmondsia chinensis chinensis*". *Planta* 134: 127-132.

Committee on Jojoba Utilization. 1978. *Products from jojoba; a promising new crop for arid lands*. Acad. Of Sci., Washington D.C. pp. 1-25.

CONABIO. 2006. *Capital natural y bienestar social*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 71 p.

CONAFOR. 2007. *Programa ProArbol*. En: <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php?s1=2&s2=1>. Consultado en octubre de 2007.

Cruse, R.R. 1973. "Desert plant chemurgy: a current review". *Econ. Bot.* 27: 210-230.

Dangermond, J. 1989. *Geographic information system: a management perspective*. WDL Publications. Ottawa, Canadá. 294 p.

Daubenmire, R.F. 1988. *Ecología Vegetal. Tratado de autoecología de plantas*. LIMUSA. México. 496 p.

Daugherty, P.M.; H.H. Sneath y T.A. Wastler. 1953. "Industrial raw materials of plant origin. IV a survey of *Simmondsia chinensis* (jojoba)". *Georgia Inst. Tech Bull.* 17: 1-36.

Dayton, E.F. 1973. *Range plant handbook*. U.S. Forest Service, Washington D.C. pp. 148-149.

DECOFRUT, 2003. *Evaluación de proyectos de inversión para el Valle de Huasco*. Chile. 441 p.

Douglas, M. 1947. "Jojoba, an oil producing plant of the Southwestern States". *New York Bot. Garden J.* 48: 29-32.

Duisberg, P.C. 1952. "Desert plant utilization". *Texas J. of Sci.* 4: 269-283.

Dunstone, R.L. y J.E. Begg. 1979. "Domesticating jojoba". *Aust. Nat. Hist.*, pp. 328-335.

El-Saghir Selim, M.Y. 2009. "New Fuel Derived From Jojoba Oil Could Fuel Cars, Trucks and Buses". *Planet Science Hotspots*. http://www.planet-science.com/sciteach/hotspots/pdf/hotspots_emirates_jojoba_02.pdf

Escobar H., A. 1995. *Autoecología de la jojoba*. (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider). Monografía 5. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México. 49 p.

Flaxman, M.T. 1940. *Sulphurized lubricating oils*. United States Patent 2,212,899, Agosto 27, Union Oil Company of California.

Gail, P.A. 1964. *Simmondsia chinensis* (Link) Schneider: Anatomy and morphology of flowers. Claremont, California, M. A. Tesis. 40 p.

Gentry, H.S. 1958. "The natural history of jojoba (*Simmondsia chinensis*) and its cultural aspects". *Econ. Bot.*, 12: 261-295.

Gentry, H.S. 1972. "Plant a seed and save a whale". *Saguaroland Bull.* 26:44-47.

Gómez G., S.; J. Mercado G.; B.E. Díaz O.; J. Guevara L.; C. Valenzuela S.; J. A. Chávez D.; P. Pijoan A. y J.I. Sepúlveda B. 1998. *Paquetes tecnológicos para el área de influencia del Campo Experimental Costa de Ensenada*. Publicación Técnica No. 1. SAGAR-INIFAP. Ensenada, B.C. México. 72 p.

González A., I.J., J.A. Ruiz C., R.A. Martínez P.; K.F. Byerly M., L. Mena H. y J.A. Osuna G. 1998. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el Municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit. Folleto de Investigación Núm. 16. SAGAR-INIFAP-CIRPAC Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Santiago Ixcuintla, Nayarit. México. 57 p.

Green, T.G., T.P. Hilditch y W.J. Stainsby. 1936. "The seed wax of *Simmondsia californiaca*." *J. Chem. Soc.* 2: 1750-1755.

Greene, R.A. y E.C., Foster. 1933. "The liquid wax of seeds of *Simmondsia californiaca*". *Bot. Gaz.* 94: 826-828.

Hinds, W.E. 1949. Penicillin Product. United States Patent 2,487,336. November 8th.

Hodge, W.H. 1955. "Some new noteworthy industrial raw materials of plant origin". *Econ. Bot.* 9: 99-107.

INE. 2000. *Ordenamiento ecológico general del territorio*. Memoria técnica 1995-2000. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. México. 540 p.

INIFAP. 1993. *Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el Estado de Guanajuato: DDR 001 Hidalgo, Gto.* Síntesis Ejecutiva. SAGAR-INIFAP-CIRCE. Celaya, Gto. México.

Inov, Y. 1978. "Cultivated jojoba in Israel". En: D.M. Yermanos (ed.) *Proc. 3rd. Intern. Conf. On Jojoba*. Riverside. CA. pp. 133 - 135.

Jamieson, G.S. 1943. *Vegetables fats and oils, their chemistry, production, and utilization for edible, medical and technical purposes*. Reinhold, New York. pp. 88-89.

Johnson, J.D. 1978. "Cultivated jojoba in the United States". En: D.M. Yermanos (ed.) *Proc. 3rd. Intern. Conf. on Jojoba*. Riverside, CA. pp.121-128.

Jones, M.A. y N.B. Knoepfler. 1957. "Wax uses of desert shrub, jojoba, subject of promising study". *Chemurgi Digest* 16: 5-6.

Jones, Q. 1973. "Outlines of a research and training program on jojoba". En: Haas, E.F. y Mc Ginnies W.G. (eds.) *Jojoba and its uses. An international conference*. Tucson, Arizona. pp. 29-32.

Khairi, M.M.A. 1978. "Initiation and present status of jojoba development in the Sudan". En: D.M. Yermanos (ed.) *Proc. 3rd. Intern. Conf. on Jojoba*. Riverside, CA. pp.137-140

Knight, H.G. 1936. "Jojoba in U.S." *Departament of Agriculture, bureau of chemistry and soils. Annu. Repo.* pag. 50.

Knoepfler, N.B. y H.L.E. Vix. 1958. "Review of chemistry and research potencial of *Simmondsia chinensis* (jojoba) oil". *J. Agr. and Food Chem.* 6: 118-121.

Knoepfler, N.B. 1959. "A comparison of six solvents for the extraction of jojoba seed". *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 36: 644-648.

León de la Luz, J.L. 1984. *Aspectos ecofisiológicos de la jojoba Simmondsia chinensis (Link) Sch. en el noroeste de México*. Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México. p. 109.

Libby, H. 1980. "Jojoba oil overview as a significant component in cosmetic formulation". En: Puebla, M. (ed.) *Memorias de la IV Reunión Internacional de la jojoba*. Hermosillo, Sonora, México. pp. 266-271.

López, N.A. 1982. *Algunas informaciones sobre la jojoba (Simmondsia chilensis)*. Fortaleza, IPLANCE, Brasil. 102 p.

Lozano T.,S. 1996. *Simulación de uso potencial bajo modelos de interpolación espacial y temporal de variables de clima en sistemas de información geográfica. Disertación*. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México. 191 p.

Lynn, S.P. 1978. *Jojoba in a nutshell. The natural history, cultivation and market demand of jojoba (Simmondsia chinensis)*. 2ª ed. Scarlett-Trotter Assoc.USA. 59 p.

Martínez A.,C. 1981. "Comportamiento de la jojoba (*Simmondsia chinensis* [Link] Schneider) en riego por gravedad bajo tres niveles de humedad aprovechable". En: *Publicación Especial Núm.30 SARH-SFF-INIF*. México. p: 205-208.

Mc Ginnies, W.G. y J.F. Arnold. 1939. "Relative water requirements of Arizona range plants". *Arizona Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin*. 80 : 165-246.

Medina, J. L. y H. Yermanos. 1980. "Destoxificación de la pasta de jojoba". En: Puebla, M. (ed.) *Memorias de la IV Reunión Internacional de la Jojoba*. Hermosillo, Sonora, México. pp. 336-344.

Metcalfe, C.R. y L-Chalk. 1950. *Anatomy of the dicotyledons; leaves, stems and wood in relation to taxonomy, with notes on economic uses*. Clarendon Press, Oxford, 1 500 p.

Meza S., R. 2001. *Regionalización de áreas potenciales para especies vegetales de importancia en B.C.S.* Reporte Técnico de Proyecto - Resultados estado de Baja California Sur. SAGARPA-INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B.C.S. México. 82 p.

Meza S., R. y D.D. Reygadas P. 2001. *Áreas potenciales y tecnología de producción de cultivos en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.* Publicación Técnica Núm.1. SAGARPA-INIFAP-SIMAC.CIRNO Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B.C.S. México. 133 p.

Meza V.,J. 1981. "Aspectos agronómicos, recomendaciones culturales y localización de parcelas con cultivo de jojoba (*Simmondsia chinensis* [Link] Schneider) en el estado de Sonora". En: *Publicación Especial Núm.30*. SARH-SFF-INIF. México. pp. 195-199.

Miller, W.P. y N. Anderson, 1978. "The native american jojoba project". En: D.M. Yermanos (ed) *Proc. 3rd. Intern. Conf. On Jojoba*. Riverside, CA..

Mirov, N. T. 1952. "Simmondsia or jojoba. A problem in economic botany". *Econ. Botany* 6: 41-47

Mirov, N.T. 1950. "*Simmondsia* desert shrub offer new uses, from cover crop to wax". *Chemirgic Digest* 9: 7-9

Miwa, T.K. 1973. "Chemical aspects of Jojoba oil as a unique liquid wax from desert shrub *Simmondsia californica*". *Cosmetic and Perfumery* 88: 39-41.

Miwa, T.K. 1980. "Jojoba oil as a superior lubricant". En: Puebla, M. (ed.) *Memorias de la IV Reunión Internacional de la jojoba*. Hermosillo, Sonora, México. pp. 299 - 301

Molaison, L.J.; R.T. O'Connor y J.J. Spadaro. 1959. "Long-Chain unsaturated alcohol from jojoba oil by sodium reduction". *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 36: 379-382

Murrieta, S.X. 1980. "Investigación y desarrollo de la jojoba en el CICTUS". En: *Memoria de la 1^{ra} Reunión nacional sobre jojoba*. La Paz B.C.S.

Ortega G., M.A. 1994. "Humedad aprovechable del suelo en jojoba (*Simmondsia chinensis*) en condiciones de salinidad". En: *2^o Encuentro sobre botánica económica regional*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México. pp. 54-59.

Parra H.,H. 1981. "Importancia de las poblaciones nativas de jojoba (*Simmondsia chinensis* [Link] Schneider) y normas para su manejo y aprovechamiento". En: *Publicación Especial Núm.30*. SARH-SFF-INIF. México. p: 105-118.

Puebla, M. 1978. "La Operación Jojoba en México". En: D.M. Yermanos (ed.) *Proc. 3rd. Intern. Conf. on Jojoba*. Riverside, CA. pp. 145-150.

Ramonet R.,R. 1985. "El cultivo de la jojoba en el noroeste de México". In: *General Technical Report*. RM-135. USDA. Forest Service. USA. pp. 24-28.

Record, S.J. y R.W. Hess. 1943. *Timbers of the New World*. Yale University Press, New Haven.

Roundy, A.B.; G.B. Ruyle; A.K. Dobrenz; V.Wilson y D.Floyd. 1987. "Growth, nutrient and water status of jojoba (*Simmondsia chinensis*) in relation to livestock grazing". En: *General Technical Report INT-222*. USDA Forest Service. USA. pp. 146-153.

SARH. 1994. *Inventario forestal periódico del estado de Baja California Sur*. SARH-SFFS. México.

Schmid, R. 1978. "Floral and fruit anatomy of jojoba (*Simmondsia chinensis*). En: *Memorias de la II Conferencia Internacional Sobre Jojoba y su Aprovechamiento*. Ensenada, Baja California, México. pp. 143-148

SCS. 1980. *Relación entre suelo-agua-planta*. Servicio de Conservación de Suelos. USDA. Manual de Ingeniería de Suelos. Sección 15. 1ª ed. Ed. Diana. 99 p.

SEMARNAT. 2005 b. "El medio ambiente en México 2005". En: Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/sniarn.aspx> (Consultado en octubre de 2007).

SEMARNAT. 2005. "Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales". En: Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/inicio.aspx> (consultado en octubre de 2007).

Sepúlveda, B.J.I. 1987. *Response of Simmondsia chinensis (Link) Schneider to protection, vegetation removal, and water catchment development*. Thesis. Master of Science. Arizona State University. USA. 51 p.

Solereeder, H. 1908. *Systematic anatomy of the dicotyledons*. Claredon Press. Oxford.

Solís G.,G.; F.J. González V. y G.A. Fierros L. 1992. *La jojoba en la Costa de Hermosillo*. Folleto técnico Núm.8. SARH-INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Son. México. 25 p.

Solomon, A.M. 1973. "Further scanning electron photomicrographs of Southwestern pollen grains". *J. Acad. Sci. Arizona*. 8: 135-157.

Standley, P.C. 1920-1926. *Trees and shrubs of México*. Contributions from the United States National Herbarium, 23: 1721

Tal, M.; I. Rosental; R., R. Abramovitz y M. Forti. 1979. "Salt tolerance in *Simmondsia chinensis*: Water balance and accumulation on chloride, sodium and proline under low and high salinity". *Annals of Botany* 43: 701-708.

Taussky, I. 1946. "Processes of refining, purifying and hydrogenating fats, fatty acids and waxes", United States Patent 2,413,009. December 24.

Thomson, P.H. 1978. "Jojoba Horticulture". En: *Jojoba handbook*. Bonsall Publications, Bonsall Calif. pp. 57-156.

Vaughan, J.G. 1970. *The structure and utilization of oil seeds*. Chapman and Hall. Londres. pp. 20-22.

Verbiscar, A.J.; T.F. Banigan; C. W. Weber; B.L. Reid; J.E. Trei y E.A Nelson. 1978. "Detoxification and analyses of jojoba meal". En: D.M Yermanos (ed.). *Proc. 3rd. Intern. Conf. on Jojoba*. Riverside, CA. . pp. 185-197

Walter, H. and E. Stadelmann. 1974. "A new approach to the water relations of desert plants". In: G.W. Brown, Jr.(ed.). *Desert biology. Special topics on the physical and biological aspects of arid regions*. Vol.II. Academic Press, Inc. USA. p: 213-310.

Warth, A.H. 1956. *The chemistry and technology of waxes*. Reinhold Publ. Corp. 2 ed. New York. pp. 302-307.

Watson, L y M.J. Dallwitz. 2003 "An ordinal classification for the families of flowering plants". *Annals of the Missouri Botanical Garden* 85:531-553.

Wells, F.B. 1954. "Jojoba oil, a liquid wax and some of its applications". *J. Chem. Educ.* 31: 253-254.

Wells, F.B. 1954. "Jojoba Oil, a liquid wax and some of its applications". *J. Chem. Educ.* 31: 253-254.

Wisniak, J. 1978. "Phosphonation of jojoba oil". En: D.M.Yermanos (ed.) *Proc. 3er. Intern. Conf. on Jojoba*, Riverside, CA. pp. 113-120

Zacatecas, A.A. 1943. *Jojoba*. Tesis profesional de la Escuela Particular de Agricultura, C. Juárez, Chihuahua. 23 p..

Zepeda G., R.A. 1981. "Comparación de dos sistemas de riego en el cultivo de la jojoba". En: *Publicación Especial Núm.30*. SARH-SFF INIF. México. p: 209-212.

Diagnóstico de la jojoba (*Simmondsia chinensis*) (Link) C.K. Schneider, en México

Se terminó de imprimir en Grupo Publicitario Imagen Digital

Prol. 2 de Marzo, núm. 21. Int. 2. Col. Zaragoza

Texcoco, Edo. de México.

Se tiraron 1 000 ejemplares,

Forros: cartulina sulfatada de 12 pts.

Interiores en papel couché de 150 g

Familias tipográficas utilizadas: Arial y Dream Orphans

24 de noviembre de 2011.

La jojoba ((*Simmondsia chinensis*) (Link) C.K. Schneider) es una planta originaria del noroeste de México y del suroeste de Estados Unidos. Se caracteriza por ser la única especie vegetal conocida que produce en su semilla una cera líquida hidrogenada de alta calidad, la cual puede ser utilizada en las industrias cosmética, farmacéutica y de lubricantes, además de ser útil como alimento para el consumo humano y como forraje para el ganado y la fauna silvestre.

El misionero Miguel del Barco, en su obra intitulada "Historia Natural y Crónica de la Antigua California", narra que esta planta era aprovechada por los nativos, aunque las semillas no eran utilizadas ya que su alto contenido de aceite provocaba vómito. Sin embargo, después de la conquista española, las semillas de jojoba fueron utilizadas con fines medicinales y el aceite se empleó para condimentar alimentos y como tónico para el cabello.

