



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

CARRERA DE BIOLOGÍA

**Contribución al conocimiento de tres arbustos del Desierto Chihuahuense:
Larrea tridentata (Sessé & Moc. ex DC.) Coville, *Parthenium argentatum* A.Gray y
Atriplex canescens (Pursh) Nutt.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

LESLY MONTSERRAT MÉNDEZ CHAPARRO

TUTOR:

DR. DIÓDORO GRANADOS SÁNCHEZ

Los Reyes Iztacala, Edo. de México, Abril, 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



LA PACHAMAMA

En el altiplano andino, mama es la Virgen y mama son la tierra y el tiempo. Se enoja la tierra, la madre tierra, la Pachamama, si alguien bebe sin convidarla. Cuando ella tiene mucha sed, rompe la vasija y la derrama.

A ella se ofrece la placenta del recién nacido, enterrándola entre las flores, para que viva el niño; y para que viva el amor, los amantes entierran cabellos anudados. La diosa tierra recoge en sus brazos a los cansados y a los rotos, que de ella han brotado, y se abre para darles refugio al final del viaje. Debajo de la tierra, los muertos la florecen.

(Memoria del fuego/ Las caras y las mascararas).

Eduardo Galeano.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mis padres que con su esfuerzo día a día me permitieron salir adelante profesionalmente y como persona. Gracias mamá, Esther Chaparro por hacerme ver que pese a las circunstancias uno puede llegar hasta donde se lo proponga, te amo. A mi padre, Marco Antonio Méndez, gracias por ser mi apoyo incondicional, por alentarme a seguir mis sueños y apoyarme en todas mis metas y proyectos que me he propuesto, sin ti no hubiera podido llegar tan lejos. Gracias a mis hermanas Cinthya y Berenice porque siempre fueron mi motivación para querer ser mejor cada día, ser su hermana no es fácil pero las amo.

Un muy especial agradecimiento a la UNAM, y a la FES Iztacala por haber sido mi casa de estudios, me permitió conocer a gente muy valiosa y fundamental para mi formación profesional. Gracias a mi asesor el Dr. Diódoro Granados Sánchez por permitirme trabajar con él, es una excelente persona a la cual admiro y respeto, su gran conocimiento sobre las zonas áridas de nuestro país es sorprendente, gracias por revelarme lo maravilloso del Desierto Chihuahuense, ha sido una experiencia única que me llevo en mi corazón. También gracias a la Universidad Autónoma de Chapingo por su apoyo para conocer el Desierto Chihuahuense.

Gracias al Dr. Alfonso Delgado Salinas del Instituto de Biología, por creer en mí y por todo su apoyo para que concluyera mi tesis. Gracias a mis profesores, Luis Hernández, Soledad Chino, Deni Muñoz, Leticia Martínez, Rosario Fernández, Lucía Pavón, Nandini Sarma, Alfonso Reyes, por demostrarme que su apoyo incondicional durante mi carrera, aprendí mucho de ustedes, siempre serán mis grandes amigos. También quiero mencionar a mis mejores amigos de la carrera, indispensables para que yo pudiera llegar a este punto, Vane Judith, Rox, Karen, Alonso, los quiero mucho, quinto fue el mejor semestre de mi vida, jamás lo olvidare.

Gracias a Colombia y su gente, por ser tan lindos conmigo, a la UAO por aceptarme, gracias a ello logre sacar lo mejor de mi tanto profesional como personalmente, gracias a mis amigos Javier Díaz y William Vargas por su cariño y apoyo para hacer de mi una mejor bióloga. Gracias a mi compañero de vida, Javier Pérez, gracias por estar a mi lado en el cierre de este ciclo, llegaste en el mejor momento de mi vida, gracias por ser mi cómplice en esta aventura y otras más. Y finalmente a mi misma por ser tan fuerte y lograr siempre lo que me propongo, este es un fruto a mi esfuerzo, amo ser bióloga.

DEDICATORIAS

A mi madre, este logro te lo dedico, espero estés orgullosa de mí.

A mi padre, te admiro y amo mucho, finalmente lo logre.

A mi pequeño hermano Rodrigo que es mi alegría y que espero algún día siga mis pasos y se convierta en Biólogo.

A mi asesor Diódoro Granados Sánchez que creyó en mí para este proyecto tan especial.

Al Dr. Alfonso Delgado Salinas que admiro y aprecio mucho, usted por su apoyo como su ayudante.

A los sinodales, Soledad Chino Vargas y Marcial García Pineda por su atenta ayuda en la elaboración de mi tesis.

A mis amigos que me estuvieron a mi lado cuando los necesite.

A todos mis profesores de la carrera, buenos y malos, por que de todos me llevo algo.

A Colombia por hacerme la persona más feliz del mundo.

A mi esposito Javier Pérez porque me inspiras para ser mejor persona.

A la vida por permitirme llegar a este punto.

ÍNDICE

	Página
1. Índice.....	5
2. Introducción.....	7
3. Marco Teórico.....	9
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville	10
<i>Parthenium argentatum</i> A.Gray.....	12
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.....	14
4. Justificación.....	16
5. Objetivos.....	17
Objetivo General.	17
Objetivos Particulares.....	17
6. Área de Estudio.....	18
Ubicación Desierto Chihuahuense.....	18
Topografía.....	20
Hidrología y Clima.....	22
Geología y Edafología.....	23
Vegetación.....	24
Endemismos.....	25
Asociaciones vegetales.....	25
Matorral desértico micrófilo.....	26
Matorral desértico roseto-filo.....	28
Izotal.....	29
Pastizal y vegetación halófito.....	30
7. Material y Métodos.....	30
Trabajo de campo.	30
Trabajo de gabinete.....	31
8. Resultados.....	32
Áreas de establecimiento (Municipios).....	32
Caracterización General	
Catorce, San Luis Potosí.....	32
Vanegas, San Luis Potosí.....	33
Mazapil, Zacatecas.....	33

Caracterización de las especies.....	35
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville.....	35
Taxonomía y Descripción de la especie.....	35
Características genéticas de <i>Larrea tridentata</i>	39
Origen y Distribución.....	43
Ecología.....	45
Aspectos fisiológicos.....	54
Usos de <i>L. tridentata</i>	67
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.....	70
Taxonomía y Descripción de la especie.....	70
Características genéticas de <i>Atriplex Canescen</i>	73
Origen y Distribución.....	76
Ecología.....	78
Aspectos fisiológicos.....	82
Manejo de <i>A. canescens</i> y su productividad.....	85
Usos.....	93
<i>Parthenium argentatum</i> A.Gray.....	95
Taxonomía y Descripción de la especie.	95
Características genéticas de <i>Parthenium argentatum</i>	99
Origen y distribución.....	105
Ecología.....	109
Aspectos fisiológicos.....	111
Manejo del Guayule y su productividad.....	114
Usos.....	123
9. Discusión.....	126
10. Conclusiones.....	133
11. Literatura citada.....	134

1. Introducción

México tiene el privilegio de poseer en su territorio prácticamente todos los grandes tipos de vegetación albergando alrededor de 30,000 especies de plantas (Rzedowski, 1991), la CONABIO (2014), indica que los desiertos comprenden la zona ecológica más extensa, con una superficie equivalente al 48.29% del territorio nacional, cubriendo la mayor parte del Altiplano mexicano, las planicies costeras de los estados de Tamaulipas y Sonora, la península de Baja California y una parte importante del Valle de Tehuacán-Cuicatlán en los estados de Puebla y Oaxaca (Challenger y Soberón, 2008).

En cuanto a los ecosistemas de las regiones áridas tienen una gran importancia ecológica para el país, en ellos los factores climáticos y fisiográficos están íntimamente relacionados con los patrones de distribución de la biota (González y Sosa, 2003). Entre estos, la aridez es el principal factor que determina la vida en los desiertos, así como la morfología, fisiología y comportamiento, tanto de especies animales como vegetales y otros organismos que ahí cohabitan. Las causas de la aridez en la República Mexicana son el cinturón de altas presiones subtropicales del hemisferio norte (celdas anticlónicas del Atlántico y Pacífico Norte), además de el efecto de continentalidad en la zona norte del país y el efecto de Fhon o de sombra pluviométrica en todas las áreas interiores, aunado a que el clima de estas zonas es de tipo BS (clima seco) y BW (clima seco desértico) de la clasificación propuesta por Köppen (1948) (modificada para México por E. García en 1964) y sus variantes (García, 2004).

Esta habitual escasez de agua y la excesiva variación térmica en la superficie del suelo son los principales factores que derivan en numerosas estrategias adaptativas tanto estructurales como fisiológicas en las plantas que se alojan en el desierto (Hernández, 2006). La adaptación de las especies y su elevado endemismo ha hecho que las regiones secas del país tengan un significado relevante dentro de la diversidad mexicana. Granados et al. (2011) menciona que en el caso del Desierto Chihuahuense (DC) este posee 17 géneros (43.6 % del total) y 229 especies de cactáceas (69.8 % del total) que son endémicos.

Cabe mencionar que a nivel de géneros existe una notable correlación entre la proporción de géneros endémicos de la flora del país y el grado de aridez climática (Rzedowski, 1991), mismos que se deben también a la naturaleza edáfica como halófitas y gipsófitas propias de las zonas áridas.

En cuanto a la riqueza florística de estas regiones es la más baja en número de especies por unidad de superficie, ya que ocupa más del 50% del territorio mexicano sin embargo sólo alberga el 20% de su flora (Arredondo et al., 1985).

Por otra parte, es bien conocido el gran número de plantas que tienen importancia o potencial económico (Rzedowski, 1978; Marroquín et al., 1981; García y Flores, 1996) dentro de estas zonas, como es el caso de las comunidades arbustivas, que a pesar de tener una diversidad florística moderada (6000 especies descritas) aún poseen un considerable potencial como recursos naturales, susceptibles de ser aprovechados de manera racional y sostenible, para contribuir al mejoramiento de los niveles de vida del sector rural en particular, ya que ofrecen múltiples alternativas de apropiación, como recursos maderables, alimenticios, forrajeros, industriales, energéticos, ornamentales, artesanales y/o medicinales (Cervantes, 2005).

Entre las especies de arbustos importantes que se han explotado se encuentran: la gobernadora, *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville, que tiene variados usos potenciales como son el medicinal, industrial, sus resinas se pueden utilizarse como antioxidante además de su alto potencial como forraje. El guayule, *Parthenium argentatum* A.Gray, ya que produce hule (látex) en cantidades de importancia económica. Y el chamizo o costilla de vaca cuya especie corresponde a *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. (Chamizo o costilla de vaca), que produce tejidos con alto contenido de proteína y energía digestible y es utilizable por herbívoros de consumo humano. Esta se presenta como alternativa de solución a los problemas más inmediatos del pastizal, debido a sus propiedades forrajeras (Granados et al., 2011).

3. Marco Teórico

En 1978 Rzedowski menciona que en el DC, existe una gran diversidad de especies dentro de un mosaico muy variado de asociaciones vegetales tales como: matorral desértico micrófilo (MDM), matorral desértico rosetófilo (MDR), matorral desértico crassicaule (MDC), encinares, pastizales, vegetación riparia y bosques de pino piñonero, entre otras. Así mismo, existen estudios sobre las principales asociaciones vegetales presentes en el DC por Bernabé (2000) y Granados et al. (2011).

En 2011 Granados et al., indica que la composición florística de la mayoría de las comunidades desérticas es notablemente estable, cambiando solo la abundancia relativa de cada especie a través del tiempo, señala además que el DC presenta un alto grado de endemismos, por lo que es considerado como el poseedor del más rico ensamblaje de especies de Cactácea en el mundo, con un total aproximado de 324 especies, más cinco híbridos, distribuidos en 39 géneros, Hernández et al. (2004).

Para el DC se ha estimado en 3500 el número de especies reportadas (Henrickson y Johnston, 2004), de las cuales 1000 serían endémicas; un estudio no finalizado en este desierto reporto 113 familias, 591 géneros y 1800 especies (CONAZA-CIQA, 1978 citado en Arredondo et al., 1985). Un total de 77 familias, 285 géneros, y 490 especies han sido identificadas para la región (Allred 2003 citado por Havstad et al., 2006), entre las familias predominantes se incluyen las Asteraceae (59 géneros, 93 especies), Poaceae (35 géneros, 78 especies), y Fabaceae (18 géneros, 36 especies).

Durante el 2011 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), publicó un catálogo de algunos de los recursos no maderables del DC, incluyendo sus descripciones, uso, aprovechamiento, productividad y comercialización entre otros aspectos. También Granados y López (2001) describieron la biología de los recursos bióticos de las zonas áridas, abarcando su manejo y aprovechamiento. Borja en 1962, realizó estudios sobre el DC, desde el análisis ecológico de algunas de las plantas más representativas, como la candelilla, lechuguilla, guayule, gobernadora, palma samandoca, así como el aprovechamiento de estas. Cervantes (2005) realizó una descripción de algunas plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México como el mezquite, el nopal, y la jojoba.

3.1 *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville

Larrea tridentata (Sessé & Moc. ex DC.) Coville, también conocida como la gobernadora fue estudiada por Coville 1893, publicado en Contr. U.S. Natl. Herb. Es la planta más característica y abundante de las zonas áridas de México, este arbusto que crece en los desiertos del Norte de México y en los desiertos de Norteamérica, ha invadido grandes extensiones, desde el sur de la gran cuenca, E. U., a través del desierto de Mojave, del desierto sonorense y del desierto chihuahuense. Existen numerosas evidencias de que la gobernadora se originó en los desiertos sudamericanos, donde se dispersó a Norteamérica, quizá durante los últimos 11000 años. En los desiertos de Sudamérica existen cinco especies pertenecientes al género *Larrea*, y es posible que la especie norteamericana (*L. tridentata*) se derivó a partir de un evento de migración de la especie sudamericana *Larrea divaricata* Cav. Sin embargo, todavía no hay una explicación convincente de la explicación concluyente de la dispersión de esa especie (Hernández, 2006.)

Por sus características esta planta recibe varios nombres, en E.U.A, se le llama "creosote bush" por su capacidad de sintetizar en sus hojas innumerables sustancias químicas y en México se le llama "gobernadora" (Figura 1) por su predominancia invasora sobre otras plantas, además de ser una de las más longevas. Su adaptabilidad se caracteriza por establecerse en diferentes tipos de suelos, incluso en terrenos degradados; así mismo se ha adaptado a los regímenes climáticos diversos, propios de los desiertos en donde habita. Además es una de las especies más tolerantes a la sequía en Norteamérica, salvo por periodos prolongados de aridez extrema, es capaz de mantener sus hojas, de manera que permanece activa fotosintéticamente por largos periodos (Hernández, 2006.)

De acuerdo con Jerzy Rzedowski la gobernadora es la planta mexicana mejor adaptada a condiciones de aridez, ya que puede vivir en las condiciones más extremas que se presentan en México, sin ser una planta suculenta, ni presentar espinas, ni tomento y además ser perennifolia (CONABIO, 2014).

Por su gran abundancia, resultado de su adaptación, se le ha calificado de manera equivocada, como una planta invasora, como planta indeseable, que se le ha tratado como mala hierba e incluso se ha pensado en la forma de erradicarla, pero esto sería una acción negativa, ya que en esta planta se encuentran miles de años de adaptación contra condiciones adversas.

Larrea tridentata tiene variados usos potenciales: medicinal, industrial, antioxidante (resinas por la presencia del ácido nordihidroguayarético (NDGA)), adhesivo (hoja), con perspectivas para su extracción industrial (insecticida), forraje (proteína en las hojas) (Vibrans, 2009).



Figura 1. Gobernadora (*Larrea tridentata*)

3.2 *Parthenium argentatum* A.Gray

Parthenium argentatum A.Gray es nativo de la porción norte del desierto Chihuahuense, donde crece desde el norte de San Luis Potosí hasta el sur de Texas, un pequeño arbusto perteneciente a la familia Asteraceae. Los nombres comunes en México son guayule, hule (Rep. Mex.), afinador (Zac.), yerba del hule (región de Pasaje Dgo.), jehuite o jihuite (Zac. y Dgo.). Su estatus dentro de país es de planta cultivada y silvestre, crece silvestre en algunas regiones áridas y semiáridas del norte de México. (CONABIO, 2015b). Fue descrita por primera vez por Gray, Asa en 1859 publicado en Torr. Bot. Mex. Bound. 86. También se encuentra presente el conocido como árbol del hule *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg., otra especie vegetal que produce hule (látex) en cantidades de importancia económica.

Los primeros registros de la utilización del guayule (Figura 2), se remontan a los tiempos de los indios que habitaron al norte de México, quienes utilizaban el látex de la corteza para fabricar las bolas para el juego de pelota. Sin embargo, las propiedades industriales del guayule se expusieron por primera vez en Filadelfia en 1876, a partir de entonces en E.U se dio una gran demanda de este recurso para la fabricación de llantas para automóviles y bicicletas, por lo que se desarrollaron numerosas factorías en los Estados del centro y norte de México, y en el sur de Texas generando importantes núcleos de desarrollo económico regional (Velázquez et al., 1981).



Figura 2. Guayule (*Parthenium argentatum*)

El guayule cubrió casi el 50% de la demanda de hule a E.U. cuando se interrumpió el abastecimiento de *H. brasiliensis* procedente del sureste asiático; la extracción derivaba de plantas silvestres de las faldas de las sierras y llanuras del desierto afecto a las poblaciones naturales, ya que se estima que se produjeron 1330000 toneladas de biomasa del arbusto, afortunadamente fueron establecidos plantíos de guayule de más de 12000 ha sobre todo en el sur de E.U. (Estilai y Waines 1990 citado por Hernández, 2006.).

Pese a esto, después de la Segunda Guerra Mundial (1939- 1945), se perdió el interés por el guayule debido al agotamiento, reemplazando su interés por *H. brasiliensis* además del desarrollo de otras formas de hule sintético que competían con el hule natural (Velázquez et al., 1981). Sin embargo, se ha visto que el látex extraído del guayule es de naturaleza hipoalergénica, ya que *H. brasiliensis* induce reacciones alérgicas de diversos tipos, por lo que es ideal para la fabricación de productos médicos más aun que el guayule actúa como barrera efectiva contra bacterias virus patógenos como el VIH, hepatitis, herpes simple (Hernández, 2006). Además de ser resistente a insectos y hongos, por lo que se usa como barniz para cubrir maderas y retardar su degradación (Wood, 2002). Finalmente, contrario a lo que sucede con *H. brasiliensis*, en donde a través de incisiones en el tronco se colecta el látex, la planta del guayule se cosecha completa, incluyendo sus raíces, las cuales también contienen látex, a los 3 a 5 años de desarrollo.

Por otro lado según la CONABIO (2015b) el guayule es una planta con efectos restauradores como lo son la conservación de suelo, control de la erosión, evita la desertificación además de que mejora la fertilidad del suelo / barbecho. En virtud de todas estas propiedades, esta planta es un excelente recurso potencial. Es posible que el guayule pueda desarrollarse como un cultivar en los ambientes áridos del norte de México y suroeste de E.U.

3.3 *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.

Una especie de arbusto que forma parte del matorral desértico micrófilo es *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt, descrito por primera vez por Pursh Frederick Traugott y posteriormente por Nuttall Thomas, en el año de 1818 publicado en Gen. N. Amer. Pl. Es conocido en el norte de México como chamizo o costilla de vaca (Figura 3).



Figura 3. Chamizo o costilla de vaca (*Atriplex canescens*) en el Desierto Chihuahuense.

Las especies arbustivas de *Atriplex* son importantes en las regiones áridas y semiáridas en todo el mundo, con centros de diversidad en el centro sur Asia, Australia, América del Sur templada, y el oeste Norteamérica. El Occidente de América del Norte es un área de particular alta diversidad genética, con más de 20 principales especies de arbustos y subarbustos, así como innumerables híbridos y variedades. El agotamiento de los Lagos del Pleistoceno aproximadamente hace 10.000 años, abrieron vastas áreas inexploradas de hábitat de sal del desierto. Las especies arbustivas de este género migraron rápidamente en varias direcciones e hibridaron libremente, dando lugar al rico complejo formas en la región que actualmente existen (Meyer, 2015.)

El chamizo es la especie de *Atriplex* más ampliamente distribuida en el Norteamérica y es a menudo un importante componente de las comunidades de pastizales, especialmente en el Desierto Chihuahuense y el oeste de las Grandes Llanuras. Debido a que *A. canescens* produce tejidos con alto contenido de proteína y energía digestible es utilizable por herbívoros de consumo humano, por lo que es extremadamente importante como planta forrajera para el ganado y la fauna silvestre en zonas áridas y semiáridas de regiones en todo el mundo (Goodall, 1982). Es palatable y proporciona una alimentación nutritiva durante todo el año ya que son especialmente importantes en periodos invernales. Por otra parte es además una alternativa a la solución de los problemas más inmediatos del pastizal, debido a que permanece verde durante la época de sequía y además se difunde en suelos salinos, aluviales de depositacion, especialmente aquellos que configuran la bajada y el bolsón (Carrillo et al., 2011)

Una característica importante de la variación intraespecífica en muchas especies de *A. canescenses* es la presencia de serie de razas de cromosomas, es decir, citotipos con diferentes niveles de ploidía (You Hao, 2013). La poliploidía produce cambios estructurales y funcionales significativos en las plantas que aparentemente confieren ventajas adaptativas bajo ciertas circunstancias. Según Stebbins, (1950) en su hipótesis, menciona que los poliploides tienen grandes gamas ecológicas debido a su capacidad para tolerar las gamas más amplias de estrés ambiental. Se ha visto que las diferentes razas de poliploides a menudo muestran enanismo y adaptación a ambientes extremadamente duros (Meyer, 2015).

4. Justificación

Es preponderante el alto potencial que tienen las comunidades arbustivas en el Desierto Chihuahuense como parte de las zonas áridas y semiáridas de México , no solo por que el DC es una de las regiones secas con mayor riqueza de especies del mundo (Granados et al. 2011), sino en gran medida por el alto potencial que tienen las especies arbustivas presentes en él, por un lado, confieren estabilidad estructural a la vegetación del DC y porque contribuyen significativamente a mantener la alta biodiversidad de los ecosistemas semiáridos; por otro lado, son importantes dentro del campo de la botánica económica, debido a su alto poder de explotación por parte de las comunidades insertas en este bioma y porque es bien conocido que a estas especies se les asocia con pastizales, los cuales están ampliamente distribuidos en una superficie calculada en poco más del 50% del territorio nacional y de la cual se estima que su flora está constituida por unas seis mil especies, dentro de las cuales 50% se restringe a nuestro país (Herrera y Rzedowski, 1990). En suma a todo ello, es fundamental dar a conocer ampliamente los aspectos biológicos, ecológicos, fisiológicos, genéticos, económicos, de cultivo, entre otros, de algunas especies arbustivas tales como *Larrea tridentata*, *Parthenium argentatum* y *Atriplex canescens*, que tienen y con ello, parcialmente en el futuro establecer propuestas para su manejo y aprovechamiento sistemático como alternativa para la subsistencia de las comunidades.

5. Objetivos.

Objetivo general.

- ♣ Integrar el conocimiento de tres arbustos del Desierto Chihuahuense, *Larrea tridentata* (gobernadora), *Parthenium argentatum* (guayule) y *Atriplex canescen* (costilla de vaca), a partir del desarrollo de una descripción monográfica de cada especie.

Objetivos particulares.

- ♣ Caracterización biológica (botánica, taxonómica, genética, fitogeográfica , fisiológica, ecológica.) de los tres arbustos, *Larrea tridentata*, *Parthenium argentatum* y *Atriplex canescens*.
- ♣ Reconocer las áreas de establecimiento de las especies *Larrea tridentata*, *Parthenium argentatum* y *Atriplex canescens* dentro del DC.
- ♣ Identificar los usos potenciales y propiedades de *Larrea tridentata*, *Parthenium argentatum* y *Atriplex canescens*.
- ♣ Obtención de información de campo sobre aspectos ecológicos de algunos sitios donde abunden las especies (suelo, vegetación acompañante, abundancia, fisiografía).

6. Área de estudio

Desierto Chihuahuense

El DC es una de las áreas silvestres con clima árido, con la más alta diversidad biológica en el mundo (Mittermeier y Goettsch, 1992). De hecho, por su rica biodiversidad y numerosas especies endémicas de plantas y animales se le considera una de las tres ecorregiones desérticas más importantes del mundo (Hernández, 2006).

Ubicación

El DC se extiende desde los 35° latitud norte, hacia el sur a través del trópico de cáncer hasta 22 ° latitud norte, los límites longitudinales se colocan aproximadamente en el meridiano 101 en el extremo este y en el meridiano 108 en el oeste. Abarca un área de 630 000 km², del sur de los Estados Unidos hasta el centro de México, en Estados Unidos comprende los estados de Texas y Nuevo México. En nuestro país se extiende por los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, una pequeña parte de Sonora, Tamaulipas, Aguascalientes, Jalisco, Hidalgo y Querétaro, además existe una barrera natural con componentes bióticos significativos que se extienden desde el sureste de Arizona al extremo noreste de Sonora y otro que da lugar a las comunidades en los estados de Aguascalientes, Hidalgo y Querétaro.

Recientemente se propuso la existencia de tres sub regiones en el DC (Figura 4), (Hernández et al., 2008; citado por Granados et al. (2011) con base en la amplitud de distribución de especies de cactáceas endémicas:

1. **PRINCIPAL:** Constituida por extensas planicies áridas y semiáridas entremezcladas con áreas no desérticas (montañas aisladas), donde las asociaciones xerofíticas se entremezclan con tipos de vegetación más méxicos. Las áreas de transición dominadas por pastizales y bosques de pino-encino-enebro, localizadas en las partes bajas de la SMO, se consideran parte de esta subregión.
2. **MERIDIONAL:** Constituida por varias depresiones y valles secos aislados, ha sido denominada como la zona árida Queretana-Hidalguesa (Barranca de Metztitlán, Valle del Mezquital, Valle de Actopan, en Hidalgo, y Río Extóraz, en Querétaro), pero se extiende a las porciones secas del estado de Guanajuato (Xichú y Atarjea) y una pequeña porción en el extremo sur de San Luis Potosí.

3. **ORIENTAL:** Incluye los valles y cañones intermontanos localizados dentro de la SMO (valles de Rayones, Jaumave y Aramberri) que constituyen los límites de distribución de varias especies endémicas de la familia Cactaceae, y el extremo sureste de la subregión principal.



Figura 4. México, TX= Texas, Chih= Chihuahua, Coah= Coahuila, NL= Nuevo León, Tamps= Tamaulipas, Dgo= Durango, Zac= Zacatecas, SLP= San Luis Potosí, Gto= Guanajuato, Qro= Querétaro, Hgo=Hidalgo tomado de Granados et al. (2011).

Si marcamos una diagonal desde el extremo noreste del desierto en Albuquerque, Nuevo México, al extremo sureste en San Luis Potosí, esta línea se extiende por 1700 km (Bernabé, 2000. Mencionado por Granados et al. (2012). La parte más ancha del desierto se encuentra en los Estados Unidos y constituye una franja de 500 km, además con la adición de la barrera natural se tendrían otros 200 km. Gran parte de la zona sur mantiene un promedio de 300 km de anchura (Morafka, 1977 mencionado por Granados et al., 2012).

Topografía

La topografía desempeña un papel importante en la distribución de la vegetación, y al conjugarse con la aridez, distingue, de manera significativa, los hábitats y, por ende, influye en la distribución, no sólo de las especies sino de las comunidades vegetales (Figura 5).

La topografía del DC cuenta con un panorama cárstico, un plano de calizas ahora empobrecido de agua, desprovisto de canales de corrientes estables, lagos, drenaje externo; pero dotado más bien de cavernas, manantiales, bloques de montañas, bolsones, mesas, dunas, y lagos efímeros, drenaje interno. Los macizos montañosos, cuando están colocados de frente a los vientos cargados de humedad, la retienen o desvían en las laderas orientadas a barlovento, creando condiciones de aridez a sotavento. Otro efecto de la topografía es la modificación de la temperatura por las diferencias en el gradiente térmico (INECC, 2015).

Fisionómicamente el DC es una meseta entre dos macizos montañosos de México, la SMO y la SMOc, ambas con elevaciones superiores a las 3000 y hasta 4000 msnm, que sirven de barrera contra las masas de aire, y evitan la erosión hacia los océanos ocasionada por drenaje. Esta meseta inclinada ascendente a lo largo del extremo sur y la periferia del extremo norte y que decae en la zona continental entre el drenaje del Río Grande en Nuevo México, Estados Unidos, y en la planicie costera del norte de América. El drenaje del Río Grande ha disminuido los bolsones anteriores del nordeste del desierto hasta una elevación de 500 msnm. La mayor parte de la zona noreste y central alcanza una altura entre los 1000 msnm y cercana a los 1500 msnm. Al sur del bolsón de Parras del sureste de Coahuila el ascenso desde los pisos del valle alcanza una elevación que va de los 1 500 a 1 800 msnm.

La mayor parte del desierto está encapsulada por pendientes de mayor altura y cordilleras raramente delimitadas por una elevación inferior mínima. Sin embargo, a lo largo del extremo este de la SMO y su zona plegada derivada en Coahuila produce hondadas desde la meseta central hasta la planicie del Golfo de México en Tamaulipas. Los cerros dentro del desierto generalmente alcanzan altitudes que van desde los 500 a los 1000 msnm, llegando a formar parte de cordilleras que van desde los 2000 a los 3000 m. Esta meseta de la región árida se designa como la meseta norte o Altiplanicie Septentrional, que abarca cerca de 2500 km desde la disyunción que emerge con las montañas rocosas del norte de Texas, Arizona y Nuevo México y en el extremo sur del Istmo de Tehuantepec.

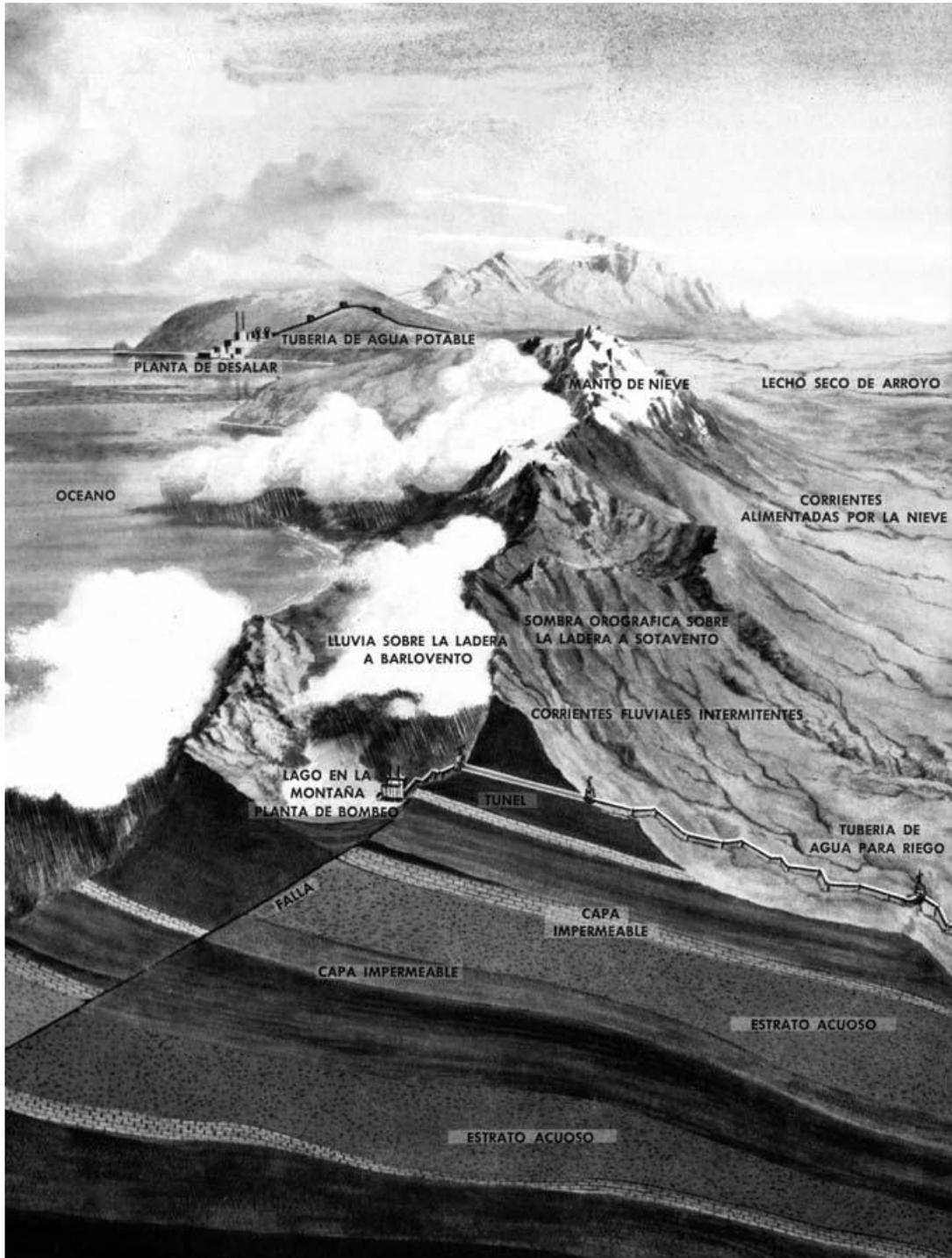


Figura 5. Topografía típica del desierto tomado del (INECC, 2015).

Hidrología

La hidrología actual del DC es una continuación de patrones establecidos probablemente en el periodo terciario tardío y modificado recientemente por perturbaciones regionales en el volumen de agua en los cauces (Bernabé, 2000. citado por Granados et al., 2012). Existen tres grandes regiones hidrológicas, la unidad más hacia el norte es la barrera natural Cochise, es el único componente de Chihuahua en la parte oeste y drena en el Golfo de California.

El drenaje local en estas regiones, también incluye cuencas cerradas que alimentan lagos efímeros locales y planicies alcalinas. La región Trans-pecos contiene un sistema hidrológico centrado en el cauce del Río Bravo, este río dominante recorre el noreste de la República hacia el Golfo de México, primero a través del DC y finalmente la planicie costera del golfo hasta desembocar al mar, este tiene su origen a 400 msnm, en las montañas de Colorado. El cauce de este río es continuo y drena una cuenca de 472 000 km² y tiene una descarga anual de 1 213 511 000 m³.

En la altiplanicie mexicana y la costa del Golfo, de julio a septiembre el Río Conchos es el tributario más importante del Río Bravo. Es alimentado por la Sierra Madre Occidental incluyendo escurrimientos de primavera y verano que aportan un 18 % de la descarga total del Río Bravo. El Bolsón de Mapimí es esencialmente un sistema de drenaje interno en la parte central del desierto. El drenaje externo se confina hacia la periferia este en el Río Salado y Sabinas y ahora incluye el canal que drena la cuenca de Cuatro Ciénegas. Los otros drenajes internos del Bolsón de Mapimí, son “las Palomas”, encontrados alrededor de la playa salina, en “la Laguna del Rey”, al sureste de Coahuila y la cuenca de Cuatro Ciénegas. Al sur de la región hay tierras residuales de origen clástico referentes al salado. Excepto por los arroyos periféricos de los cauces Cruces y San Alto del Río Aguanaval (West, 1964. Mencionado por Granados et al., 2012).

Clima

Según los criterios geográfico-climáticos de Holdrige (1967) el desierto de Chihuahua cuenta con desierto matorral xerófilo, cálido de transición templada a tropical. Según la clasificación de Köppen (1948) corresponde a un desierto cálido, tiene un clima cálido con una estación seca de invierno; y con esta misma clasificación se encuentra un clima Cf y Cw, en los bosques caducifolios; los climas varían desde Cw, Bs, BSkw, en las zonas de pastizal; hasta los Bw en

la región de Matehuala. Y de acuerdo con Thornthwaite (1931) presenta un clima templado muy seco e invierno medio.

El DC se encuentra esencialmente en la misma posición climática como geográfica bordeando entre la región tropical y templada. El promedio anual de temperaturas es de 18.6° C con un promedio de estación que va desde 14 a 23° C aproximadamente. Solo pocas estaciones han registrado temperaturas extremas superiores a 50° C y menores a -15° C. Aún las temperaturas son consideradas similares en toda la zona, las temperaturas anuales y mensuales más altas, así como las estaciones más largas, libres de heladas se presentan en las localidades más bajas, tanto en altura como en latitud. La precipitación pluvial va de los 70 a 500 mm de las cuales el 70 u 80 % caen de mediados de junio a mediados de septiembre (García, 1986. Mencionado por Granados et al., 2012).

Geología y Edafología

La historia geomórfica data, para el mayor bloque montañoso, del Terciario medio y está formado especialmente por riolita y andesita. En general, el DC está dominado por procesos de calcificación. Los sirozem del desierto se hallan localmente completados por suelos halomórficos que están caracterizados por los suelos solonchac, solonetz y soloth en orden progresivo de acuerdo al grado de lixiviación de sales.

En el resto de la superficie del desierto se presentan los suelos azonales. En esta categoría los suelos aluviales tienen como principales agregados, compuestos de grava provenientes de abanicos y bajadas de las cuencas y bolsones desérticos. Los regosoles están representados por estructuras formadas por el viento llamadas dunas de arena constituidas por materiales de sílice o yeso, encontradas en dos terceras partes del norte del desierto. Los litosoles están confinados a afloramientos de material extrusivo volcánico, y a pendientes expuestas de estepa donde la gravedad y el clima inhiben la formación de suelos maduros y profundos.

En términos generales, puede decirse que en las zonas áridas y semiáridas de México los suelos pueden agruparse como litosoles en fases petrocálcicas, yermosoles, xerosoles y, por último, solonchac (Flores, 1974 citado por INECC, 2015).

Vegetación

Las formas de vida características del DC son las arbustivas y subarbustiva, las formas arbóreas generalmente son escasas y están confinados a la cercanía de fuentes de agua o pendientes rocosas, las especies de tallos suculentos son abundantes pero no conspicuas. No hay especies herbáceas invernales, ni germinación, ni floración en el invierno, aunque muchas plantas conservan completa o parcialmente sus hojas durante los meses fríos del invierno.

Las familias Fabaceae y Asteraceae son las más ricas en especies. Desde la región de las dunas en el norte de Chihuahua hacia el oriente en el Río Conchos, hay un paisaje uniforme y monótono de *Larrea tridentata*, a veces codominado por *Flourensia cernua* y *Acacia neovernicosa* con presencia de arboles bajos de *Prosopis glandulosa* var. *terreyana* (mezquite) y de la especie sin hojas y tallo verde *Koeberlinia spinosa*. A lo largo de los pequeños arroyuelos se observa un ligero incremento en la densidad de especies de *Acacia berlandieri*, *Prosopis glandulosa* y *Condalia warnockii* pero ningún incremento significativo en su altura.

En los escurrimientos temporales que forman arroyos más grandes, se presentan también especies más grandes de *Prosopis glandulosa*, *Acacia constricta*, *Berberis trifoliata*, *Celtis pallida*, *Chilopsis linearis*, *Porlieria angustifolia* y *Rhus choriophylla*. Al oriente del Río Conchos, los pastizales ocupan un área en gradiente hacia las serranías y pequeñas montañas; la altitud de las planicies intermontanas alcanza los 1 500 msnm, en estas zonas se da de manera irregular los pastizales y matorrales de encino. En el norte de Chihuahua hay planicies extensas cubiertas por pastizales donde domina la especie perenne *Hilaria mutica*, que se desarrolla en matas contiguas o cerradas y en el suelo profundo y fino de las cuencas cerradas (bolsones), en los cuales el drenaje es insuficiente para el desarrollo de un lago seco alcalino. Los llanos son registrados como pastizales de desierto edáfico y no parte de la formación del pastizal climático de las grandes planicies.

Alrededor de los llanos se encuentran invariablemente muchas pendientes de escurrimiento, cubiertas con especies típicas del desierto como *Acacia neovernicosa* y *Larrea tridentata*, además de numerosas cactáceas.

Las áreas de rocas calizas, escarpadas, redondeadas o irregulares, en el norte de Coahuila soportan especies de *Fouquereira splendens*, *Agave lechugilla*, *Yucca* spp. y *Hechtia* spp., junto con *Euphorbia antisiphilitica* y *Jatropha dioica*.

En la altiplanicie sur de Coahuila, hay una importante demarcación biológica formada por una serie de montañas orientadas de este a oeste, incluyendo la Sierra de Parras y la Sierra Jimulco.

En las zona más árida, que se encuentran al sureste del desierto Chihuahuense, en el norte de San Luis Potosí, la precipitación anual es de sólo 200 mm. En la región conocida como Valle del Salado, se presentan cuencas sin drenaje de salida y como consecuencia los suelos son muy alcalinos o presentan alto contenido de yeso. La mayor parte de la superficie está cubierta con matorrales de *Larrea tridentata*, en ocasiones codominada con *Flourensia cernua* en los sitios más húmedos. Los sitios con alto contenido de yeso están ocupados por *Prosopis glandulosa* y *Atriplex canescens*.

La orientación de las montañas es muy importante: en algunas el lado sur de la cumbre posee vegetación boscosa; mientras que otras, situadas a sólo cientos de metros de distancia, en el lado norte poseen bosques.

Endemismos

Se considera que el DC posee el más rico ensamblaje de especies de Cactaceae en el mundo, con un total aproximado de 324 especies, más cinco híbridos, distribuidos en 39 géneros. El número de endemismos es notable, con 17 géneros (43.6 % del total) y 229 especies de cactáceas (69.8 % del total), restringidos geográficamente a la región (Hernández et al., 2004). Son numerosas las plantas que tienen importancia o potencial económico, como el guayule, la candelilla, los izotes y la lechuguilla, entre otros (Rzedowski, 1978; Marroquín et al., 1981; García y Flores, 1996).

Asociaciones vegetales

Con respecto a la vegetación del DC, Rzedowski (1965, 1978) reconoce tres tipos básicos: matorral desértico micrófilo (MDM) de suelos de aluvión, matorral desértico rosetófilo (MDR) en rocas calizas y terrenos de buen drenaje y matorral desértico crassicaule (MDC) ligado a rocas y suelos de naturaleza ígnea. El mismo autor definió el MDM como matorral desértico aluvial.

En Granados et al. (2011), Shreve (1942) lo define como microphyllous desert y Leopold (1950) como creosote bush. Gentry (1957) lo calificó como matorral desértico de Chihuahua. Así mismo, a pesar de las drásticas condiciones ambientales, en el DC existe un mosaico muy variado de asociaciones vegetales tales como: matorral desértico micrófilo, matorral desértico

rosetófilo, matorral desértico crassicaule, encinares, pastizales, vegetación riparia y bosques de pino piñonero, entre otras (Rzedowski, 1978). En este trabajo, solo se describirán solo las asociaciones vegetales donde existe la presencia de alguna de las especies estudiadas.

☞ **Matorral Desértico Micrófilo**

Se encuentra en las dilatadas llanuras áridas del norte de México, en los valles, donde los suelos son de textura fina, de profundos a relativamente profundos, y presentan una capa de rocas (Rzedowski, 1978). El MDM se caracteriza por la dominancia de especies arbustivas de hojas pequeñas, no siempre espinosas y por plantas crasas, efímeras, que crecen a lo largo de abanicos aluviales, planicies, bajadas, valles y lomeríos suaves.

Según Granados et al. (2011), este tipo de asociación está dominado por la gobernadora *Larrea tridentata* y el hojazón *Flourensia cernua*. Los matorrales de *Larrea tridentata* son siempre verdes, aunque el color del follaje se vuelve amarillento durante la época de mayor sequía. Existen también otras especies asociadas a este matorral; destacan el ocotillo: *Fouquieria splendens*, *Flourensia cernua*, *Zinnia acerosa*, arbustos bajos: *Parthenium incanum*, *Jatropha dioica*, *Koeberlinia spinosa* y arbustos espinosos: *Prosopis glandulosa*, *Mimosa biuncifera*, *Mimosa zygophylla*, *Zexmenia gnaphalioides*, *Zinnia pumila*, *Acacia berlandieri*, *Acacia rigidula*, *Acacia farnesiana*, *Acacia tortuosa*, *Acacia wrightii*, *Forestiera angustifolia*, *Cordia boissieri*, *Eysenhardtia polystachia*, *Leucophyllum texanum*, *Cercidium macrum*, *Diospyros texana*, *Caesalpinia mexicana*, *Cassia spectabilis*, *Condalia lycioides*, *Condalia hookeri*, *Neopringlea angustifolia*, *Zanthoxylum fagara*, *Castela texana*, *Forestiera angustifoliai*, *Celtis pallida*, *Karwinskia humboldtiana*, *Scahefferia cuneifofinelia*, *Eysenhardtia plystachya*, *Helietta parvifolia*, *Porlieria angustifolia* (Rzedowski, 1965, 1978; Marroquín et al., 1981). Así como *Agave scabra*, *Agave lechuguilla*, *Dalea bicolor*, *Dyssodia greggi*, *Dyssodia setifolia*, *Euphorbia thynifolia*, *Ambrosia camphorata*, *Verbesina encelioides*, *Viguiera linearis*, *Yuca carnerosana*, *Yuca filifera*, *Zuluzania robinsonii*, *Zinnia acerosa*, *Zinnia juniperifolia*.

Además menciona que la riqueza y abundancia de cactáceas es alta; destacan, entre otras: *Ariocarpus agavoides*, *A. retusus*, *A. fissuratus*, *A. furfuraceus*, *A. bravoanus*, *A. kotschoubeyanus*, *Astrophytum capricorne*, *A. myrostigma*, *A. ornatum*, *Coryphanta radians*, *C. glanduligera*, *C. speciosa*, *C. palmeri*, *C. poselgeriana*, *C. wohlschlageri*, *Cylindropuntia imbricata*, *C. leptocaulis*, *C. tunicata*, *Echinocactus horizontalonius*, *E. parryi*, *E. platyacanthus*, *Echinocereus conglomeratus*, *C. enneacanthus*, *E. dubius*, *E. nivusos*, *E. pectinatus*, *E.*

pulchellus, *E. posegeri*, *E. salm-dyckianus*, *E. stramineus*, *E. subinermis*, *E. viridiflorus*, *E. waldeisii*, *Echinomastus macdowellii*, *E. unguispinus*, *Epithelanta bokei*, *E. micromires*, *Escobaria dasyacantha*, *E. henricksonii*, *E. laredoi*, *Ferocactus hamatacanthus*, *F. histrix*, *F. pilosus*, *F. stainesi*, *F. uncinatus*, *F. wislizeni*, *Hamatocactus uncinatus*, *Leuchtenbergia principis*, *Lophophora diffusa*, *L. williamsii*, *Mammillaria aurighamata*, *M. bocasana*, *M. candida*, *M. gummifera*, *M. hahniana*, *M. lenta*, *M. longiflora*, *M. luethyi*, *M. microcarpa*, *M. pilispina*, *M. plumosa*, *M. pottsii*, *M. saboae*, *M. schiedeana*, *M. tezontle*, *Opuntia cantabrigiensis*, *O. rastrera*, *O. microdasys*, *Pelecyphora aselliformis*, *Peniocereus greggii*, *Stenocactus coptonogonus*, *Thelocactus leucacantus*, *T. tulensis*, *Turbincarpus beguinii*, *T. bonatzii*, *T. mandrágora* y *T. valdezianus* (Pizzetti, 1986; Ugalde et al., 2008; Arredondo y Sotomayor, 2009; citados por Granados et al., 2011). Debido a que la gobernadora cubre gran área con variaciones edáficas y climáticas notables, se sabe que la composición florística varía de una región a otra. En Chihuahua la vegetación acompañante está constituida por *Acacia berlandieri*, *Fouquieria splendens*, *Jatropha dioica*, *Prosopis glandulosa* y *Zinnia acerosa*.

Conforme el MDM se aproxima a la SMO aumentan las especies de gramíneas y se define más la franja de pastizales, por lo que Pastizal de navajita se encuentra frecuentemente mezclado con el MDM de gobernadora (Miranda y Hernández, 1963; Rzedowski, 1965, 1978; citados por Granados et al., 2011). En este encontramos a Las principales gramíneas son el zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), el zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*), la navajita morada (*Bouteloua eriopeda*) y el zacate tres barbas (*Aristida* spp.) y *Sporobolus* sp. En las laderas se encuentra *Larrea tridentata* asociada con: *Coldenia* sp., *Dasyllirion* spp., *Echinocactus* sp., *Euphorbia antisyphilitica*, *Mimosa* sp., *Opuntia rastrera*, *Opuntia microdasys*, *Parthenium argentatum*, *Parthenium incanum*, *Yucca carnerosana*. En San Luis Potosí, el 38 % de la superficie está cubierto por MDM (Rzedowski, 1991), en esta región y áreas adyacentes de Zacatecas y Nuevo León la estatura del estrato arbustivo es uniforme, encontramos intercaladas junto con el MDM a *Yucca filífera* y *Yucca carnerosana* y al MDC de *Opuntia streptacantha* y *Opuntia leucotricha*, en estas llanuras salobres predominan gramíneas como: *Sporobolus airoides* y *Bouteloua curtipendula*. Los ecotonos se aprecian entre el matorral desértico micrófilo y el crasicaule en San Luis Potosí y Zacatecas, así como entre el matorral desértico micrófilo y el matorral rosetófilo en las colinas de las serranías calizas más hacia el norte. Los mezquiales de las llanuras no incluyen a *Larrea tridentata* en abundancia (Vega, 2012).

☞ Matorral Desértico Rosetófilo

En el centro del DC este matorral se desarrolla con mayor vigorosidad en los taludes y laderas escarpadas de la Sierra y se caracteriza por la abundancia de individuos de especies con hojas gruesas y alargadas, a veces espinosas: *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Dasyilirion palmeri* (sotol) o bien inermes pero fibrosas: *Yucca carnerosana* (palma) dispuestas en roseta. Estos géneros incluyen especies de porte arbustivo, con tallo bien desarrollado, o bien con hojas basilares, es decir, casi a nivel de suelo.

Masas densas de lechuguilla, sotol y palma cubren los lomeríos y serranías calizas, ya sea que se mezclen con otras especies o en manchones casi puros. En este caso la vegetación se define como lechuguillales o izotales y/o guapillales. Muchas especies de hábitat saxícolas y litófilas acompañan a las especies dominantes; la candelilla *Euphorbia antisyphilitica* es una de las especies de mayor importancia (Marroquín et al., 1981). El matorral rosetófilo de *Agave lechuguilla* se localiza en las partes bajas de las sierras y hasta una altitud aproximada de 1,400 m; las especies típicas son: *Agave lechuguilla*, *A. striata*, *A. asperrima*, *Buddleja marrubifolia*, *Dasyilirion cedrosanum*, *D. palmeri*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Fouquieria splendens*, *Hechtia glomerata*, *Jatropha dioica*, *Nolina parviflora*, *Opuntia stenopetala*, *Parthenium argentatum*, *Yucca carnerosana* y *rigida*.

En Coahuila, sur de Zacatecas y norte de San Luis Potosí las especies con presencia más constante son: *Agave asperrima*, *A. lechuguilla*, *A. striata*, *Aloysia lycioides*, *Aristida adscensionis*, *Buddleja marrubiifolia*, *Bouteloua aristidoides*, *B. curtipendula*, *B. gracilis*, *B. hirsuta*, *B. radicata*, *B. trifida*, *Goldenia canescens*, *G. greggii*, *G. purpusii*, *Dalea nana*, *D. tuberculata*, *Dasyilirion cedrosanum*, *Echinocactus platyacanthus*, *E. horizonthalonius*, *Echinocereus conglomeratus*, *E. pectinatus*, *Ephedra aspera*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Ferocactus pilosus*, *Fouquieria splendens*, *Gochnatia hypoleuca*, *Gymnosperma glutinosum*, *Haplopappus spinulosus*, *Hechtia glomerata*, *Heliotropium angustifolium*, *Jatropha dioica*, *Lycium berlandieri*, *Mentha piperita*, *Neolloydia conoidea*, *Nolina erumpens*, *Notholaena sinuata*, *Opuntia cantabrigiensis*, *O. microdasys*, *O. stenopetala*, *Cylindropuntia tunicata*, *Parthenium argentatum*, *P. incanum*, *Verbesina neomexicana*, *Viguiera stenoloba*, *Yucca carnerosana*, *Y. filifera*, *Y. rigida*, *Y. thompsoniana*, *Y. treculeana*, *Zaluzania triloba* y *Zinnia pumila*. La abundancia de arbustos es notoria en estas áreas como: *Acacia roemeriana*, *A.*

constricta, *A. neovernicosa*, *A. texensis*, *Jatropha dioica*, *Rhus lanceolata*, *R. trilobata*, *Mimosa boreales*, *Robinia neomexicana*, *Erodium texanum*, *Ungradia speciosa*, *Limonium limbatum*, *Berberos repens*, *Berberis trifoliolata*, *Erysimum capitatum*, *Prosopis pubescens*, *Zinnia acerosa*, *Ziziphus obtusifolia*, *Dalea wrightii*, *Hoffmanseggia glauca*, *Brickellia laciniata*, *Guaiacum angustifolium*. (Guzmán y Vela, 1959; Miranda y Hernández, 1963; Rzedowski, 1965; Marroquín et al., 1981; Granados y Sánchez, 2003; citados por Granados et al., 2011).

En el MCR dominado de *Yucca carnerosana*, que se encuentra en manchones dispersos desde Chihuahua hasta San Luis Potosí, predominan especies con hojas arregladas en forma de roseta. Entre las especies dominantes de estos matorrales se encuentran: *Yucca carnerosana*, *Agave lechuguilla*, *A. striata* y *Hechtia glomerata*, *Euphorbia antispyllitica*, *Parthenium argentatum*, *Parthenium incanum*, *Coldenia conescens*, *Condalia mexicana*, *Convania plicata*, *Croton dioicus*, *Cryptiantha albida*, *Dalea tuberculata*, *Dyssodia setifolia*, *Echinocactus platyacanthus*, *Echinocereus pectinatus*, *Ephedra aspera*, *Ferocactus pilosus*, *Gochnatia hypoleuca*, *Gymnosperma glutinosum*, *Hechtia glomerata*, *Hesperaloe funifera*, *Jatropha dioica*, *Karwinskia mollis*, *Krameria cytisoides*, *Larrea tridentata*, *Lindleyella mespiloides*, *Loeselia cacrulea*, *Leptochloa dubia*, *Lophophora williamsii*, *Mandevilla karwinskii*, *Maytenus phyllanthoides*, *Mimosa zygophylla*, *Muhlenbergia monticola*, *Muhlenbergia rigida*, *Neopringlea integrifolia*, *Opuntia microdasys*, *Opuntia stenopetala*, *Cylindropuntia tunicata*, *Portlandia mexicana*, *Salvia ballotacflora*, *Setaria geniculata*, *Sophora secundiflora*, *Stipa emuneus*, *Suaeda fruticosa*, *Trudens pulchellus*, *Tridens grandiflorus*, *Turnera difusa*, *Viguiera stenoloba*, *Zaluzania triloba*.

☞ **Izotal**

Es una asociación dominada por el género *Yucca* (izote o palma), común en suelos profundos o calichosos, a lo largo de abanicos aluviales, donde forman masas densas. Sobresalen los izotales de *Yucca filifera*, *Yucca carnerosana* y *Yucca rigida*. El suelo es somero (+/- 30 cm), con alto porcentaje de pedregosidad. La altitud varía de 1,500 a 1,800 m y la precipitación de 200 a 400 mm anuales. Las especies arbustivas características son: *Agave lechuguilla*, *A. striata*, *A. parry*, *Ferocactus pilosus*, *Hechtia glomerata*, *Jatropha dioica*, *Larrea tridentata*, *Parthenium argentatum*, *Thelocactus comothelos* y *T. fossulatus* (Rzedowski, 1965, 1978; citados por Granados et al., 2011).

☞ Pastizal y vegetación halófito

Se localiza en cuencas aisladas con drenaje interno, donde se propicia la acumulación de sedimentos salinos formando una serie de valles o lagunas temporales y sobre suelos con altos contenidos de sales solubles. En condiciones alcalinas se presenta sobre todo en playas o en lagos secos. Entre las halófilas se encuentran fundamentalmente especies herbáceas y en mucho menor grado arbustivas, en el paisaje dominan *Acacia greggi*, *Allenrolfea occidentalis*, *Atriplex acanthocarpa*, *A. canescens*, *Clappia suaedaefolia*, *Cynodon dactylon*, el zacate salado *Distichlis spicata*, *Lycium berlandieri*, el mezquite *Prosopis glandulosa*, la rodadora *Salsola iberica*, el saladillo *Sesuvium verrucosum*, los macollos del zacatón alcalino *Sporobolus airoides* y el saladillo *Suaeda mexicana* (Granados et al., 2011).

7. Material y Métodos

Trabajo de campo

Para el conocimiento del hábitat de cada una de las especies respectivamente, se hizo un recorrido de una semana por diversas localidades dentro del DC (Figura 6), donde destacaron los municipios de Catorce en San Luis Potosí por la abundancia de *Larrea tridentata*, Vanegas en San Luis Potosí por la presencia de *Atriplex canescens* y el municipio de Mazapil en Zacatecas donde se observaron arbustos de *Parthenium argentatum*. En estos sitios se tomaron muestras de suelo, se observó la vegetación acompañante y la abundancia de las mismas.

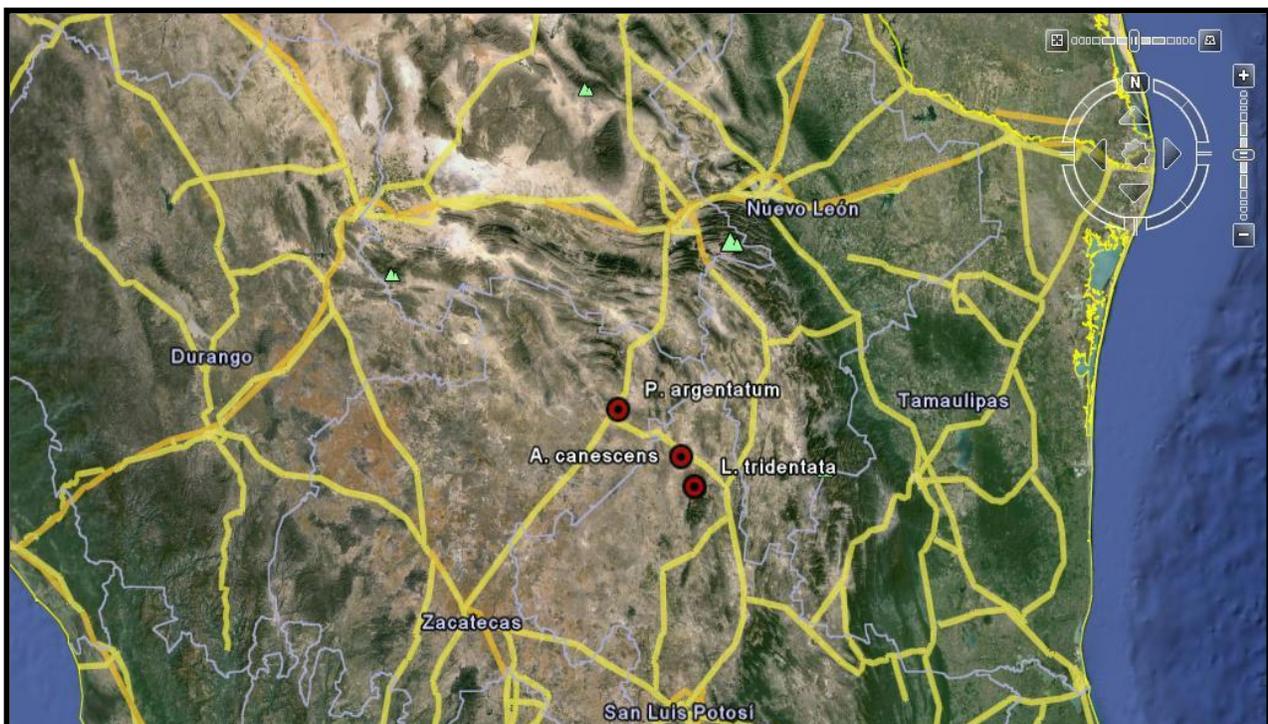


Figura 6. Mapa de localidades donde se encontraron especies dentro del Desierto Chihuahuense.

Se obtuvo información sobre el uso y las propiedades de cada una de las especies, a partir de pláticas con los habitantes de los municipios de Catorce y Vanegas, en San Luis Potosí y Mazapil, en Zacatecas respectivamente. Estas personas fueron contactadas por el Dr. Granados como parte de la práctica de Botánica económica de la Universidad Autónoma de Chapingo. En campo, fueron observados aspectos ecológicos de las especies, con el fin de justificar y demostrar la presencia de las mismas dentro de los lugares de caracterización, se tomaron algunas fotografías para complementar la investigación.

Trabajo de gabinete

Para la caracterización de cada planta, se realizó una revisión bibliográfica de diversas fuentes de tipo primarias, secundarias y terciarias (Lamanna, 2005), sobre el Desierto Chihuahuense. Además, se revisó la información disponible en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), así como, la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA). Se hizo la consulta de diferentes agentes especialistas de Centros de Investigación como la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Finalmente, se desarrollo un temario monográfico con la información obtenida, considerando el siguiente orden para cada una de las especies:

- Introducción
- Caracterización botánica y sistemática.
- Aspectos genéticos.
- Aspectos fitogeográficos.
- Aspectos ecológicos.
- Aspectos fisiológicos.
- Aspectos agronómicos y forestales.
- Aspectos de botánica económica de cada especie.
- Aspectos culturales y etnobotánica.
- Problemas y perspectivas.

Para poder describir todos estos aspectos se analizó en conjunto y ordeno toda la información obtenida con la de campo.

8. Resultados

Se describen a continuación las características generales de los Municipios (INEGI, 2009) en donde se encontraron las especies.

Áreas de establecimiento (Municipios)

Caracterización General

✧ Catorce, San Luis Potosí.

Se localiza entre los paralelos 23° 56' y 23° 22' de latitud norte; los meridianos 100° 48' y 101° 21' de longitud oeste; altitud entre 1 700 y 3 200 m. Colinda al norte con el estado de Zacatecas y el municipio de Vanegas; al este con los municipios de Vanegas, Cedral, Villa de la Paz, Villa de Guadalupe y Charcas; al sur con el municipio de Charcas; al oeste con los municipios de Charcas, Santo Domingo y el estado de Zacatecas. Ocupa el 3.2% de la superficie del estado. Cuenta con 151 localidades y una población total de 9 159 habitantes. Su Provincia es Mesa del centro (54.6%) y Sierra Madre Oriental (45.4%). Las subprovincia son Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande (54.6%) y Sierras y Llanuras occidentales (45.4%).

La temperatura va de 10-20°C, la precipitación 300-700 mm y el clima es seco templado (76.8%), semiseco templado (10.2%), templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (10.8%), seco semicálido (1.8%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (0.4%) respectivamente. Su geología denota el periodo Cuaternario (61.3%), Cretácico (20.6%), Neógeno (13.1%), Triásico (3.4%), y Jurásico (1.4%). El tipo de roca es ígnea intrusiva: diorita (0.02%) Ígnea extrusiva: basalto (2%) Sedimentaria: caliza (20.5%), conglomerado (13.1%), lutita-arenisca (3.4%) y calizalutita (1.4%) Suelo: aluvial (59.4%). Los sitios de interés son mina de plomo y fosforita. Los tipos de suelo son Calcisol (49.3%), Leptosol (27.4%), Kastañozem (19.8%) y Regosol (3.4%).

Su región hidrológica es El Salado (100%). La Cuenca es Matehuala (90.8%) y Sierra de Rodríguez (9.2%), La Subcuenca es Catorce (81.6%), San Tiburcio (9.2%) y Matehuala (9.2%). Las corrientes de agua intermitentes son arroyo de las Ánimas, Matanzas, La Estrella y

Milpita y los cuerpos de agua Intermitentes (2.1%) son: La Rastrera, Tanque El Carpintero, Tanque El Platón y Tanque Nuevo. El uso del suelo es para la agricultura (9.3%) y zona urbana (0.1%). El tipo de vegetación de la zona es matorral (79.8%), otro (6.2%), pastizal (2.6%) y bosque (2%) respectivamente.

✧ **Vanegas, San Luis Potosí.**

Se localiza entre los paralelos 24° 30' y 23° 46' de latitud norte; los meridianos 100° 35' y 101° 13' de longitud oeste; altitud entre 1 600 y 2 600 m. Colinda al norte con los estados de Zacatecas y Nuevo León; al este con el estado de Nuevo León y el municipio de Cedral; al sur con los municipios de Cedral y Catorce; al oeste con el municipio de Catorce y el estado de Zacatecas. Ocupa el 4.6% de la superficie del estado y cuenta con 81 localidades, con una población total de 7 098 habitantes. Su provincia es la Sierra Madre Oriental (76%) y Mesa del Centro (24%), la subprovincia la componen sierras y llanuras Occidentales (62.7%), sierras y lomeríos de Aldama y Río Grande (24%) y Sierras Transversales (13.3%).

El rango de temperatura va de 12-20°C, el rango de precipitación está entre 200-600 mm y los tipos de clima son seco semicálido (38.1%), seco templado (46.6%), muy seco semicálido (10%) y semiseco templado (5.3%). Respecto a su geología, los periodos son Cuaternario (73.5%), Cretácico (16.7%), Paleógeno (4.5%), Neógeno (3.7%) y Jurásico (1.5%), el tipo de roca es ígnea extrusiva: basalto (0.4%); sedimentaria: caliza (15.6%), conglomerado (8.8%), caliza-lutita (1.9%) y lutita-arenisca (0.8%). El suelo es de tipo aluvial (72.4%). Existe una mina de plata en el sitio. Los tipos de suelo dominantes son: calcisol (48%), solonchak (19.6%), leptosol (18.4%), phaeozem (8.9%), gypsisol (3%), regosol (1.9%) y kastañozem (0.1%).

La región hidrológica es el Salado (100%), la cuenca compuesta por: Matehuala (91.7%), Sierra de Rodríguez (7.9%) y Sierra Madre Oriental (0.4%), la subcuenca por Huertecillas (58.9%), Catorce (27.5%), San Tiburcio (7.9%), Matehuala (5.3%) y Santa Ana (0.4%), Las corrientes de agua intermitentes son El Mezquital. Los cuerpos de agua intermitentes (0.1%) son: El Coyote y El Rincón. El uso del suelo corresponde a la agricultura (5.4%) y zona urbana (0.1%), y el tipo de vegetación predominante es matorral (77.8%), pastizal (9.9%) otro (6.7%) y bosque (0.2%).

✧ Mazapil, Zacatecas.

Se ubica entre los paralelos 23° 41' y 25° 04' de latitud norte; los meridianos 101° 11' y 102° 41' de longitud oeste; altitud entre 1 300 y 3 200 m. Colinda al norte con el estado de Coahuila de Zaragoza, el municipio de Melchor Ocampo y el estado de Coahuila de Zaragoza; al este con el estado de Coahuila de Zaragoza, el municipio de Concepción de Oro y el estado de San Luis Potosí; al sur con el estado de San Luis Potosí, los municipios de Villa de Cos y General Francisco R. Murguía; al oeste con el municipio de General Francisco R. Murguía y el estado de Durango. Ocupa el 16.0% de la superficie del estado y cuenta con 169 localidades y una población total de 15 589 habitantes.

Su Provincia fisiográfica es la Sierra Madre Occidental (52.7%) y Mesa del Centro (47.3%), su subprovincia está conformada por las sierras Transversales (52.7%) y Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande (47.3%). El rango de temperatura de la zona va de 12 – 22°C y el rango de precipitación de 200 - 600 mm. Los tipos de clima son seco templado con lluvias en verano (35.6%), semiseco templado con lluvias en verano (29.2%), muy seco semicálido con lluvias en verano (21.8%), seco semicálido con lluvias en verano (12.9%) y semifrío subhúmedo con lluvias escasas todo el año (0.5%) respectivamente.

Su geología corresponde a los periodos: cuaternario (65.0%), cretácico (17.5%), paleógeno (9.9%), jurásico (2.8%), No aplicable (2.5%), neógeno (1.4%), no disponible (0.3%), terciario (0.3%) y Triásico (0.2%). El tipo de roca en la zona es suelo: aluvial (62.6%) y lacustre (0.2%)-, sedimentaria: conglomerado (12.7%), caliza (13.5%), lutita-arenisca (5.1%), calizalutita (1.6%), volcanosedimentaria (0.3%), limolita-arenisca (0.2%), areniscaconglomerado (0.1%) y lutita (0.1%) Metamórfica: esquisto (1.6%) y Filita (0.5%) Ígnea extrusiva: basalto (1.2%) Ígnea intrusiva: granodiorita (0.2%). Existen minas de talco, plomo, plata y oro. Su edafología indica que los suelos dominantes son calcisol (50.4%), leptosol (23.7%), phaeozem (9.1%), regosol (5.7%), kastañozem (5.6%), solonchak (5.3%) y chernozem (0.1%).

Su región hidrológica es El Salado (73.7%) y Nazas-Aguanaval (26.3%). La cuenca está formada por Camacho -Gruñidora (56.7%), L. de Mayran y Viesca (26.3%), Sierra de Rodríguez (15.9%), Fresno-Yesca (0.8%) y Matehuala (0.3%), y la subcuenca por: Gruñidora (35.3%), L. de Viesca (26.3%), Camacho (21.4%), San Tiburcio (13.1%), Concepción del Oro (2.8%), Cañitas (0.8%) y Catorce (0.3%). Las corrientes de agua intermitentes son: Arroyo Grande,

Arroyo Seco, La Bolsa, El Pato, El Tonto, Marinacia, El Buey, Arroyo Salitrillo, Las Loberas, Santa Rosa, Tanquecillos, Las Playas y Los Hacheros. Los cuerpos de agua intermitentes (0.06%) son: Tanque La Unión, El Maguey, Tanque El Ranchito, Tanque La Calavera y Tanque La Palmilla. El uso del suelo es agricultura (1.93%) y no aplicable (0.01%). La vegetación es matorral (95.29%), bosque (1.68%), pastizal (0.90%), área sin vegetación (0.09%) y mezquital (0.04%).

Caracterización especies

Se caracterizó y se realizó la monografía de cada una de las especies en el orden en que se observaron dentro del DC con los respectivos datos biológicos observados en campo y como parte de la investigación bibliográfica. A continuación se presentan los resultados obtenidos por especie.

***Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville**

Taxonomía y Descripción de la especie

Referencias Taxonómicas

Larrea es una dicotiledónea, que pertenece a la Familia Zygophyllaceae R. Brown, *nom. cons.*, contiene 26 géneros con 250 especies, el género *Larrea* comprende cinco especies: *L. cuneifolia*, *L. divaricata*, *L. nítida*, *L. ameghinoi* y *L. tridentata*. Las primeras 4 especies se encuentran en los distritos de Argentina, Chile, Bolivia, y Perú; según Hunziker et al. (1977), algunas de estas especies viajaron al norte de América y después de miles de años de evolución, surgió *Larrea tridentata*, característica del norte de América.

Las especies de *Larrea*, están agrupadas en dos categorías: *Larrea* (hojas multifoliadas) con dos especies: *L. nítida* cav. y *L. ameghinei* spg. (Ambas Sudamericanas) y *Bifoliadas* (hojas doblemente foliadas) con las dos especies sudamericanas: *L. divaricata* y *L. cuneifolia* Cav. y una especie norteamericana *L. tridentata*.

Larrea tiene 5 sépalos, más o menos desiguales, obtusos; 5 pétalos, amarillos, imbricados y más largos que los sépalos, 10 estambres con escamas en la base de los filamentos, más o menos iguales con un margen completo o lanceolado, anteras agudas u obtusas. Ovario pentacarpelar, estambre largo, ezquisocarpo que eventualmente está dividido en 5 mericarpos y cada uno de ellos contiene una semilla simple. Las paredes del mericarpo son blandas o

duras cameofitas arbustivas o leñosas, hojas opuestas, subsésiles, pares o impares con 2-17 foliolos generalmente glutinosos con estipulas.

Sección Larrea: Hojas con 3-16 hojuelas con hojas terminales desarrolladas, mericarpo pubescentes que permanecen asociados en la madurez; flores pequeñas con pétalos de 4 - 6.9 mm de longitud.

L. nitida. Arbusto recto leñoso de 9 - 17 hojas desiguales, contenido de resina de 12.3 - 25%, estipulas triangulares, sépalos ovoides, ciertamente pubescentes de 4.5 x 1.5 mm, pétalos lanceolados, obtusos de 5 - 6.5 x 1.5 x 3 mm. Estambres de 6 mm., mericarpos suaves, color amarillo con paredes blandas, se millas café olivo. Cromosomas $2n = 26$. Se encuentra en Argentina, Chile, Coquimbe, Aconcagua y Santiago. La hibridización entre *L. ameghinoi* y *L. nitida*, es frecuente en la Patagonia.

L. ameghinei. Arbusto erecto, camefita, ramas arraigadas en los nodos contenido de resina de 5.3 - 10.9%, estipulas trianguladas, hojas con 3 - 7 hojuelas, sépalos ovoides, obtusos, pubescentes de 4x 3mm., pétalos ovoides obtusos de 5.5 x 2.3 mm. Estambres de 6 - 7 -mm. Mericarpos rugosos café rojizos y moderadamente duras (con paredes moderadamente blandas), semillas castaño, ocasionalmente negras, cromosomas $2n = 26$. Se encuentran en la Patagonia norte y en la transición de las provincias fitogeográficas de Patagonia y Monte, (de las provincias de Neuquén a Santa Cruz, Argentina).

Sección Bifolium: Hojas con dos hojuelas bien desarrolladas y una tercera en el mucro apical. Mericarpo velludí, fácilmente separable en la madurez. Flores las con pétalos de 7.5-10 mm. de longitud.

L. divaricata. Arbusto leñoso, erecto, ramas pubescentes, jóvenes; hojas bifolicas, fusionadas en 1/4 - 1/3 y raramente aparece la 1/2 de el largo éstas, la hojuela usualmente divergente, estipulas obtusas, sépalos obtusos cóncavos, pubescentes de 4-6 x 3-4mm, pétalos alargados y ovalados, 8-10 x 4-5mm, estambres de 6-9mm, semillas café, y sección transversal de -RI semillas de forma elíptica u ovoide. Cromosomas $2n = 26$. Se encuentra en Monte o en el semidesierto central de Argentina, también aparece en la cordillera de los Andes en Chile (Atacama, Aconcagua), Bolivia (Tarija) y Perú (Hunziker et al., 1977).

L. cuneifolia. Hojas fusionadas en 2/3 - 3/4 de la longitud, más o menos paralelas, cuneiformes, estipulas triangulares, sépalos pubescentes 5-6 x 3-4mm., pétalos ovoides 7-10 x 6-4mm,

estambres de 8mm. Cromosomas $2n=62$. Se encuentra distribuida igual que *L. divaricata* y se encuentra en el territorio Argentino y puede ocupar hábitat de otras especies (Barbault y Halfter, 1981).

Descripción Botánica

La especie *L. tridentata* es un arbusto leñoso (Figura 7), en las ultimas ramas aparecen hojas bifolias, hojas enteras, divaricata, oblicuamente lancioladas, estípulas acuminadas, sépalos tempranamente pubescentes, 3-4.5x5-8 mm., pétalos ovoides unguilados, 7-11 x 2.5 - 5.5mm., estambres 5-9mm., semillas en forma de triángulo o de "boomerang", sección transversal de la semilla en forma elíptica u ovoide. En *Larrea tridentata* la morfología de sus hojas puede considerarse típica de arbustos de hoja perenne del desierto, estructura de la hoja relativamente micrófila con hojas o folletos orientados verticalmente (CONABIO, 2015a)

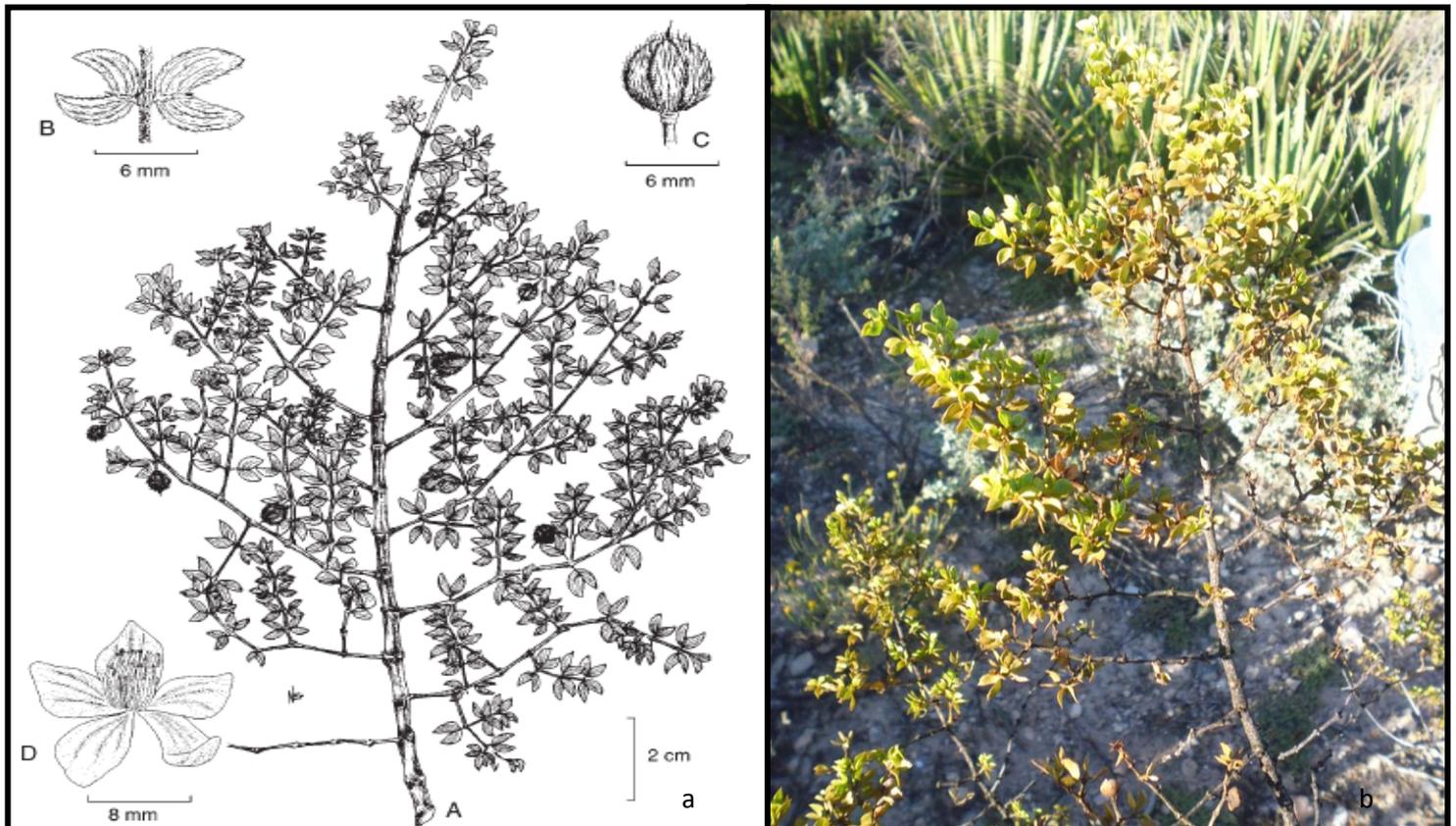


Figura 7. *Larrea tridentata*, a) A. rama con frutos; B. par de hojas con estípulas; C. fruto; D. flor. Tomado de Rzedowski y Calderón (1994). b) Foto real tomado en el Desierto Chihuahuense.

Larrea tridentata es un arbusto erecto muy ramificado desde la base, perennifolio, de 0.6 a 3 m de altura. Corteza color blanquesino en la mayoría de los casos, para reflejar la radiación solar, pero también puede presentar corteza de color pardo. Hojas formadas por 2 folíolos unidos entre sí en la base. Los folíolos oblicuamente ovados a lanceolados o falcados, divaricados, de 4 a 15 mm de largo por 3 a 8 mm de ancho, enteros, coriáceos, resinosos, de olor penetrante, verde o verde amarillentos.

Flores solitarias de 2.5 cm de diámetro, sépalos elípticos de 6 mm de largo por 4 mm de ancho, pubescentes, caedizos; pétalos de color amarillo fuerte, oblongos a lanceolados, de 1 cm de largo por 3 a 5 mm de ancho, caedizos. Fruto subgloboso a obovoide, de 7 mm de largo, coriáceo, con pelos blancos, sedosos, que se vuelven café-rojizos con el tiempo, 5 mericarpios con una semilla cada uno. Semillas café a negras, algo curvadas, de 2 a 4 mm de largo. Con contornos triangulares, en forma de "boomerang". Embrión con los cotiledones paralelos al plano longitudinal.

Fenología

Su follaje es perennifolio, florece durante todo el año pero es más frecuente entre febrero y abril. *Larrea* es capaz de producir múltiples fases reproductivas durante una misma estación de crecimiento. Fructifica de marzo a abril y noviembre a diciembre (Vibrans, 2009) La anatomía del tallo de más de un año de edad, con estructura secundaria es muy leñosa y cilíndrica y el tejido vascular forma un cilindro continuo. Las hojas se encuentran saturadas por un compuesto resinoso y tienen estomas en la superficie de la epidermis, también presentan cámaras de aire y espacios intercelulares. El Mesófilo está compuesto principalmente por una parenquimatosa empalizada. Se dice que al cabo de miles de años *Larrea* ha logrado adaptarse a los desiertos, especialmente *L. tridentata* desarrolla agresivos mecanismos de proliferación y de dominio territorial formando tensas y exclusivas comunidades, ha especializado su bioquímica y convertido su sistema foliar en un eficiente y diversificado productor de sustancias químicas, se ha encontrado que algunas de estas sustancias (flavonoides, lignanos, aceites esenciales etc.) ahuyentan a los animales depredadores y que también forman complejos con proteínas, impidiendo su digestibilidad por los herbívoros). Sistema radical superficial, poco profundo y muy extenso. Llega a ocupar casi el total del espacio que hay entre un arbusto y otro.

Características genéticas de *Larrea tridentata*

Fitogeografía y evolución del género Larrea.

En regiones semiáridas hemisferio occidental, su distribución anfitropical, ocurriendo en Norte y Sudamérica. Se realizaron varios experimentos y observaciones para poder determinar la relación que existe entre la especie encontrada tanto en el Sur como en el Norte del Continente Americano. Hunziker et al. (1977) describe el proceso evolutivo geográfico, estableciendo su filogenia de la manera siguiente:

Cuadro 1. Distribución Geográfica y Morfología del género *Larrea*.

Sección Larrea	<i>L. nitida</i> , crece en Chile y oeste y sur de Argentina, Diploide. Arbusto hojas multifoliadas.
Hoja multifoliadas pétalos pequeños	<i>L. ameghinoi</i> en la Patagonia, desde Neuquén a Santa Cruz. Diploide. Caméfito, leñosa, rastrera.
Sección bifolium	<i>L. cuneifolia</i> . Argentina desde Salta a Chubut. Tetraploide, hojas bifoliadas y arbusto.
Hojas bifoliadas pétalos más grandes	<i>L. divaricata</i> , Anfitropical. Poblaciones diploides en Argentina. Chile, Bolivia y Perú. <i>L. tridentata</i> Poblaciones di, tetra, y hexaploides en Norteamérica.

Número de cromosomas de L. tridentata.

Las especies de *L. ameghinoi*, *L. nitida*, y *L. divaricata*, *L. tridentata*, son especies diploides ($2n = 26$). La *L. tridentata* presenta el fenómeno de poliploidía; en el desierto Chihuahuense se encuentra en forma diploide $2X = 26$, en el desierto Sonorense, la forma tetraploide $4n = 52$ y en el desierto de Mojave, la forma hexaploide $6x = 78$ (Yang, 1968) (Figura 8). La especie *L. cuneifolia* es tetraploide con $4x = 52$. (Hunziker et al., 1972) respectivamente.

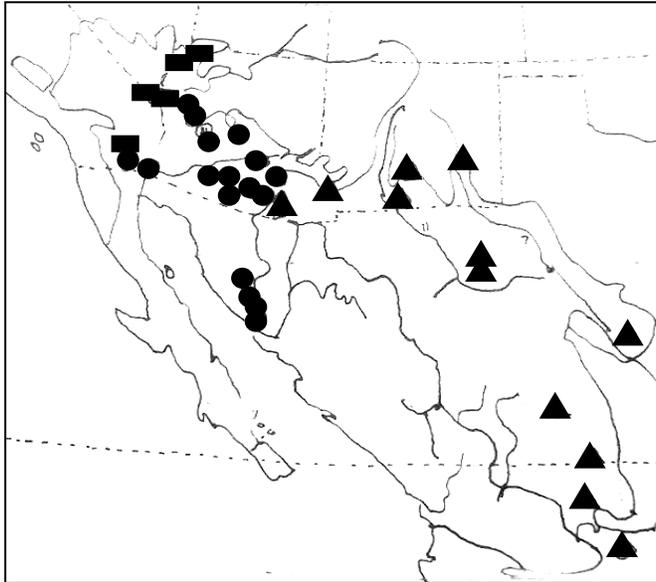


Figura 8. Distribución Geográfica y número cromosómico de las poblaciones de Gobernadora (*L. tridentata*) en los desiertos de Norteamérica.

Poblaciones Diploides

Poblaciones tetraploides

Poblaciones Hexaploides

(Tomado de Yang, 1968)



Relaciones evolutivas de Larrea

Las relaciones evolutivas de las especies de *Larrea*, tomando como base las evidencias morfológicas, distributivas, químicas y citogenéticas, son discutidas:

- Observaciones demuestran que *L. ameghioni* y *L. nitida* están relacionadas y poseen pocas diferencias en sus cromosomas.
- En el comportamiento meiotico de los híbridos se ha observado que *L. nitida* y *L. ameghinoi*, se encuentran muy estrechamente relacionadas entre sí, sus híbridos muestran un promedio de 13 bivalentes, y son completamente fértiles. La hibridación entre estas dos especies es muy común en Patagonia y deberían considerarse como especies parcialmente simpáticas.
- *L. cuneifolia* es tetraploide y las otras especies sudamericanas son diploides.
- *L. cuneifolia* tiene una amplia distribución en Argentina, aventajan a *L. divaricata* en que constituye una xerófita extrema.
- *L. divancata* y *L. cuneifolia* están también muy relacionadas en entre sí y las evidencias citogenéticas de sus híbridos, muestran que la *L. divaricata* o cualquier diploide muy parecido a ella, ha sido uno de los progenitores del tetraploide *L. cuneifolia* (n=26).

- *L. divaricata* tendría un genomio en común con *L. cuneifolia* y por lo tanto estaría relacionada con uno de sus progenitores ancestrales o sería uno de ellos. El híbrido *L. ameghioni* x *L. cuneifolia* es estéril; *L. xuneifolia* x *L. nítida* es completamente estéril; *L. ameghioni* x *L. divaricata* florece raramente y es altamente estéril.
- *L. divaricata* posee foliíolos soldados hasta 1/3 de su longitud, en *L. cuneifolia* hasta 3/4 de la misma y en los híbridos entre ambas especies hasta 1/2. Lo que en *L. cuneifolia* le permite evitar la exposición total de superficie foliar a los intensos rayos solares del mediodía, por lo que es más tolerante a la sequía que *L. divaricata*.
- Evolutivamente podemos ver que *L. cuneifolia* es probablemente un tetraploide de antiguo origen, ya que compartía un genomio con *L. divaricata* pero carece de marcadores fenólicos que caracterizan a este último de Norte y Sudamérica.

Aunque se piensa en un antecesor diploide ya extinguido que poseía exageradamente las características morfológicas de *L. cuneifolia* que no posee *L. divaricata*.

- Dado que el genomio de *L. divaricata* parece ser un genoma antiguo en sudamérica
- La relación entre *L. divaricata* de sur América y *L. tridentata* Norte América ha sido materia de discusión. Algunos autores las han considerado como especies diferentes, otros como razas diferentes o subespecies. Los híbridos de *L. divaricata* y *L. tridentata* (diploide) tienen una meiosis regular con un promedio de 13 bivalentes, lo cual indica que genomas son idénticos, homólogos. Sin embargo hay una barrera parcial reproductiva en los híbridos haciéndolos semiestériles, constituyen un límite entre especies y semiespecie, por lo tanto pueden ser consideradas como especies alopáticas. (Yang, 1968).

Hunziker et al. (1977) señala que *L. divaricata* es probablemente una sola especie con una extensa distribución disyunta. En Sudamérica ocurre en varios lugares de Perú, Bolivia y en Chile; en Argentina se extiende desde Salta, al norte, hasta el Chubut en Patagonia. La disyunción abarca algo más de 34° por lo que ha surgido la pregunta de que si existe una sola especie con dos subespecies o si se trata de dos especies vicariantes. Se ha demostrado que *L. tridentata* en Norteamérica está compuesta de tres razas cromosómicas (di, tetra, y hexaploide) por el contrario en Sudamérica, las poblaciones son uniformemente diploides.

La distribución total del género con su mayor diversidad específica actúa una en el norte de la Patagonia, así como el papel que había jugado el diploide *L. divaricata* en el origen de una especie relativamente antigua, como es *L. cuneifolia* sugieren una migración de sur a Norte. Dado que *L. divaricata* parece ser autocompatible, esta característica puede haber facilitado la expansión de su área.

Hibridación Natural

En el norte de la Patagonia, conviven cuatro especies, que se distinguen en base a caracteres morfológicos, reproductivos y vegetativos. De las especies antes mencionadas se descubrieron cinco híbridos interespecíficos, que son intermedios en sus características morfológicas y químicas. Se realizaron estudios cromatográficos de sus componentes fenólicos, se demostró que *L. divaricata* era uno de los progenitores.

La presencia en mayor porcentaje en folíolos fusionados y la disposición u orientación de expifilos en *L. cuneifolia*, es la razón de una amplia distribución en América del sur de *L. cuneifolia*, presentándose como la xerófita más extensa, con un rango más tolerable y aventajando a *L. divaricata*, (Hunziker et al., 1972). Se propone además un origen sudamericano del género *Larrea*, basándose en los siguientes argumentos:

1. Las especies multifoliadas: *L. nitida* y *L. ameghinois*, se presentan en medios menos xéricos y están restringidos a sudamérica, mientras que las bifoliadas (*L. divaricata*, *L. tridentata* y *L. cuneifolia*), son resultado de la adaptación a condiciones más xéricas y deben ser derivaciones más recientes.
2. *L. divaricata* es como genoma, un ancestro en Sudamérica y es una especie relativamente vieja.
3. Varios géneros de la familia Zygophyllaceae, tiene 13 pares cromosómicos (igual que *Larrea*) y todos son sudamericanos exclusivamente.
4. Los registros fósiles en Norteamérica no son muy viejos.
5. La evidencia química sugiere que *L. tridentata* tuvo como ancestro sudamericano a *L. divaricata*. (Hunziker et al., 1972).

Posiblemente el paso de Sudamérica a Norteamérica fue durante la transición climática del periodo Winsconsin tardío al Holoceno; característico porque trajo consigo grandes zonas desérticas que pudieron servir como corredor geográfico en la dispersión del género *Larrea*.

Origen y Distribución

Origen

El género *Larrea* es un arbusto nativo de las regiones del desierto de Atacama (Chile y Argentina). De acuerdo a las evidencias disponibles muestran que es Sudamérica, su centro de origen y que *L. tridentata*, es resultado de *L. divaricata* como ancestro (Figura 9).



Figura 9. Distribución conocida de *Larrea tridentata* (Norteamérica) y de *Larrea divaricata* (Sudamérica).

Las evidencias que se tienen son que las especies más primitivas *L. nítida* y *L. ameghinoi*, ambas multifoliadas, son de hábitat menos secos y son restringidos solo para sur América, las especies bifoliadas como *L. divaricata*, *L. tridentata* y *L. cuneifolia*, resultan de adaptaciones a condiciones más secas. También que *L. divaricata* es la más antiguo en Sur América, también *L. cuneifolia* es considerada como una especie relativamente vieja. Además, no se han encontrado fósiles que muestren una antigua distribución de *Larrea* en Norteamérica, por lo tanto *Larrea* es una planta de reciente inmigración en Norteamérica. Finalmente, las evidencias disponibles sugieren que fue la *Larrea tridentata* se estableció en Norte América, desde América del Sur a través de la dispersión de las semillas a grandes distancia

Distribución en México.

Larrea tridentata, ocupa una superficie de 50 millones de ha. Se distribuye abundantemente en el norte de país. En altitudes que van de los 400m a los 1800 msnm. Es una de las plantas más abundantes en el desierto chihuahuense. Endémica de Norteamérica. Se distribuye abundantemente en el norte de país, altitud: 400 m a 1800 m (Figura 9). En Estados: Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Zacatecas. Crece en los sitios más secos de México, en terrenos planos, laderas, lomeríos bajos y en planicies aluviales. Se desarrolla en lugares con temperaturas de 14 a 28 °C, y presencia de 8 meses de sequía, en climas áridos (BS) y muy áridos (BW) y en precipitaciones de 150 a 500 mm anuales. No prospera en zonas de clima isoterma. Los suelos en los que se desarrolla son de profundidad variable, textura franco arenosa, estructura granular, drenaje interno medio de consistencia friable, de color café grisáceo, compacto arcilloso, calcáreo, blanco-arenoso, aluvial con pH de 6.8 a 7.6.

Hábitat

Larrea tridentata tiene un hábitat cuyos límites occidentales están en los 108° 20", prolongándose su área de distribución hacia el noroeste, es decir, hacia Nuevo México. Sabido es también que esta planta ocupa extensas áreas del desierto Sonorense. Las más densas poblaciones de *Larrea tridentata* en el Estado de Chihuahua se han encontrado en Julimes, Coyame, Cd. Juárez y Manuel Benavides. Crece en suelos más bien profundos de tipo aluvial y coluvial, con porcentajes muy variables de piedras y grava, y con relativa preferencia por los de origen calizo, pedocales de variada composición y naturaleza química con marcado predominio

de carbonatos. Sin embargo, prospera asimismo en suelos de naturaleza volcánica, como ocurre en las regiones sur del Desierto Chihuahuense y en amplias extensiones de Baja California y de Sonora (Barbault y Halfer, 1981).

En el estado de Coahuila, la Gobernadora se interna por las extensas llanuras y abanicos aluviales de las serranías y pendientes montañosas (Figura 10). Su distribución se interrumpe sólo en lagunas, terrenos salados y salitrosos, y lugares muy elevados de las sierras. Ocasionalmente se adentra en áreas yesosas, si bien es más frecuente en sustratos yesíferos (Figura 10b) que en salobres. Hacia el noreste disminuye sensiblemente y se dispersa en forma irregular hasta desaparecer por completo en porciones que pertenecen directamente a la Zona Árida Tamaulipense.



Figura10. Hábitat de *Larrea tridentata* en el Desierto Chihuahuense, a) regiones sur del Desierto Chihuahuense, b) suelo yesoso característico de su hábitat.

Ecología

Importancia ecológica

Según Vibrans (2009) menciona que *Larrea tridentata* es una especie primaria, ya que es uno de los principales componentes de la vegetación árida y semiárida del país y forma comunidades exclusivas y extensas. El cambio más evidente en las comunidades vegetales de zonas áridas, es el flujo de plantas efímeras (aquéllas que aparecen después de una cantidad

de lluvia propicia; aunque la germinación de anuales de invierno y verano demanda temperaturas distintas). De forma análoga, el crecimiento de hojas y flores de plantas perennes es regulado por el aumento de disponibilidad de agua edáfica. Algunos estudios fisiológicos en especies arbustivas desérticas como, *Atriplex confertifolia*, y la gobernadora, *Larrea tridentata*, muestran que el crecimiento vegetativo continúa a lo largo del año. Otras, restringen su actividad a períodos cortos del año entre la primavera e inicios de verano, en tanto que algunas permanecen latentes en verano y reactivan su crecimiento en otoño.

La actividad estacional es más variada en el Desierto Sonorense, donde la precipitación se presenta tanto en verano como en invierno. Ahí, *Larrea tridentata* está activa todo el año, en tanto que especies de raíces profundas, como *Prosopis velutina* y *Cercidium floridum* (palo verde) se mantienen en latencia hasta por 5 meses en el invierno, aunque tengan suministro hídrico en todo el año.

Cada planta requiere una gran superficie para proveerse de suficiente humedad, y una vez que se establece en una zona verdaderamente árida, capta el agua de modo tan eficaz que ninguna otra planta puede crecer a menos de unos metros de ella. Esta planta desarrolla un papel fundamental en el desarrollo de muchas especies de flora en las zonas áridas y semiáridas, ya que es de las primeras plantas que crecen en un espacio abierto, después crecen otras a las cuales protege para que se puedan desarrollar, llamado el proceso de nodrizaje.

Plantas nodriza, Islas de fertilidad y Costras biológicas.

Existen distintos estudios que demuestran la importancia de los factores bióticos sobre los abióticos a escalas locales como reguladores del funcionamiento de los ecosistemas áridos. En el caso de *L. tridentata*, destacan en primera estancia los estudios sobre relaciones planta-planta positivas como el nodricismo, en el que existe una relación de “nodriza-protegida” donde plántulas de diferente especie están protegidas por un árbol o arbusto de otra especie del incremento en la temperatura y disminución de la humedad a nivel del suelo (Perroni, 2007).

En segundo lugar también existen estudios sobre interacciones planta-suelo, en las que se promueve la existencia de islas de fertilidad (IDF), denominados también mosaicos de acumulación de nitrógeno o de disponibilidad de nitrógeno de soportar comunidades vegetales y microbianas bajo su copa. Las IDF son un tipo especial de parche de vegetación de mayor

densidad que comprenden uno o varios individuos de una o varias especies de árboles o arbustos generalmente leguminosos, y las plantas establecidas bajo su copa (Pugnaire et al., 1996). Se ha propuesto que las se forman mediante la captación de partículas suspendidas en el aire debido a la reducción de la velocidad del viento al chocar con la copa del árbol formador, la adquisición de nutrimentos y la deposición de mantillo que contribuye a la concentración de nutrimentos y materia orgánica bajo su copa y alrededor de los tallos (Aber y Melillo, 2001).

Su importancia radica en estas podrían constituir unidades básicas de control de los procesos del funcionamiento del ecosistema, regulando a escala local la cantidad de nitrógeno, carbono y fósforo que ingresa, se almacena y se transforma en el suelo, e influyendo en la productividad diversidad de especies del ecosistema según el tipo de isla que se forme. Se ha visto que las IDF pueden ser tan fértiles como áreas características de ecosistemas más húmedos (Romney et al., 1978). Las IDF involucran una interacción planta-suelo con influencia directa al área bajo su copa y tienen cuatro componentes estructurales; la planta formadora es capaz de fijar N_2 o mineralizarlo, las plantas establecidas bajo la copa de la planta formadora pertenecen a una o a varias especies y son en general de menor tamaño, también los macro y microorganismos del suelo, como artrópodos, isópodos, milípedos, costras biológicas, bacterias y hongos asociados a las raíces, y/o bacterias y hongos de vida libre, y finalmente los animales asociados pueden usar a la isla para perchar, anidar o vivir permanentemente (Tiedemann y Klemmedson, 1973).

Por último, los estudios sobre las llamadas costras del suelo (Figura 11) y la relación de los microorganismos del suelo con la fijación de nitrógeno en el suelo, también destacan la importancia de *Larrea tridentata* en el DC. Denominadas como costras biológicas, organogénicas, criptobióticas, microfíticas o microbióticas, estas pueden cubrir hasta 70% de la superficie de los ecosistemas áridos. Se ha reportado que en ellas se encuentran algunos géneros de bacterias heterótrofas como *Pseudomonas*, *Acinetobacter* y *Micrococcus*, en tanto que las bacterias autótrofas pueden estar representadas por las cianobacterias *Microcoleus*, *Schizothrix* y *Nostoc*, los líquenes por los géneros *Collema* y *Catapyrenium*, y las briofitas por *Tortula*, *Aloina* y *Bryum*.

Existen evidencias que sugieren la influencia de las costras biológicas en la fertilidad y estabilidad del suelo, y en la composición y abundancia de las especies que habitan en estos ambientes, producto de las interacciones que establecen con plantas vasculares y animales. Sin embargo, distintas perturbaciones ambientales como la contaminación del aire, la exposición a sustancias químicas, la presencia de plantas invasoras, el pisoteo del ganado, la minería y el fuego pueden afectar su composición específica, su cobertura y su actividad fisiológica (Aguilar et al., 2004).



Figura 11. Costras del suelo encontradas en los alrededores del arbusto de *L. tridentata* en el DC.

♣ Plantas nodriza

Formalmente el nodricismo consiste en el reclutamiento y establecimiento no azaroso de los individuos de una bajo la copa de plantas de otras especies perennes en una comunidad (Figura 11), una planta que provee de protección a sus plántulas o a las de otras especies en un ambiente hostil, mientras ella crece lo suficiente para enfrentar los embates del medio por sí mismas, se denomina una planta nodriza (Muller, 1953). Tal relación tiene un origen multifactorial, como la protección contra herbivoría, la dispersión no azarosa de semillas, el incremento en la fertilidad del suelo, o bien el amortiguamiento de las condiciones ambientales extremas bajo el dosel de la nodriza. Se ha considerado a *L. tridentata* su importante papel como nodriza del peyote (*Lophophora williamsi* y *L. diffusa*) y otras cactáceas como *Opuntia leptocaulis* y *Peniocereus striatus*.



Figura 12. Nodrizaje de *Larrea tridentata*, a) *Mammillaria* sp. b) *Peniocereus striatus*, c) y d) *Lophophora williamsi* y *L.diffusa*, e) *Opuntia* sp.

♣ Islas de fertilidad

Las plantas de las comunidades del desierto, con la posible excepción de los sitios húmedos como los arroyos, u oasis, tienden a estar espaciadas ampliamente. Pero además presentan otro rasgo en común: los individuos tienen más altos niveles de nutrientes y materia orgánica bajo los doseles que en los interespacios adyacentes desnudos. Como se menciona anteriormente, las islas de fertilidad y su función fue quizás descrita primeramente en 1970 por García-Moya y McKell. Debido a que tanto el nitrógeno como la materia orgánica son limitantes en el desierto, los estudios se han enfocado sobre estos. También se sabe que los microorganismos asociados con las islas de fertilidad son importantes para el crecimiento de las plantas, ya que favorecen la asimilación de nutrientes, producen hormonas que promueven el crecimiento, fijan nitrógeno, suprimen patógenos y permite la disolución de minerales.

En términos de flujo energía y reciclaje de nitrógeno (Figura 13), *Larrea tridentata*, es probablemente la planta más importante en este ecosistema, ya que afecta la distribución y abundancia de nutrientes, plantas anuales, y la disponibilidad de agua en el suelo. La

distribución de plantas en zonas áridas no es uniforme (Bolton et al., 1990), existe vegetación perenne, que propicia un microclima y anuales que sólo prosperan en periodos favorables para su crecimiento, como es el caso en el desierto de Mojave, donde se ha estudiado como el arbusto gobernadora (*Larrea tridentata*) favorece islas de fertilidad, y acumula bajo su dosel mayor concentración de nutrientes, capacidad para retener agua y actividad microbiana. Las comunidades microbianas son más grandes, diversas y reciclan nitrógeno más eficientemente que los microorganismos de los espacios abiertos (Ewing et al., 2007).

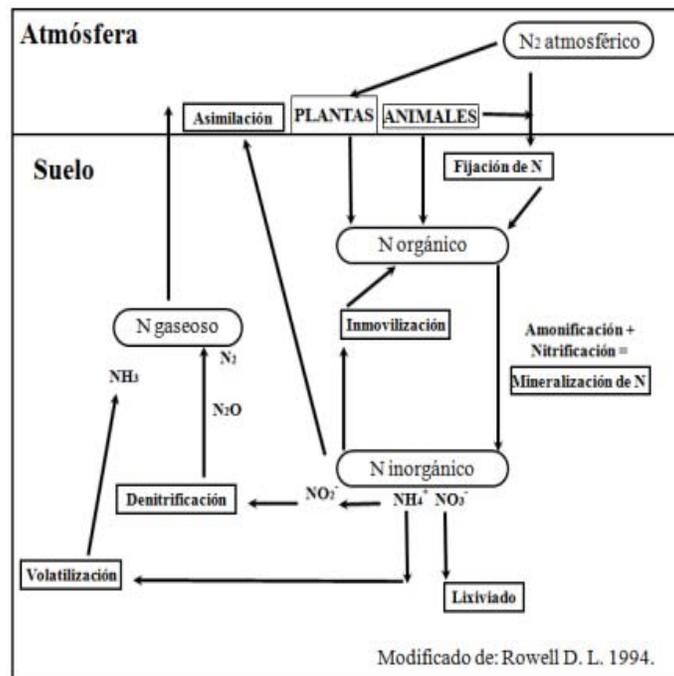


Figura 13. Se presentan los principales procesos involucrados en la dinámica del nitrógeno en el suelo (fijación, mineralización, inmovilización, asimilación, desnitrificación y volatilización), así como las tres principales formas de este elemento en el suelo (orgánico, inorgánico y gaseoso).

El contenido de nitrógeno es más alto bajo los arbustos, en este caso de *Larrea tridentata*, que en los interespacios o muy abajo en la profundidad del suelo de los arbustos, debido ostensiblemente a los nutrientes “excavados” por las raíces. El papel del Nitrógeno como factor limitante para el crecimiento de las plantas en sistemas áridos ha sido estudiado anteriormente y se ha visto que a pesar de que las plantas reciban bastante agua para su crecimiento, la ausencia de nitrógeno sigue limitando su productividad.

En ecosistemas desérticos es de gran importancia el proceso de fijación, por simbiosis se beneficia la planta hospedera, posteriormente el nitrógeno entra al ecosistema cuando las hojas ricas en nitrógeno se descomponen (Whitford, 2002). *L. tridentata* con la asociación simbiótica se beneficia y al morir sus hojas ó raíces con su posterior descomposición y mineralización, aportan nitrógeno disponible para microorganismos u otras plantas.

Así mismo, en una zona arbustiva, la humedad fue más alta bajo los arbustos que entre ellos debido probablemente a la mayor infiltración (Specht, 1981). Más recientemente, se encontró que los hongos micorrízicos y el fósforo se presentan en concentraciones más altas debajo de los arbustos que entre ellos (Allen y MacMahon, 1985).

Las islas de fertilidad de los arbustos tienen un impacto sobre las especies vegetales más pequeñas, las cuales son menos abundantes y efímeras. Más bien que una competencia con los arbustos, en muchas comunidades las especies herbáceas tienden a ser más abundantes bajo los arbustos del desierto que entre ellos. Las plántulas de *Artemisia herba-alba* fueron más densas en los bordes de su dosel que en los interespacios, aunque la emergencia de las plántulas se redujo inmediatamente en la base de las plantas maduras (Friedman y Orshan, 1975).

También se presentaron patrones contrarios en el establecimiento de la vegetación del piso bajo en la especie anual *Salsola kali*, donde en ambientes severos actuó como una “planta nodriza” y facilitó el establecimiento de plántulas; en ambientes más benignos, donde se colonizó densamente, las especies serales tardías (Allen, 1989). Los patrones contrarios de colonización con plantas más densas vs plantas más esparcidas que se observaron bajo los arbustos, se deben probablemente a interacciones y a la disponibilidad relativa de nutrientes, agua, y microorganismos, así como al grado de mejoramiento microclimático debido a los arbustos.

Sucesión

La dinámica temporal en la vegetación de las regiones áridas no ha sido bien documentada; de hecho, la idea de que en este tipo de vegetación no ocurre la sucesión (*i.e.* que los colonizadores iniciales de los sitios perturbados permanecen como los componentes finales de la vegetación) ha sido el paradigma operativo por algún tiempo, se sabe que la baja precipitación en el desierto puede limitar el conjunto de colonizadores a aquellas especies (o al menos las formas de vida) que constituyan agregados maduros. Sin embargo, los primeros

agregados sucesionales en los sitios perturbados difieren tanto en composición florística como en forma de vida de las comunidades que existieron previos a la perturbación en los desiertos cálidos de Norteamérica (Webb et al., 1987).

McAuliffe (1988) observó que las comunidades simples y complejas en el Desierto de Sonora están compuestas por perennes con patrones muy diferentes de restablecimiento y velocidades de movimiento poblacional. Las plantas de vida corta, colonizadoras de sitios abiertos (terreno desnudo), tales como *Ambrosia*, con frecuencia son protegidas por plantas nodrizas perennes de vida larga como *Larrea* y *Cercidium*. Sin embargo, a medida que mueren los individuos de especies de vida larga, sus espacios se revierten a terreno abierto, el cual es re ocupado por plantas colonizadoras de vida corta, y tiempo después por de vida larga, y así el ciclo comienza nuevamente. Como resultado de esto, el término sucesión puede ser demasiado ambiguo para ser aplicado a sistemas desérticos, puesto que el cambio en la abundancia relativa de las especies puede no ocurrir sobre amplias escalas espaciales, aunque esté ocurriendo constantemente en escalas espaciales más pequeñas (McAuliffe, 1991, 1994).

Tipos de Vegetación y vegetación asociada

Matorral desértico micrófilo

Este tipo de asociación está dominado por la gobernadora *Larrea tridentata* y el hojazén *Flourensia cernua*. Se caracteriza por la dominancia de especies arbustivas de hojas pequeñas, no siempre espinosas y por plantas crasas, efímeras, que crecen a lo largo de abanicos aluviales, planicies, bajadas, valles y lomeríos suaves. Se localiza principalmente en los valles, donde los suelos son de textura fina, profundos a relativamente profundos y presentan una capa de rocas (Granados y Sánchez, 2003). Los matorrales de *Larrea tridentata* son siempre verdes, aunque el color del follaje se vuelve amarillento durante la época de mayor sequía (Figura 14).

Existen también otras especies asociadas a este matorral, destacan el ocotillo, *Fouquieria splendens*, *Flourensia cernua*, *Zinnia acerosa*, numerosas especies de nopales: *Opuntia leptocaulis*, *O. Cantabrigiensis*, *O. rastrera*, *O. microdasys*, *O. imbricata*, arbustos bajos: *Parthenium incanum*, *Jatropha dioica*, *Koeberlinia spinosa* y arbustos espinosos: *Prosopis glandulosa*, *Mimosa biuncifera*, *Mimosa zygophylla*. La riqueza y abundancia de cactáceas es alta, destacan entre otras: *Ariocarpus retusus*, *Astrophytum capricorne*, *Coryphanta radians*,

Coryphanta speciosa, *Echinocactus horizontalis*, *Echinocereus enneacanthus*, *Echinocereus pectinatus*, *Echinocereus stramineus*, *Ferocactus hamatacanthus*, *Lophophora williamsii*, *Mammillaria candida*, *Mammillaria pottsii*, *Thelocactus leucacanthus*, ente otras (Rzedowski, 1965, 1978).



Figura 14. Vegetación asociada a *Larrea tridentata* en el DC.

Mamíferos y Larrea

Los desiertos de Chihuahua, Sonora y Mojave, en la porción norte del continente Americano y el desierto Monte en Argentina, poseen comunidades distintivas formadas por especies de *Larrea*. Al analizar las faunas de roedores y conejos de las comunidades de *Larrea*, en América del Norte, las localidades se pueden establecer en los tres desiertos de América. Se deben considerar algunas características muy importantes que determinan los límites de existencia de mamíferos pequeños en las comunidades de *Larrea*. Aparentemente las más importantes son: (Mares, 1975, 1977.)

1. Existe una limitación de agua para los pequeños mamíferos, solo disponen de una poca después de alguna lluvia.
2. El suelo está muy descubierto, por lo que los roedores poseen muy poca protección para defenderse de sus predadores.
3. Las hojas de *Larrea*, que comprenden la gran masa de vegetación verde, disponible de la comunidad, contienen una gran cantidad de compuestos que aparentan representar una estrategia anti-herbívoro.
4. Los cactus representan una fuente de alimento y agua para los mamíferos de las comunidades de *Larrea*.

Aspectos fisiológicos

Establecimiento.

Las plántulas tienen una baja sobrevivencia. Al parecer los hongos desempeñan un papel muy importante en el establecimiento de plántulas debido a la formación de micorrizas. En condiciones naturales se calcula que de cada 100 mericarpios solo es posible esperar 20 plántulas a los 6 meses después de germinadas y en condiciones cercanas al óptimo.

El problema de la obtención de agua en un ambiente que prácticamente carece de ella también ha de ser resuelto por las plantas del desierto. Hay pocas que lo hacen tan eficazmente como el arbusto de la gobernadora, este arbusto no depende del agua profunda que en muchos desiertos está fuera de su alcance, sino de una minúscula película de humedad procedente del rocío, o, excepcionalmente de la lluvia, que rodea las partículas de roca hasta algunos centímetros bajo la superficie del suelo. Capta esta humedad mediante raicillas que penetran

en el suelo tan profusamente que es probable que no quede ni una molécula de agua por absorber. Cada planta requiere una gran superficie para proveerse de suficiente humedad, y una vez se establece en una zona verdaderamente árida, capta el agua de modo tan eficaz que ninguna otra planta puede crecer cerca de ella.

Esto no sólo afecta a otras especies de plantas, sino también a sus propias plántulas hijas. Por eso, este arbusto no tiende a colonizar el terreno circundante mediante semillas, sino formando tallos nuevos en torno a su base, extendiendo así lentamente su red de raíces. Al propagarse de este modo hacia fuera, los tallos centrales tienden a marchitarse y el arbusto se expande en forma de anillo. Sin nadie con quien competir, ese arbusto continúa creciendo hacia fuera y el anillo se hace cada vez mayor. Actualmente, algunos miden 25 metros de diámetro. Los tallos individuales de estos anillos no son muy viejos, pero la planta, considerada como un único organismo, puede haber estado creciendo y extendiéndose en el mismo sitio durante 10,000 ó 12,000 años, lo que hace que la gobernadora sea el organismo viviente más viejo del mundo

Adaptación

Adaptada para sobrevivir en el desierto. Tiene capacidad para un intercambio positivo de CO_2 , puede mantener un balance neto positivo de CO_2 a lo largo del año, aún a temperaturas extremas ($> 43\text{ }^\circ\text{C}$) y estrés de agua ($< - 83$ bares). Posee gran habilidad para mantener actividad fotosintética neta, aún a potenciales de presión de agua muy bajos. Su adaptación a tales ambientes (áridos y calientes) es debida a su alto nivel de tolerancia protoplásmica a la desecación y a las altas temperaturas. Así mismo, las características xeromórficas en economía de uso de agua son: tamaño de hojas, pubescencia de las hojas, grosor de la cutícula y tamaño de las células, como principales factores, le permiten a las plantas resistir la sequía, es decir, reducir la transpiración y entrar en letargo en el periodo crítico, reducir la transpiración, aumentando la retención de agua por el coloide celular hasta el grado de quedar a la mitad de agua de sus tejidos sin sufrir daños y cuando el periodo es muy largo, tienden a eliminar ramas para poder sobrevivir.

La salinidad aumenta el potencial osmótico de la solución edáfica y por lo tanto provoca sequía fisiológica a la planta. Algunos vegetales como *L. tridentata* puede soportar deshidrataciones muy altas durante ciertos períodos del año. El aumento en la concentración de sales en el jugo celular puede compensar esta circunstancia y reducir el potencial hídrico del tejido, mejorando

el consumo de agua incluso en las especies no-halófitas. Así, el alto contenido de sales, típico de especies de desierto incrementa su habilidad para resistir la sequía.

Competencia

La gobernadora es una planta prolífica y territorialista. Tiene un efecto neto en el desplazamiento de otras especies, impidiendo de esta manera la diversificación de la flora en el lugar donde se desarrolla. Bajo condiciones de humedad favorables y mediante mecanismos que se desconocen, inhibe el crecimiento de la vegetación que se desarrolla a su alrededor en la superficie. Posee un gran número de compuestos químicos en sus hojas, aparentemente como una estrategia anti herbívoros.

La alelopatía ha estado implicada durante mucho tiempo en la afectación del patrón espacial en las plantas de zonas áridas, aunque no se ha proporcionado una evidencia convincente de que la alelopatía juega un papel en la estructuración de las comunidades desérticas.

Aunque se ha mostrado que *Larrea tridentata* tienen componentes alelopáticos en sus hojas, los cuales a su vez pueden inhibir la germinación y el crecimiento de potenciales competidores bajo condiciones de laboratorio (Groves y Anderson, 1981), no existe evidencia de que estos compuestos sean efectivos bajo condiciones de campo. De hecho, en los tipos de vegetación en los que se desarrolla esta especie, se encuentra bajo sus doseles, la mayoría de plántulas de especies anuales y perennes.

Un mecanismo más efectivo para prevenir la competencia en el piso bajo puede ser la exudación de compuestos tóxicos, desde el sistema radicular. Mahall y Callaway (1991) mostraron que *Larrea* produce exudados radiculares, para compartir el mismo volumen de suelo. El aspecto más excitante de esta investigación, fue el hallazgo de que *Larrea* y quizás otros arbustos desérticos puedan producir toxinas que: (1) sean volátiles y puedan por tanto afectar a otras raíces que no estén en contacto con la raíz fuente; (2) sean evidentemente especie-específicas en su acción.

Algunos estudios han mostrado que los individuos que se agrupan pueden tener fuertes interacciones competitivas. Por ejemplo, McAuliffe (1984) encontró que *Carnegia gigantea*, la cual depende de *Cercidium microphyllum* como una planta nodriza para el establecimiento, más tarde puede causar la mortandad de la planta nodriza, debido presumiblemente a la competencia por la humedad del suelo. Esto nos muestra que sin una planta protectora, el

plantón se vería expuesto a temperaturas extremadamente altas, que alcanzan en ocasiones los 70°C. Además de proteger al saguaro de las altas temperaturas en las zonas más calientes, algunas plantas protegen a los plantones de las bajas temperaturas. Pero la relación entre las plantas protectoras y los plantones de saguaro implica cierta negociación. La planta protectora compite con las plántulas por el agua subterránea pero reduce la pérdida de agua enfriando la superficie del suelo. Una planta protectora toma nutrientes del suelo pero, cuando las hojas de la planta protectora mueren y caen, pueden enriquecer el suministro de nutrientes del plantón de cactus.

La distribución del cacto, *Opuntia leptocaulis* está relacionada con la presencia de *L. tridentata*. El establecimiento inicial del cacto se favorece por los montones de suelo que el viento acumula debajo de los arbustos. Una intercepción eficaz de humedad por las raíces someras del cacto, provocan la muerte del arbusto, pero el cacto también en su momento muere ya que sus raíces someras quedan expuestas por la erosión. El sitio vacante es posteriormente recolonizado por plántulas del arbusto (Yeaton, 1978).

Las plantas del desierto pueden ser arbustos leñosos con raíces profundas, tales como el mezquite (*Prosopis* spp.) y el *Tamarix*, cuyas raíces llegan a alcanzar la capa de agua subterránea, lo cual los independiza del agua procedente de la lluvia. Algunos otros, tales como la gobernadora (*Larrea tridentata*) y la costilla de vaca (*Atriplex canescens*), son plantas perennes de raíces profundas con raíces laterales superficiales que se extienden a una distancia del tronco de entre 10 y 15 m.

Para impedir la pérdida de agua por transpiración, las plantas presentan una variedad de adaptaciones como cutículas cerasas gruesas, recubrimientos plumulentos, hojas carnosas pequeñas u hojas arrolladas reducidas a púas virtuales, así como la capacidad para desprenderse de hojas y entrar en estado de letargo cuando se acerca la época de sequía, supresión del crecimiento de ramas cuando el agua es escasa. Además, la mayor parte de los arbustos del desierto poseen características que parecen ser adaptaciones defensivas frente a animales apacentadores, algunas especies de *Euphorbia* contienen un látex venenoso o irritante; otros arbustos presentan un alto contenido de tanino en sus hojas y *Larrea tridentata* presenta un olor muy acre.

En las especies que presentan hojas con tricomas, éstos reducen la temperatura y la transpiración de las plantas. Frecuentemente, estas características anatómicas que previenen

la desecación se presentan también en las plantas que resisten las sequías. Probablemente las xerófitas más sorprendentes sean las perennes no suculentas que resisten las sequías, como es el caso de la gobernadora. Su tejido foliar se puede secar hasta un nivel que sería fatal para otras especies, puede perder hasta el 50% de su agua y no obstante, sobrevivir.

Los rasgos que permiten a las plantas no suculentas perennes, soportar la sequía, son innumerables, entre los principales se encuentran:

- a) Crecen donde el suelo no se seca más allá de unos cuantos decímetros, tienen una penetración rápida y profunda de sus raíces más allá de la desecación progresiva descendente a partir de la superficie y de esta manera nunca están sujetas a la resequedad del suelo; la profundidad de penetración de las plantas de este grupo es grande.
- b) Tienen sistemas radicales muy desarrollados. El porcentaje de marchitez determinado por las diferentes especies de plantas, demuestran que tienen una alta capacidad para absorber la humedad del suelo que está en contacto con sus raíces. Sin embargo, la extensión o el grado de ramificación y la longitud y el número de los pelos radicales difieren notablemente entre ellas.
- c) Las plantas con hojas siempre verdes están frecuentemente cutinizadas o tienen cera como *Larrea* que tiene una sorprendente resistencia a la desecación en condiciones de extrema sequía.
- d) Cuando los efectos de la sequía se presentan por primera vez, las hojas e determinadas xerófitas cambian de forma o de posición, de manera que la radiación directa se reduce y frecuentemente la parte de la superficie de transpiración queda protegida del contacto directo del aire. También tienen una reducción en el tamaño de las hojas; las láminas de las hojas pinnadas y de las foliadas son pequeñas, ventaja que aprovechan para evitar al máximo posible la transpiración.
- e) Las hojas de los arbustos desérticos están frecuentemente enrolladas o dobladas en tubos, con la cara inferior resinificada y con porosidades en la cara superior. De este modo, con los bordes de sus hojas rizándose y tocándose unas con otras los arbustos reducen la pérdida de humedad. El modo más seguro de sobrevivencia de las plantas de desierto es no exponer al máximo sus áreas verdes. La mayoría de las plantas

poseen puntiagudas espinas y espigones, cuya probable función es la de proteger a la planta del roce de los animales ramoneadores, además de que presentan una menor superficie de exposición a la pérdida de agua.

- f) La estructura global del desierto se ve modificada por los gradientes de humedad. La gobernadora aumenta su densidad con las lluvias (Woodell et. al., 1969) dentro de un intervalo de lluvia de 40-300 mm. La distribución local de la gobernadora también cambia dentro de este gradiente de humedad, presumiblemente a causa de la competencia entre las raíces para obtener agua.

Crecimiento

La máxima tasa de crecimiento se obtiene cuando el agua es más abundante. Se ha demostrado una correlación positiva entre la densidad de individuos de *Larrea divaricata*, con la lluvia. Trabajaron en doce sitios del desierto de Sonora y en el desierto de Mojave California.

Estableciendo una fuerte asociación y una agregación de alta regularidad con la poca lluvia que cae en estos lugares, con éstos y otros datos, surgieron que el espacio regular de *L. divaricata*, en sitios de poca lluvia, es el resultado de la competencia de las raíces por la poca agua disponible, y que la regulación se da eliminando plantas cuando la densidad de la población es muy alta. Después de trabajar con *Larrea divaricata* y *Atriplex vesicaria*, se observó que *L. divaricata* es más frecuente en sitios con pocos aguaceros, ya que no necesita de mucha agua para sobrevivir.

Una característica muy importante es que no tiene períodos de latencia en su crecimiento y por ello puede responder a los cambios ambientales. La energía producida por la fotosíntesis, cuando hay humedad disponible se dedica a las estructuras reproductivas. El crecimiento de las partes reproductivas (yemas florales, flores y frutos) se inicia si las condiciones de humedad son adecuadas. El crecimiento vegetativo se detiene o es más lento cuando el crecimiento reproductivo está en su máximo. Es muy sensible a la cantidad de humedad disponible para su crecimiento vegetativo y reproductivo.

La gobernadora es una planta que se desarrolla cíclicamente junto con las demás especies vegetales, pero en el desierto del Mojave (E.U.A.) hay un grupo de gobernadoras al que se atribuye una edad de unos 11, 700 años.

~ Profundidad de enraizamiento

Se sabe que las variaciones en la profundidad de enraizamiento ocurren en muchos ecosistemas y se cree que son un aspecto del recurso de partición (Parrish y Bazzaz, 1976). Durante excavaciones de la raíz, Cody (1989) observó las diversas estrategias de enraizamiento de las plantas del desierto, las cuales incluyen las raíces superficiales, las raíces gruesas y suculentas, las fibrosas, las relativamente superficiales de los zacates, las profundas raíces primarias de las plantas herbáceas y las más profundas de los arbustos y de la freatófitas. Las relaciones de agua de algunas de las especies desérticas que son co-ocurrentes han sido estudiadas, pero la profundidad de las raíces en relación con la humedad del suelo raramente es conocida con cierta precisión (Drew y Saker, 1978).

La profundidad de enraizamiento, probablemente esté relacionada en algún grado a la fenología. Se piensa que la distribución equidistante entre las especies dominantes es necesaria para disminuir la competencia a nivel de raíz y que otras especies podrían cohabitar a condición que los hábitos de sus raíces sean diferentes de aquellos de los dominantes. Tales interacciones competitivas ya han sido descritas, en varias comunidades. Por ejemplo, las raíces de *Opuntia fulgida* y de *Franseria deltoidea* están verticalmente separadas en el suelo, pero se traslapan parcialmente con las de *L. tridentata*. En consecuencia la estructura de la comunidad es determinada por la densidad y distribución de *L. tridentata* la cual ocupa, alrededor del 69 % de cobertura en el sitio. Mediciones de potenciales hídricos foliares evidencian que el espaciamiento regular en *L. tridentata* reduce la competencia por humedad, pero otros datos también señalan que su dispersión es comúnmente de forma amontonada.

Productividad

En cuanto a su productividad primaria se ha registrado un promedio que va de 2,100 a 4,100 Mcal/ha/año. La biomasa de hojas representa el 47 % del total de la biomasa nueva de los tallos producidos por un crecimiento apical. No presenta casi variaciones en su producción de biomasa año con año en una misma región (Vibrans, 2009).

Tolerancias y desventajas

La gobernadora es demandante de suelos con buen drenaje debido a que las raíces requieren altas concentraciones de oxígeno para su desarrollo. Por otro lado, es resistente a las condiciones extremas de sequía, porque logra captar buena cantidad de agua aún en

pequeños eventos de precipitación, por lo que puede mantener una fotosíntesis neta en suelos secos, en donde otras especies no sobreviven y al daño por insectos ya que tiene pocos enemigos naturales y estos le causan poco daño. Sobrevive en suelos arenosos, suelos calizos y bajos en fósforo, además de diferentes tipos de suelos, diferentes superficies geomorfológicas y diferentes regímenes de temperatura y precipitación. Tolera tierras degradadas del desierto y ha soportado radiaciones termonucleares: Plantas cuyas partes aéreas murieron por detonaciones termonucleares, después retoñaron.

La gobernadora es intolerante a suelos compactados ya que el tiempo de vida de la especie está negativamente correlacionado con la perturbación y la compactación del suelo y a suelos con alto contenido de fósforo. Además es sensible o susceptible a suelos alcalinos, debido a que el crecimiento de las raíces decrece en suelos con pH por arriba de 8. La desventaja de cultivar la gobernadora es que tiende a adquirir propagación malezoide invasora. Una vez que se establece es muy difícil reducir su densidad. No tiene fuertes enemigos naturales que la controlen.

Control biológico de Larrea tridentata

La razón porque *Larrea*, ha tenido un potencial alto para un control biológico sucesional, o sea las razones por las que ha podido sobrevivir y distribuirse tan ampliamente son:

1. Es perenne.
2. Crece en un hábitat, estable e inestable.
3. Tiene una relación muy cerrada para el crecimiento, por el clima muy similar que impera en una parte de Sudamérica.
4. Insectos en Estados Unidos, rara vez le causan algún daño a la planta.
5. Hay insectos en Argentina que no se encuentran en Norte América, que causan gran daño a *Larrea*. (De Loach, 1979).

En Argentina se encuentran plantas patógenas e insectos que pueden hacer un control biológico permanente de *Larrea* a un costo muy bajo, en comparación con los métodos químicos. Se menciona a continuación los organismos en orden de importancia que pueden hacer un control biológico de *Larrea*: *Guteierreria sarathrae* y *G. microcephala*, *Prosopis glandulosa*, *Flourensia cernua*, *Senecio jongilobus*, *Astragalus* spp., *Hymenoxys odovata*,

Bacharis neglecta, *Acacia famesiana*, *Parkinsonia acileata*, todas de las cuales son plantas nativas. Sin embargo la decisión de intentar su control biológico se toma en cuenta, considerando el potencial benéfico o nocivo de *Larrea*; en México como en Estados Unidos, esto se basa en dos consideraciones:

1. El conflicto de interés entre valuaciones de beneficio y daño; puede ser mayor que para una planta introducida.
2. Los efectos en el ecosistema de una gran reducción en la densidad de una planta nativa, especialmente si ésta es una especie dominante, puede ser contraproducente. (De Loach, 1978, 1979).

Composición fitoquímica

Los principales compuestos en la resina de *L. tridentata* son numerosos. Destacan por su mayor contenido en base al peso seco del follaje los lignanos, fenólicos, seguidos por las saponinas, flavonoides, aminoácidos y minerales.

La gobernadora, *Larrea tridentata* es uno de los arbustos que tienen mayor potencial químico, en cantidad y diversidad, pues llega a sintetizar en la superficie de sus hojas hasta un 50 % de su peso de numerosos metabolitos secundarios; el número de estos es de centenares, hasta la fecha se han logrado determinar la estructura química de alrededor de 150, distribuidos en los 6 grupos de compuestos químicos:

Cuadro 2. Grupos de sustancias químicas encontradas en las hojas de *Larrea tridentata* (governadora) (tomado de CIQA, 1979).

Nombre del Compuesto	Descripción
<p align="center">Compuestos volátiles</p> <p>Monoterpenos hidrocarbonados (6)</p> <p>Monoterpenos oxigenados (4)</p> <p>Sesquiterpenos (12)</p> <p>Aromáticos (13)</p> <p>Misceláneos (14)</p>	<p>Compuestos que le imparten su peculiar olor, especialmente después de la lluvia. Se cree que contiene alrededor de 400 diferentes sustancias, de las cuales únicamente 49 son conocidos hasta la fecha.</p>

<p style="text-align: center;">Lignanos</p> <p>Ácido nordihidroguayarético (NDGA)</p>	<p>Se han detectado 6 diferentes lignanos en la superficie de sus hojas, las cuales pueden representar un mecanismo de defensa contra herbívoros.</p>
<p style="text-align: center;">Flavonoides</p> <p>Compuestos unidos químicamente a moléculas de azúcares (ramnosa, glucosa, etc.) o bien libres, en el primer caso, se les identifica como glucósidos y en el último como agliconas.</p>	<p>Presentes en las hojas, lo que le atribuye que son factores importantes en el éxito de estas plantas en los difíciles ambientes desérticos. Aunque se desconoce el papel global de estas sustancias en las plantas, si bien para algunos de estos se ha encontrado funciones antimicrobianas, protección contra la radiación ultravioleta y pérdida de agua.</p>
<p style="text-align: center;">Ceras</p> <p>Son ésteres (productos de condensación de un ácido y un alcohol orgánicos)</p> <p style="text-align: center;">Fórmula:</p> $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_x - \text{O} - \underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}(\text{CH}_2)_y \text{CH}_3$	<p>Contiene una cera semejante a la carnauba, sin embargo, apenas representan el 0.1% del peso seco de las hojas.</p> <p>x = cadenas de 24, 26, 28, o 30 átomos de carbono. y = cadenas de 22, 24, 26, 28, 30, y 32 átomos de carbono.</p>
<p style="text-align: center;">Fitosteroles y Triterpenos</p> <p>El mayor componente es el ácido ursólico.</p>	<p>La información que existe es contradictoria, sin embargo, parece ser que las sapogeninas representan menos del 1 %.</p>

Ácido nordihidroguayarético (NDGA)

Dentro de todos estos, el compuesto más importante que se encuentra en la resina de las células cercanas a las capas epidermales superior e inferior de las hojas y tallos es el ácido nordihidroguayarético (NDGA) (Figura 15) uno de los antioxidantes mejor conocido. A nivel más técnico, desde la década de los cuarenta, muchos de los usos de su resina se concentraron en una supuesta acción antioxidante, por la presencia en las resinas, que se encuentran en sus hojas del ácido nordihidroguayarético (NDGA), que en cantidades abundantes presentaba atractivos para su extracción industrial. Se ha determinado que este ácido tiene propiedades como antioxidante, antiinflamatorio, citotóxica, antimicrobial e inhibidor de enzimas.

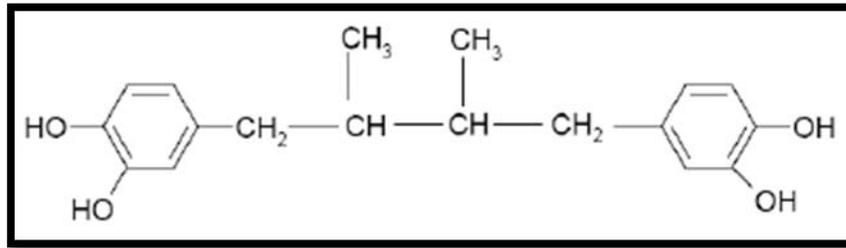


Figura 15. Estructura química del Ácido Nordihidroguayaretico presente en *L. tridentata*.

El NDGA es una sustancia blanca cristalina, con un punto de fusión entre 184-185 °C, es muy soluble en solventes con alcohol etílico, acetaldehído, acetona etílico y poco soluble en agua, es soluble totalmente en ácido acético y ácidos fórmicos, también soluble en soluciones alcalinas con un pH, arriba de 9.7, es oxidado con una formación de compuestos coloreados de rojo, la mayoría de los compuestos se encuentran en las hojas y ramas verdes.

Además del ácido nordihidroguayaretico (NDGA), más de cien productos naturales (saborizantes, aceites volátiles, cera, esterios, ligninas, terpenos) han sido recientemente separados e identificados de las hojas de *L. tridentata* y *L. divaricata*. (Timmermann, 1979). Todas las especies y sus híbridos producen NDGA 2, 3-dimetil-1 4-bis (3,4-dihydroxifenol)-butano, en una cantidad apreciable y es este fenol el que hace a *L. tridentata* económicamente interesante.

Usos del NDGA

El ácido nordihidroguayaretico (NDGA) es un antioxidante para el que también se han reportado varios efectos. Las referencias señalan que, además de inhibir a la 5- lipoxigenasa (5-LOX), inhibe la inducción de la iNOS68, aumenta la expresión de la eNOS, e inhibe los cambios en el ADN producidos por el estrés oxidativo. Sin embargo, hay referencias que señalan que el NDGA aumenta la apoptosis de células cancerígenas. El NDGA es conocido por su potente efecto antioxidante. Se ha utilizado en tratamientos de la piel, es muy efectivo usado como antioxidante de grasas, aceites y en la industria de los alimentos. Gran parte de su actividad biológica se debe a su potencial antioxidante que es 10-100 veces más efectivo que la vitamina E, C y de polifenoles de los granos de uva, es más estable y efectivo que el llamado té verde (un polifenol).

El NDGA se encuentra en grandes cantidades (más del 10% del peso) en las hojas y ramas de la planta *L. tridentata* Aunque se han atribuido numerosos efectos benéficos a esta planta, hay

varios reportes de casos en que se ha demostrado que a grandes dosis de *Larrea tridentata*, induce hepatotoxicidad y nefrotoxicidad en modelos animales. Entre otros efectos del NDGA se encuentra la inhibición de la proliferación de varias líneas celulares de cáncer, inducción de apoptosis de células tumorales y, al menos en un modelo murino, se observó que inhibe la proliferación tumoral. También se ha observado que el NDGA bloquea los efectos de la radiación UV, reduce el daño en la piel por inhibición de la expresión de ciertos genes e induce a su vez la expresión de otros genes que codifican para citocinas inflamatorias de la piel, inhibe la expresión de las metaloproteasas, interfiriendo con los efectos de los rayos UV. Por otro lado, varios estudios han demostrado que el NDGA tiene capacidad atrapadora de ERO, lo que se ha relacionado con la protección de la piel contra la luz UV, efecto queratolítico e inhibición de la infiltración de leucocitos a la piel (Floriano, 2007).

Se ha demostrado hasta un 15 % de NDGA en las hojas de esta planta (Hyder et al., 2002), sin embargo, la química de este género es muy compleja y tan solo en la superficie de sus hojas llegan a ubicarse decenas de compuestos químicos que con frecuencia presentan estructuras muy similares, lo que haría de la extracción industrial de alguno de sus componentes, una operación casi imposible y sumamente costosa. Mabry (1977) , tratando de evadir este problema, los compuestos fenólicos de la resina, han sido separados en fracciones, éstas han sido analizadas y desarrolladas como adhesivos y antioxidantes, esto es, en usos que no exigen purificaciones intensas; al mismo tiempo, se han llevado a cabo estudios minuciosos para demostrar una posible relación estructura-bioactividad (Mabry 1977).

Numerosos estudios han demostrado que los extractos de gobernadora tienen acción antifúngica bajo condiciones *in vitro* en al menos 17 hongos fitopatógenos de importancia económica. De igual manera, extractos y material vegetativo molido en polvo e incorporado al suelo han confirmado inhibir o controlar *in vivo* seis hongos en cultivos agrícolas (Moreno et al., 2011).

El NDGA, esta reportado como altamente tóxico para la *Salmonella*, *Penicillium* y severa con otros patógenos como *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum coccodes* y *F. oxysporum f. sp licopersici*, *A. flavus*, *Colletotricum gleosporides*, *Alternaria alternata* y *Rhizopus sp.* También severo con los hongos, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Pythium spp.* y otro hongos fitopatogenos como *A. flavus*, *A. niger*, *Penicillium chrysogenum*, *P. expansum*, *Fusarium poae* y *F. moniliforme* (Brinker, 1993). Se reporta que este compuesto quizá contenga algún

potencial para el control de hongos productores de aflatoxinas (Vargas et al., 2006 mencionado por Moreno et al., 2011).

Debido al efecto inhibitor en numerosos sistemas enzimáticos, *L. tridentata* y el NDGA tienen un amplio espectro de actividad como agentes antisépticos. Los estudios comparando varios extractos de *L. tridentata* mostraron que la fracción de NDGA no era responsable de toda la actividad antimicrobiana. La resina de gobernadora ha probado tener efectos bactericidas y bacteriostáticos a bajas dosis. El efecto de la resina como nematocida sólo ha sido consignado en pocos casos. En pruebas *in vitro*, la resina etanólica mostró una inactivación de los nemátodos a los 27 min, mientras que en el testigo (agua) la actividad duró 3.5 h. La actividad antiviral de los metabolitos de *L. tridentata* se consigna que el lignano 3-O-methyl del ácido nordihidroguayarático aislado de la resina del follaje tiene un efecto inhibitor de la actividad del virus del SIDA, ya que este lignano impide que el material genético de este virus se copie a sí mismo, evitando la replicación del virus.

Entre otras propiedades al NDGA, se le da el título de ser analgésico y vasodepresor e inhibitor de la formación de caries dentales en hamsters. El DNGA, ha sido utilizado en la industria como un estabilizador de polímeros, gomas y lubricantes. Puede ser utilizado en la prevención del enmohecimiento de metales y también puede ser usado en el revelado de fotografía. (Timmermann, 1979, Mabry, 1977).

Además se ha demostrado que la vitamina A se estabiliza con NDGA. Es muy efectivo en la protección de vitamina A, en leche empacada, leche en polvo, leche líquida, en helados y mantequillas, y en productos farmacéuticos, que contienen vitamina A y reserpina. La adición del antioxidante NDGA, a grasas en concentraciones mayores a 0.1%, fue aprobado por en los Estados Unidos, en 1943, y ha sido usada extensivamente para la protección de alimentos refrigerados y congelados. Se ha encontrado que el NDGA, en bajas concentraciones, inhibe numerosos sistemas enzimáticos, como el de la peroxidasa, catalasa, alcohol etílico, deshidrogenada, etc., El ácido ascórbico oxidasa, el ácido D-amino oxidasa, el sistema cicloforasa y ureasa, son inactivados porque por lo general son alteradas las propiedades del NDGA (Timmermann, 1979).

Varias síntesis de NDGA, han aparecido en la literatura y patentes, pero la mayoría de ellas involucran largas reacciones químicas, dando baja producción final o materiales costosos. La gobernadora fue un recurso comercial de NDGA por más de veinte años. Recientemente una

reacción sintética fue desarrollada, la cual podría reemplazar al NDGA natural. Se ha demostrado que NDGA es un compuesto excepcionalmente efectivo en el retraso de la descomposición oxidativa de las grasas insaturadas animales. Otro compuesto, el ácido ascórbico, se ha encontrado que mejora este efecto, ya que varias investigaciones han mostrado que el NDGA es menos efectivo como antioxidante cuando se usa en grasas y aceites vegetales (Pérez, 2003).

Usos de *L. tridentata*

Larrea tridentata es una fuente notable de productos naturales con aproximadamente 50% de peso seco de las hojas como material extractable. Buscando aprovechar su abundante presencia, desde hace tiempo se han propuesto para *Larrea* numerosos usos (Cuadro 3) muchos de éstos, basados en observaciones empíricas del habitante de estas regiones, quién ha encontrado en su uso algunas "bondades" curativas, muchas de ellas más producto de la imaginación o de la necesidad que dé una acción concreta; si bien algunas no están lejos de tener explicación desde el punto de vista acción, estructura química, como es el tratamiento de la micosis y los cálculos renales.

Cuadro 3. Principales usos de *Larrea tridentata*

USO	Descripción
<p style="text-align: center;">Industrial</p> <p>RESINA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preservación exterior de alimentos duros, se usa en el revestido de frutas, carnes, legumbres, cartoncillos y papeles, para evitar la acción higroscópica en dulces, pastillaje, chicles, caramelos y chocolates. • En farmacología se usa en el exterior de cápsulas, tabletas, etc. • En la industria del papel, iguala a la celulosa, que contienen o producen las confieras. • Para teñir cuero. • Extracción de fenoles que sirven de base para fabricar pinturas, plásticos. • Elaboración de jabones. • La fracción clorofórmica, (ácido 2-cloro etil fosfático) de la resina, estimulan y aceleran el brote de árboles de durazno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proveedora de resinas (contiene un 30%) se ha tratado de extraer de las resinas de hojas y tallos tratándolos con solventes, derivados de petróleo y otras con hexano y tetracloruro de carbono. • Se ha experimentado en la búsqueda de aceites esenciales para la elaboración de cremas y jabones faciales, su olor exquisito puede utilizarse para la elaboración de perfumes y cosméticos con fragancia de <i>Larrea</i>, otro de los usos es el incrustante de calderas. • Las resinas sirven para la elaboración de jabones y la fabricación de grasas para calzado. • La aplicación se debe efectuarse antes de la caída en la actividad enzimática de la peroxidasa en los arboles de durazno.

<p style="text-align: center;">Insecticida</p> <p>RESINA: Actividad fungicida y Actividad insecticida</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contra: gorgojo pardo del frijol (<i>Acanthoscelides obtectus</i>, Coleóptera: Bruchidae); barrenador mayor de los granos (<i>Prostephanus tmncatus</i>, Coleóptera: Bostrichidae).
<p style="text-align: center;">Comestible</p> <p>PEDÚNCULO, SEMILLA, HOJA: fruta, bebidas, dulces, semilla, aceite, verdura.</p> <p>FLOR: Condimento (especias)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los frutos son utilizados como sustitutos de las alcaparras. • El botón de la flor se emplea como condimento.
<p style="text-align: center;">Forrajero</p> <p>HOJA, VÁSTAGO, FRUTO, SEMILLA: Las hojas son importantes por su contenido de proteínas, lo que permite utilizarlas para consumo animal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere de la eliminación previa de las resinas para incrementar su digestibilidad y palatabilidad, es posible utilizar la gobernadora como forraje después de lavar las hojas y las puntas de los tallos, con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1% por 2 horas.
<p style="text-align: center;">Medicinal</p> <p>HOJA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En afecciones de las vías urinarias como los cálculos renales y para deshacerlos. • Problemas ginecológicos como esterilidad femenina, para el postparto y para regularizar la menstruación. • Baños para hemorroides, fiebre, paludismo, granos, golpes, buena cicatrización y reumatismo. • Para el reuma, cálculos de vesícula y renales, dermatitis, hepatitis y como antiséptico. • Malestares gástricos, enfermedades venéreas y tuberculosis. • Tratamiento para micosis. Posee actividad antimibiana. <p>RAMAS, RAÍZ O CORTEZA: Dolor de riñón e inflamación de vejiga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda tomar como agua de uso la cocción de toda la planta o las ramas. • Se sugieren lavados vaginales con el cocimiento de las hojas; también se emplea la raíz, ramas o corteza <p style="text-align: center;">Infusión</p> <ul style="list-style-type: none"> • En cocimiento, ingeridas en ayunas. • La infusión de las hojas.

Etnobotánica

Así mismo, los usos que se les da dentro de los grupos indígenas como los tarahumaras o rarámuris, se han usado para combatir enfermedades venéreas, tuberculosis, aplicado como cataplasmas en heridas cortadas y golpes, para provocar vómitos, disuelve cálculos renales y

vesiculares, junto con la garañona (*Castilleja rañensis*), es usado para curar fiebre y flujos. Por sus propiedades antisépticas, es usada en fomentaciones y baños.

Una mezcla de gobernadora con aceite de tejón se usa para quemaduras, esto ayuda a la formación de nueva piel; hoja de gobernadora hervida en agua es utilizada como fomentos para reumas, también tomada como té, dicen que cura el cáncer, versión popular.

- ❖ **Dosis:** Se puede preparar en té con 1 cucharadita de las hojas y las flores en una taza de agua caliente, dejándolo reposar durante 10 a 15 minutos. Se pueden beber tres tazas al día durante un máximo de dos semanas, a menos que un médico experto en herbolaria indique lo contrario. También se puede tomar 0.5 a 1 ml de tintura tres veces al día, bajo la supervisión de un médico experto en herbolaria. De forma tópica, se pueden mojar trapos en preparaciones de aceite o té de gobernadora y aplicarlos varias veces al día (con calor, si eso ayuda) sobre la zona afectada.

- ❖ **Efectos secundarios o contraindicaciones:** Se han descrito cuatro casos de personas que presentaron problemas hepáticos o renales (insuficiencia hepática y renal) después de tomar gobernadora. En casi todos estos casos se habían usado cápsulas o cantidades excesivas de té, o las personas tenían una enfermedad hepática previa. Como los estudios en humanos demuestran que el té de gobernadora en grandes cantidades y las inyecciones de NDGA a personas con cáncer no causa problemas hepáticos ni renales, es probable que los casos de toxicidad representen reacciones individuales. No obstante, no se debe tomar gobernadora durante más de dos semanas consecutivas. El té y la tintura de gobernadora tienen un sabor muy fuerte, que la mayoría de las personas consideran desagradable, lo que restringe la cantidad que pueden tolerar antes de sentir náuseas. Las cápsulas omiten este mecanismo protector y por lo tanto, se debe evitar su uso. Se debe evitar el uso interno de gobernadora durante el embarazo y la lactancia. Su uso tópico es seguro.

***Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.**

Taxonomía y Descripción de la especie

Referencias Taxonómicas del género Atriplex

El género *Atriplex* es una dicotiledónea, que pertenece al Orden Caryophyllales, y a la Familia Chenopodiaceae. En México se tienen registradas 39 especies del género (Villaseñor, 2004). *Atriplex* es el nombre genérico latino con el que se conoce a la planta y *canescens* viene del epíteto latino que significa "canoso, gris". Las plantas agrupadas en el género *Atriplex* son hierbas y arbustos anuales o perennes (Figura 16), monoicos o dioicos, con frecuencia blanquecinos o grisáceos; hojas opuestas o alternas, más bien pequeñas; flores solitarias, dispuestas en glomérulos axilares, en espigas o en panículas, flores masculinas y femeninas a veces en un mismo glomérulo; perianto de las flores masculinas de 3 a 5 divisiones; estambres 3 a 5; ovario rudimentario, las flores femeninas desnudas, pero con 2 brácteas acrescentes en el fruto, que están separadas o unidas, enteras, dentadas o apendiculadas, estilos 2, óvulo erguido o colgante; utrículo envuelto en las dos brácteas de la flor, con un pericarpio membranoso, generalmente separado de la semilla; embrión anular que rodea al endospermo. Unas 200 especies ampliamente distribuidas en el mundo sobre todo en zonas áridas y en suelos salinos. (Rzedowski et al., 2005). Los rasgos morfológicos distintivos usados para separar *Atriplex* de otros géneros de la familia Chenopodiaceae son: los apéndices del fruto, las brácteas frutales y las vejigas filamentosas de la superficie de la hoja, los tricomas epidérmicos (Black, 1954).



Figura 16. *Atriplex canescens* dentro del Desierto Chihuahuense.

Descripción Botánica de *Atriplex canescens*

Dependiendo de la región donde se le encuentre, la planta *Atriplex canescens* es conocida con varios nombres comunes, entre los que se encuentran: *fourwing-saltbush* (arbusto de sal-cuatro alas) en los Estados Unidos; costilla de vaca, chamizo y chamiza en el Norte de México; y cenizo en algunas partes de Sonora (Ibarra et al., 1979; citado por Peña, 1984).

Las características botánicas de *A. canescens* (Cuadro 4), además es una planta de hábitos de crecimiento perenne, es un arbusto leñoso, erecto, bien ramificado (se ramifica casi desde su base y corteza escamosa), cuyo color varía del verde claro al verde grisáceo; a menudo, con una superficie casposa sobre el follaje, que le hace brillar cuando inciden los rayos del sol sobre las hojas. Crece sola o en grupos dispersos entre otros arbustos, hierbas y zacates. Se les encuentra en llanos, laderas de cerros, valles intermontanos.

Cuadro 4. Características botánicas de *Atriplex canescens*.

órgano	Características
Tallo	Fuertes vigorosos y robustos, variando de cilíndricos a cónicos, quebradizos, suaves y lisos, de color gris casposo, la corteza más vieja es más gris y exfoliada o escamosa. Se ramifica desde la superficie del suelo, las ramas son robustas, cilíndricas, quebradizas, suaves y de color gris casposo.
Hojas	Perennes y numerosas, alternas, sésiles a subsésiles, racimosa, lineales, elípticas, oblongas o espatuladas. Ápice usualmente obtuso, base angosta y borde entero de 5 cm de longitud, y de menos de 2 cm de ancho con una nervadura gruesa y con la superficie del haz y del envés cubierta de una costra gris.
Flores	Pequeñas, color amarillo verdoso, inflorescencia en panículas, en las partes terminales de la rama. Generalmente unisexuales, y dioicas (las plantas). Las flores masculinas o estaminadas, carecen de brácteas, y están agrupadas en largas panículas terminales. Las flores pistiladas forman densas panículas constituidas por agrupaciones de espigas. Con las brácteas persistentes de tamaño regular en cada flor que continúan hasta ser fruto en el cual constituyen alas.
Fruto	Abultado, unicarpelar, con cuatro brácteas y alas notables, las que aparecen en los meses de agosto a septiembre. El fruto varía de tamaño y forma en diferentes regiones. Las brácteas son sésiles y cortamente pedunculadas, estas desarrollan dos pares de alas, el borde de las alas es entero o dentado, la superficie de las alas es plana, suave o con pequeñas excrescencias, entre las alas. El ápice es bifido.
Semilla	Se forma dentro del fruto o utrículo, este es de paredes gruesas y dificulta la extracción de la verdadera semilla, por tal motivo, algunos investigadores toman como semilla al fruto completo. La semilla es pequeña, de media a 2/3 de la semilla de alfalfa, de color amarillo cuando está madura. Su tamaño va de 1 a 3 mm de largo.

Más específicamente *Atriplex canescens* es una especie polimórfica que varía desde deciduas a especies con hoja perenne, dependiendo del clima. Es muy ramificado en sus tallos, estos son gruesos con la corteza blanquecina. Las plantas maduras van desde un intervalo de 0,3 a 2,4 m (30.48 cm a 2.45 m) de altura, dependiendo del ecotipo, el suelo y el clima. Sus hojas son simples, alternas, enteras, linear-espatuladas a estrechamente oblongas, canescentes (cubierto de pelos blanquecinos finas) y 1.27 a 5.8 de cm de largo (Figura 17).

Su sistema de raíces es ramificado y comúnmente llega muy profundo, profundidades de hasta 6 m cuando la profundidad del suelo lo permite. Su sistema radicular está provisto con una raíz principal que a veces se confunde con las raíces secundarias, y por un gran número de raíces adventicias distribuidas a lo largo de la raíz principal. El tamaño de las raíces es muy variado, y se ha encontrado que alcanzan profundidades desde 5 hasta más de 15 m , dependiendo de las características de cada sitio. Estas características la capacitan para obtener el agua necesaria en cualquier tipo de suelo y a profundidades considerables. Además la hace deseable para su establecimiento en regiones con baja precipitación y provistas de suelos de mala calidad (CONAZA, 1994).

A. canescens es principalmente dioica, con flores masculinas y femeninas en plantas separadas, sin embargo, algunas plantas monoicas se pueden encontrar dentro de una población. En los niveles más altos de ploidía el chamizo puede presentar tres estados sexuales, con plantas capaces de cambiar de femeninas a masculinas bajo estrés ambiental. También puede exhibir características hermafroditas (masculino y partes femeninas en una flor). Las flores masculinas son de color rojo a amarillo y forman espigas densas en los extremos de las ramas. Las flores femeninas son axilares y anodinas. La semilla está contenida en un utrículo alado que convierte un amarillo opaco cuando está maduro y puede permanecer unido a la planta durante todo el invierno (Ogle et al., 2012).



Figura 17. Características botánicas de *Atriplex canescens*, a) flor y frutos, b) hojas

Fenología

La floración ocurre entre junio y agosto, el fruto se desarrolla entre los meses de agosto a septiembre y presenta variaciones en tamaño y forma entre una planta y otra, dependiendo de la precipitación pluvial y otras características climáticas de la zona en que están localizadas. Generalmente las plantas empiezan a producir semilla de los 2 a los 4 años de edad, sin embargo, es común encontrar plantas que producen semillas desde su primer año de vida.

Métodos de reproducción sexual: La fecundación puede ser directa o cruzada; directa cuando intervienen en la fecundación gametos masculinos y femeninos originarios de una misma planta; y cruzada cuando en la fecundación intervienen gametos provenientes de plantas diferentes. La polinización juega un papel muy importante en la reproducción, ya que de esta depende la cantidad de semilla producida. La polinización se realiza por viento y/o por insectos (CONAZA, 1994).

Características genéticas de *Atriplex Canescens*

Origen del género Atriplex

Hall y Clements (1923) mencionan que el carácter más constante en los criterios usados para la clasificación del género *Atriplex* se relaciona con la posición de la semilla dentro del pericarpio, ya que cuando la semilla es recta, la radícula apunta hacia abajo ocupando así una posición inferior o basal en relación a la plúmula, la cual apunta hacia arriba o está curvada hacia un lado. En este sentido, estos mismos autores indican que *Atriplex* es un género ampliamente distribuido y considerado como un grupo natural el cual se desarrolló de una rama primitiva en la que la radícula apuntaba hacia abajo en el embrión y el órgano esencial de la flor pistilada estuvo subtendido por alguna clase de perianto (Figura 18). La posición inferior de la radícula es tan común en las Chenopodiales que cualquier modificación de ésta indica una línea filogenética divergente. Similarmente la ausencia de perianto es considerada como un caso de supresión y por lo tanto una señal de avance.

Con estos postulados es difícil seleccionar algún *Atriplex* como el ancestro común; el que más cercanamente reúne los requisitos es *A. hortensis* L. el tipo taxonómico del género, por lo que esta especie es colocada en el comienzo del subgénero *Euatriplex*, es decir, la rama en la que la radícula es siempre inferior y el perianto está presente o ausente en las flores pistilares; en el otro subgénero existente denominado *Obione*, el embrión siempre está invertido de modo que

la radícula apunta siempre hacia arriba (superior) y solo en algunas especies primitivas presentan un reducido perianto.

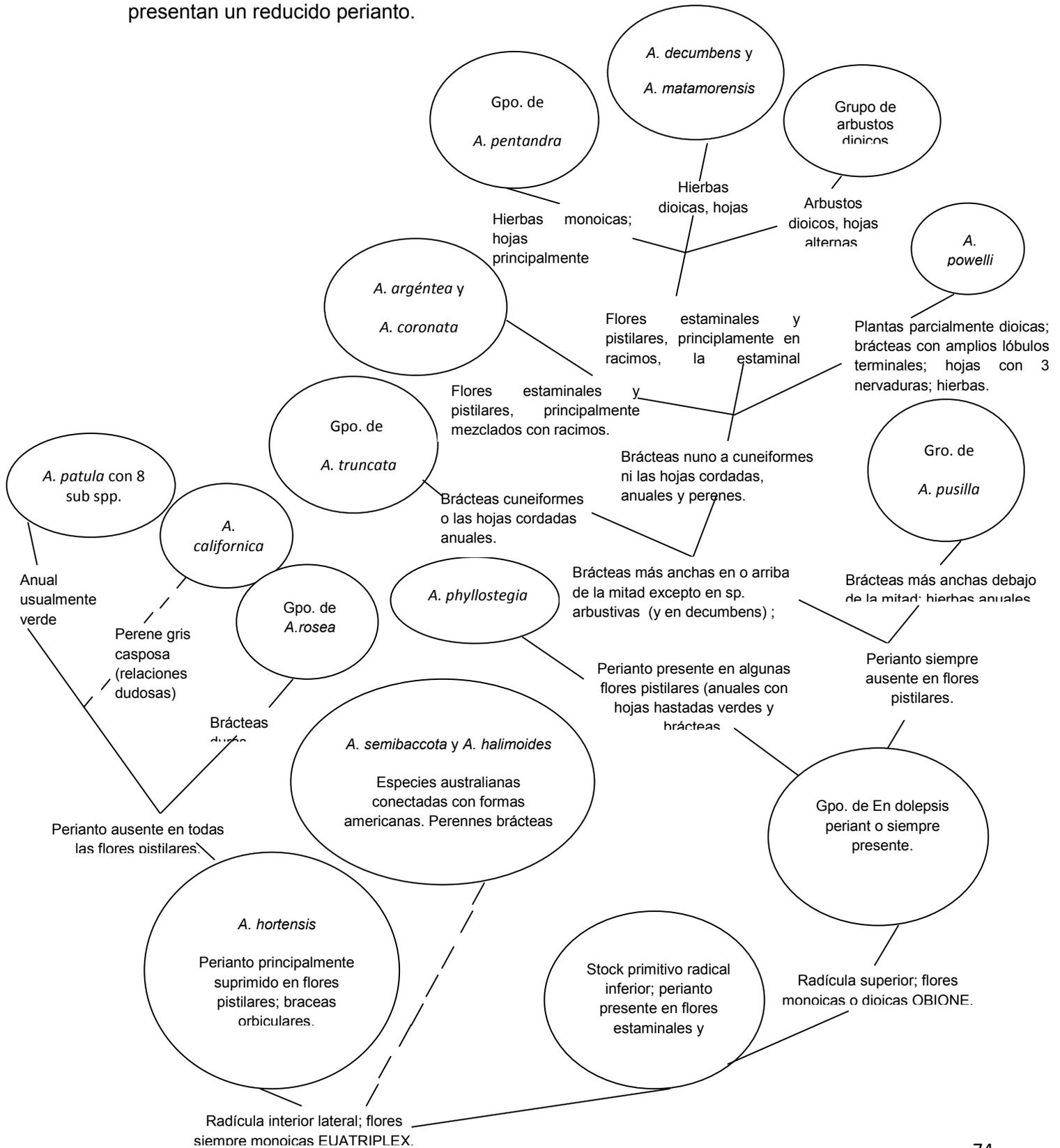


Figura 18. Carta filogenética del subgénero y divisiones más pequeñas de *Atriplex* (Hall y Clements, 1923)

Número de cromosomas en Atriplex

Osmond et al., (1980) señalan que sin excepción, el número básico de cromosomas en el género es $x = 9$. La gran mayoría de las especies (alrededor de dos tercios) son diploides con $2n = 18$ cromosomas, aunque son frecuentemente las tetraploides ($2n = 36$). Niveles más altos que el tetraploide se encuentran en menos del 10 % de las especies, ya que cuatro de estas especies son hexaploides ($2n = 54$) y una especie es octaploide ($2n = 72$). Indican también que la polisomatía o endomitosis, es decir, la ocurrencia de grandes células que contienen múltiplos del número normal cromosomas en el tejido somático de una planta, se encuentran comúnmente en puntas de raíces primarias de *Atriplex*. Aunque es posible algunas veces confundir polisomatía con poliploidía, es claro que la endomitosis no es responsable por los altos niveles de ploidía (Hernández, 1985).

Poliploidía en Atriplex canescens

Dentro de *Atriplex canescens* se encuentran diferentes niveles de ploidía, las especies de chamizo poseen una alta variabilidad genética. Los investigadores Stutz y Sanderson (1979) mencionado en Hernández (1985), indican que los fenómenos como la diseminación por el oeste de Norteamérica, la hibridación con otras especies de *Atriplex* y la poliploidía parecen proporcionar en gran parte tal variación.

De acuerdo con (Hernández, 1985), aunque *Atriplex canescens* es aparentemente un tanto plástica, muestra respuesta fenotípica a variables del medio ambiente y la mayor parte de su variabilidad posiblemente sea hereditaria. Siendo el chamizo una especie muy variable, la introgresión y variaciones de la ploidía son comunes. Existen seis variedades actualmente aceptadas de chamizo: *A. c. angustifolia* (Torr.) S. Watson, *A. c. canescens*, *A. c. gigantean* S.L. Welsh & Stutz, *A. c. laciniata* Parish, *A. c. linearis* (S. Watson) Munz, and *A. c. macilenta* Jeps (Ogle et al., 2012)

Tanto dentro y entre los niveles de ploidía de numerosos caracteres, estos pueden ser importantes para la supervivencia, en las poblaciones locales naturales como dentro de los productos de plantas cultivadas. Por ejemplo, se ha visto que los citotipos poliploides a menudo muestran una mayor resistencia a la sequía en comparación con citotipos diploides de plantas silvestres y/o cultivadas, lo que probablemente está relacionado con cambios en las propiedades del xilema, como resistencia a la falla hidráulica provocada por la sequía (You Hao, 2013). Otras características de los poliploides, es que suelen exhibir grandes estomas en

baja densidad, tienen un bajo potencial osmótico a plena turgencia, y una epidermis más gruesa, además de que todos tienden a reducir la pérdida de agua o mantener la turgencia en el caso de potenciales hídricos inferiores.

Aunado a esto también se sabe que algunos poliploides pueden mantener la fotosíntesis aunque a un nivel bajo, debajo de un potencial hídrico muy negativo, en el cual se ha visto que los diploides muestran la fotosíntesis completamente cesada (You Hao, 2013), lo que les permite sobrevivir en los ambientes desérticos, cabe mencionar que alrededor del 40% de las especies de *Atriplex* son plantas C_3 y el 60% restante son plantas C_4 (Hernández, 1985). La tendencia de evolución en razas poliploides también ha sido importante en la facilitación de la formación y estabilización interespecífica de híbridos (You Hao, 2013).

Hibridación

La hibridación es también común entre las especies de *Atriplex* incluso entre especies leñosas y herbáceas. Varias formas híbridas que incluyen a el chamizo se han documentado, incluidos los híbridos con *A. nuttallii*, *A. polycarpa*, *A. gardneri*, *A. obovata* y *A. falcata* (Ogle et al., 2012). De acuerdo con Meyer (2015) las formas híbridas, incluso aquellas que aún no han establecido poblaciones naturales, pueden poseer atributos que las hacen útiles en aplicaciones específicas de rehabilitación de tierras perturbadas.

Origen y Distribución

Origen.

Atriplex es un arbusto originario de América del Norte, según Stutz et al., (1975) indican que esta especie es posiblemente la más ampliamente esparcida de todas las especies perennes del género *Atriplex* en Norteamérica, la cual se extiende desde Canadá hasta en centro de México, y en una amplia zona desde la Costa del Pacífico hasta el río Missouri (Figura 19). Esta planta es una de las más ampliamente distribuidas en el oeste y sudoeste de Canadá y Estados Unidos, el sur de Dakota, Texas, Nuevo México, California, Utah y Wyoming. Dentro de las nueve regiones principales donde se distribuye el género destacan, por su diversificación y abundancia, las zonas áridas de Norteamérica, Sudamérica y Australia, encontrándose entre 60-90 especies en cada una de estas regiones.

Posee alrededor de 417 especies a nivel mundial que se distribuyen esencialmente en las áreas áridas y semiáridas, en rangos de precipitación pluvial media que fluctúan de los 100 a los 500 mm anuales (CONAZA, 1994).

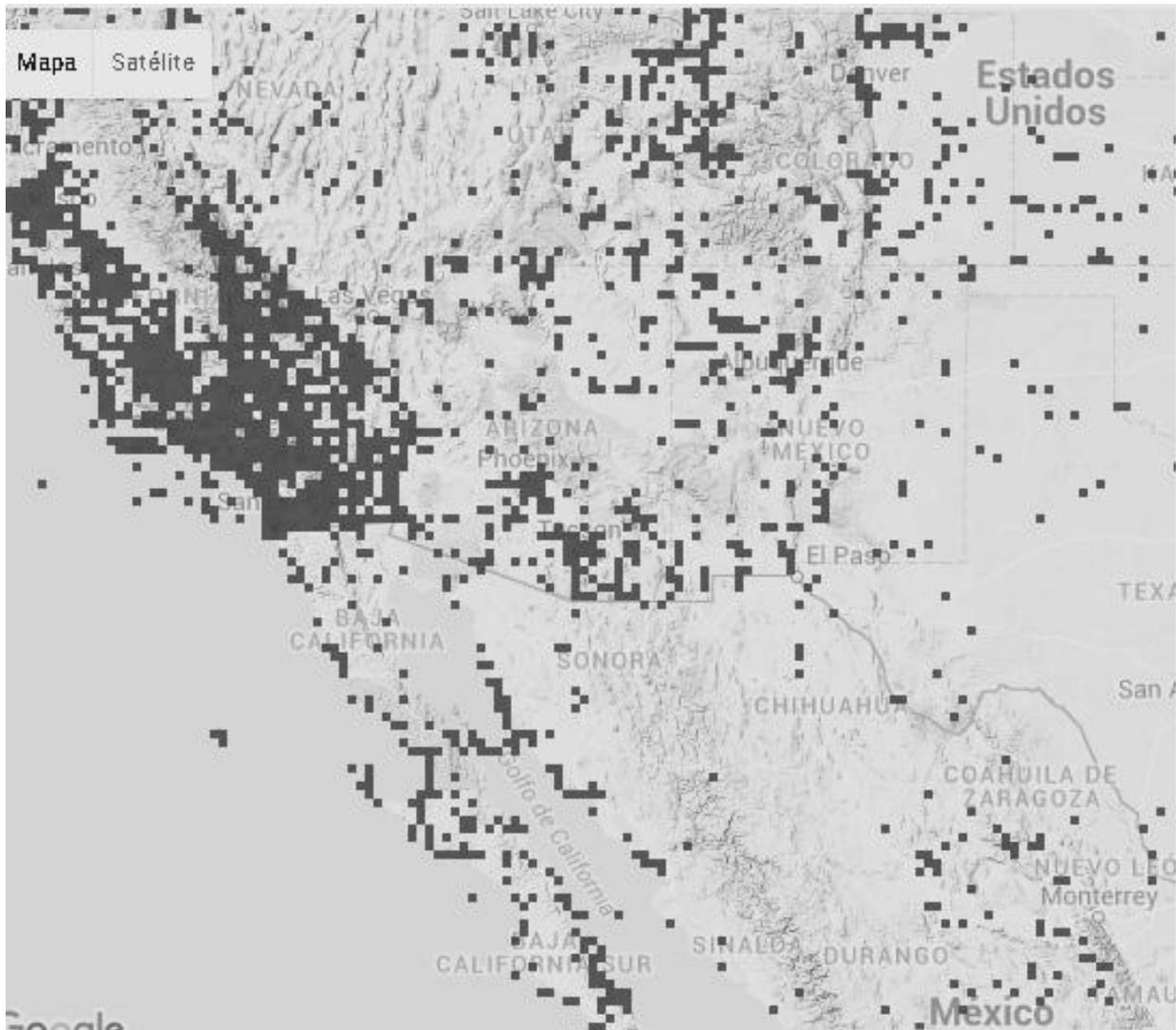


Figura 19. Distribución geográfica aproximada de razas de cromosomas de *Atriplex canescens*.

Diversificación de especies en relación con la aridez

La máxima diversificación del género *Atriplex* está en 3 centros de distribución: las regiones áridas de Norteamérica, Sudamérica y Australasia; cada una de ellas con alrededor de 60-70 especies y con una proporción de especies endémicas superior al 70% aproximadamente.

En estas regiones aisladas, se han constituido poblaciones bien establecidas de diversas especies, presentes en las regiones áridas y semiáridas de estos continentes, que se caracterizan por que presentan gran similitud en cuanto a su forma de crecimiento y por sus particularidades fisiológicas de su adaptación a estas regiones. Las poblaciones de especies que se desarrollan en estos hábitats se caracterizan por el “Kranz” anatómico foliar, donde este tipo de tejido comprende más del 85% de los taxa, dentro de las cuales *Atriplex canescens* es una de ellas (Hernández, 1985).

Distribución en México.

La distribución de *Atriplex canescens* en México, se le encuentra en el Desierto de Chihuahua, en las comunidades desarrolladas en hábitats correspondientes al clímax del pastizal; en la península de Baja California y en los estados de Chihuahua, Sonora, Zacatecas, Coahuila, Tamaulipas, San Luis Potosí y Durango (Quiñones, 1987).

Hábitat

Se desarrolla en llano, laderas de cerros y los valles intermontanos de las llanuras desérticas. Muy común en las cuencas cerradas o endorréicas donde en sus partes bajas se acumulan sales. Está presente en suelos de textura arenosa o arenoarcillosa, aunque también prospera en suelos arcillosos y francoarcillosos; es tolerante a las concentraciones moderadas y altas de salinidad y alcalinidad. Se le encuentra en llanos, laderas de cerros y en valles arenosos, formando comunidades puras o asociadas con arbustos como el *Prosopis juliflora*, *Larrea tridentata* con especies herbáceas del género *Sporobolus hilaria* (Valencia, 1991). En ocasiones llega a formar plantíos puros, pero generalmente crece sola o en pequeños grupos dispersos formando manchones entre otros arbustos de hierbas.

Ecología

Importancia ecológica

Las especies de *Atriplex* como componentes de las comunidades de pastizales áridos y semiáridos, han sido considerados como una alternativa viable para su establecimiento en zonas sobre pastoreadas, por su tolerancia a la sequía y a la salinidad, han tratado de aprovechar las condiciones prevalecientes en las regiones áridas y semiáridas del país. El chamizo se conoce desde hace algunos años como un arbusto que puede servir como un medio para reforestar zonas dañadas por la erosión, ya que puede ser propagado con facilidad

productiva de los agostaderos, contribuyendo a frenar la degradación de los suelos (INECOL, 2015). Por otro lado, la importancia de los arbustos de *A. canescens*, en su hábitat natural, radica en que constituyen una fuente de alimento para la fauna silvestre, por ser este un arbusto forrajero tolerante a la sequía y la salinidad, reúne excelentes características nutricionales, ya que es la predilección de algunas especies de rumiantes, entre ellos el ganado caprino, como una fuente limitada de alimento en las estaciones secas.

Los arbustos, proveen una alternativa como fuente de proteína (más del 15 %) por lo que son usados como reserva de alimento en los años de escasez de forraje, así como la protección del ganado. (Romero et al., 2003). El chamizo es un valioso arbusto forrajero, particularmente en invierno cuando éste presenta una más alta digestibilidad y contenido de proteína que la mayoría de las plantas forrajeras del agostadero (Hart et al., 1996 citado por Carrillo et al., 2011,).

Ciertas especies de arbustos son palatables y pueden proporcionar forraje durante todo el año, otras alcanzan su mayor producción en determinadas estaciones cuando otros grupos de plantas se encuentran en dormancia o completamente secas; es por eso que los arbustos forrajeros son especialmente valiosos cuando no hay otra fuente de forraje disponible así como por el alto valor nutritivo en algunas de sus partes, las cuales son cosechadas y suministradas como suplemento altamente rico en nutrientes (Thalen, 1979; citado por Hernández, 1985).

Competencia

Muchas de las "malas hierbas" en una zona de establecimiento de *Atriplex*, son parientes cercanos y herbicidas químicos diseñados para controlar las dicotiledóneas herbáceas. Por lo tanto, se han cultivado para eliminar la competencia de malezas, en el sur oeste de los Estados Unidos, las especies *Kochia* y *Amaranthus* son malezas importantes que compiten eficazmente con *Atriplex*. La evidencia reciente indica que estas especies también pueden ser fuentes de forraje importantes, por lo tanto, la posibilidad de plantación y el cultivo de dos o más especies al mismo tiempo, se debe investigar. La especie *Kochia scoparius* es un competidor particularmente fuerte y puede dejar fuera de competencia plántulas *Atriplex* para la luz, agua y nutrientes. En tales plantaciones mixtas se podría utilizar *Kochia* como forraje en la época de crecimiento y reservar el *Atriplex* como alimento de invierno de alto valor proteico.

Tipos de Vegetación y vegetación asociada

La costilla de vaca es un elemento común y deseable en varios tipos de vegetación, entre ellos: matorral desértico micrófilo, y vegetación halófila (Figura 20); se encuentra frecuentemente asociada con las gramíneas de los géneros *Sporobolus*, *Scleroogon*, *Distichlis*, *Muhlenbergia* *Aristida*, *Digitaria*, *Boutelona*, *Chloris* e *Hilaria* y con otras especies de *Atriplex* como *A. confertifolia*, *A. acanthocarpa*, *A. linearis*, *A. gardneri* y *A. matamorensis*.

En la vegetación halófila se encuentran asociada a especies herbáceas y en mucho menor grado arbustivas, como *Acacia greggi*, *Allenrolfea occidentalis*, *Atriplex acanthocarpa*, *Clappia suaedaefolia*, *Cynodon dactylon*, el zacate salado *Distichlis spicata*, *Lycium berlandieri*, el mezquite *Prosopis glandulosa*, la rodadora *Salsola iberica*, el saladillo *Sesuvium verrucosum*, los macollos del zacatón alcalino *Sporobolus airoides* y el saladillo *Suaeda mexicana*.



Figura 20. Matorral desértico micrófilo en donde se observa a *Atriplex canescens* en asociación con *Larrea tridentata*.

También se ha visto la presencia de *A. canescens* en el pastizal de navajita, presente en los suelos de profundidad media de los valles, laderas y mesetas del oeste del DC, así como en los sitios con alto contenido de yeso en la región conocida como Valle del Salado, presente en la zona más árida al sureste del DC, en el norte de San Luis Potosí (Granados y López, 2001). En el matorral micrófilo se encuentra asociada con gobernadora (*Larrea tridentata*), mezquite (*Prosopis sp.*), chaparro prieto (*Acacia greggii*), hojasén (*Flouresia cernua*), mariola (*Parthenium incanum*), saladillo (*Suaeda mexicana*), junco (*Koeberlinia spinosa*) y algunas especies de *Opuntia* (Figura 21) (CONAZA, 1994).



Figura 21. Vegetación asociada a la costilla de vaca en el Desierto Chihuahuense,

Aspectos fisiológicos

La mayoría de las especies de *Atriplex* son perennes, poseen metabolismo C₄, lo que mejora la eficiencia fotosintética y han evolucionado en condiciones de estrés hídrico, alta intensidad, luz de y altas temperaturas, por lo tanto, uno podría anticipar selecciones genéticas que son excepcionales en relación con estas propiedades.

Condiciones climáticas y requerimientos de agua

En Norteamérica se le ha encontrado hasta los 2,500 msnm, mientras que en el Desierto de Mojave se ha reportado la presencia de plantas en altitudes por abajo del nivel del mar. En México, se le encuentra en altitudes desde los 200 hasta los 1,600 msnm. Las plantas adultas tienen la capacidad de soportar las temperaturas extremas de los desiertos, por lo que raramente presentan daños por heladas; se establecen bajo condiciones de exposición directa al sol, siendo muy resistentes a la sequía.

La costilla de vaca es una planta adaptada a las condiciones climáticas existentes en las tierras áridas, crece en áreas donde la precipitación media anual es de 250 mm o aún menos. Se sabe que los cultivos de *Atriplex* se establecen en lugares halófitos y donde no hay disponibilidad de agua para irrigación o en lugares donde la cantidad de agua es tan pobre que se han eliminado los cultivos tradicionales. Aunado a esto, se ha visto que el riego con agua en cantidad razonable (1200 ppm TDS) contra agua salobre (7000 ppm TDS), no genera una disminución en el rendimiento durante un periodo de dos años (Krieg et al., 1977).

Tolera masas altas de agua o inundación a finales de invierno. Tiene tolerancia a la sombra. No es especialmente tolerante de fuego, pero puede rebrotar en cierto grado si el fuego no es tan intenso. Su capacidad para tolerar condiciones extremas de frío varía con ecotipo (Ogle et al., 2012). En este sentido *Atriplex canescens* como una especie potencial para ser cultivada.

Condiciones edáficas y tolerancia a sales

Se adapta en una gran diversidad de suelos, siendo común encontrarla en suelos con profundidades de un metro, desde los arcillosos hasta arenas gravosas, salinos, altamente alcalinos y calcáreos. Se ha observado que es tolerante a la salinidad en concentraciones

medias. La concentración óptima de cationes es de 50 meq/Lt, pero de ninguna manera queda restringida a establecerse en suelo únicamente salinos; además, tiene la capacidad de crecer en áreas fuertemente impregnadas de álcali blanco o “salitre”, aunque no por eso es indicador de éste. Al parecer el mecanismo de tolerancia a sales se lleva a cabo en filamentos vesiculares sobre la superficie de las hojas. La solución concentrada es empujada a través de del sistema vascular acumulándolas y empujándolas vía células del tallo y acumuladas en la vacuola de la célula. La principal barrera para el transporte vascular está en las raíces y la savia del xilema. Se han medido grandes concentraciones de sal en las células, aunque el resto de la planta está libre de sal. Después de un periodo, la sal alcanza concentraciones críticas, las células revientan, esparciendo cristales de sal y pedazos de pared celular. Con una precipitación eventual, las sales son lavadas y recicladas a través de la planta.

Muchos estudios han indicado que la tolerancia de la planta al NaCl se asocia con una tasa relativamente baja de absorción de iones. Esta planta que crece en medios salinos pueden regular su absorción de iones hasta cierto punto, pero por lo general un aumento en la salinidad provoca una adaptación osmótica y una acumulación de sales en los órganos de la planta. La absorción de cationes por el exceso de células vegetales se asocia con un aumento en la síntesis de ácidos orgánicos (Andrade, 1992).

Respecto al pH, su mejor desarrollo ocurre en suelos con un valor superior a 7.0. No se encuentra de manera silvestre en terrenos no calcáreos, por otra parte, está catalogada dentro del grupo de plantas capaces de absorber selenio en forma secundaria, ya que se ha observado que acumula este elemento en suelos donde se encuentra presente. De forma general, por sus características, los suelos de origen aluvial son los mejores para el desarrollo de esta especie.

Ácido oxálico

Varias plantas dentro de la familia Chenopodiaceae acumulan altas concentraciones de ácido oxálico que puede causar toxicidad en mamíferos caracterizado por diversas afecciones e incluso la muerte. Por ello ha habido una considerable preocupación de que las especies de *Atriplex* recomendadas para forraje también pueden acumular niveles tóxicos de oxalato. Osmond (1963) ha propuesto que el oxalato es sintetizado en las chenopodiaceas como anión que equilibra el exceso de sodio acumulado en la planta. Esta síntesis de ácido orgánico aparentemente solo se produce cuando los aniones inorgánicos, como el cloro, de alguna

manera no se acumulan al mismo ritmo que el sodio. Recientes estudios en varias especies de *Atriplex* indican que los niveles de oxalato no son lo suficientemente altos como para causar problemas de toxicidad en ganado vacuno y ovino. Se ha supuesto que el aumento de la salinidad del sustrato conduce a niveles superiores de oxalato, pero en las soluciones de cultivo donde crece *Atriplex canescens* se acumula menos oxalato que los controles (testigo) cada vez que la salinización es provocada por el aumento de los niveles de sodio arriba de 0.5 M.

Ecotipos de *Atriplex canescens* que muestran buena variabilidad genética, incluyendo su selectividad para acumular niveles bajos de oxalato, han sido seleccionados. No hay pruebas de que la acumulación de sodio o cloro es lo suficientemente grande para ocasionar desordenes metabólicos.

Análisis químico y valor nutritivo

En comparación con otras especies arbustivas, todos los arbustos chenopodios contienen altas concentraciones de proteína cruda digestible, iones sodio (Na⁺), potasio (K⁺) y cloruro (Cl⁻), los valores de proteína son altos en relación con otros pastos y leguminosas, además se mantienen durante todo el año. La proteína total de cenizas, calcio y fósforo son especialmente altos a principios de la temporada de crecimiento de *A. canescens*. Después de la primera cosecha, el contenido de proteína disminuye ligeramente y el contenido fibra aumenta considerablemente conforme avanza la temporada. El extracto de nitrógeno libre, el calcio y los niveles de fósforo parecen ser mantenidos a lo largo de toda la temporada de crecimiento. *A. canescens* mantiene una fuente de forraje durante los meses de invierno y en climas fríos, ya que al parecer los niveles de proteína son suficientemente altos que proveen al menos una alimentación parcial (Godding y Mckell, 1970).

Como se puede observar en el Cuadro 5. *A. canescens* es un arbusto altamente aceptable, tanto las hojas como los tallos, las flores y las semillas, son pastoreadas con facilidad por el ganado. El contenido promedio de proteína va de 14 a 18% dependiendo de la época y del sitio donde se desarrolla. Sus contenidos de proteína, calcio y fósforo son relativamente altos durante todo el año. El chamizo es uno de los arbustos más apetecidos por el ganado en el norte de México; las hojas, tallos y flores son consumidos por toda clase de ganado, con excepción de los equinos, los cuales la consumen solamente en invierno, cuando escasean otros forrajes.

Cuadro 5. Análisis bromatológico de *A. canescens* (hojas y tallos).

Componente	%
Materia Seca	91.3
Proteína cruda	15.7
Fibra cruda	15.02.01
Extracto etéreo	4.3
Ceniza	12.2
E.L.N.	52.8

(*) E.L.N. Extracto de nitrógeno. Fuente: Ibarra, 1979.

Cultivo potencial

Varias especies de *Atriplex* han crecido en condiciones agronómicas rutinarias como un cultivo de forraje, y se ha visto que luego de varios años de cultivo la base de la planta puede llegar a ser muy leñosa, a menos que la frecuencia de la cosecha se programe para minimizar este problema. Uno debe tener en cuenta que es una planta bien establecida y que tiene un valor de supervivencia mucho más allá que el de las plantas de cultivos tradicionales. Cientos de informes procedentes de diversas partes del mundo, clasifican *Atriplex* spp. apetecible para muy diversas clases de ganado, y cumple con toda la gama de palatabilidad (Godding y Mckell, 1970).

Manejo de *A. canescens* y su productividad

Cultivo de Atriplex

El interés por las especies de *Atriplex* es relativamente reciente, fue en Estados Unidos, a principios de siglo, donde se empezó a estudiar la costilla de vaca. En la actualidad, otros países como Irán, Túnez e Israel, además de Estados Unidos de América, Australia y Chile han efectuado numerosos estudios de esta especie que han conducido a la obtención de métodos de propagación y utilización de la especie. En nuestro país, también se han llevado a cabo investigaciones tendientes a determinar aspectos biológicos, ecológicos, nutricionales y de producción de la costilla de vaca.

La costilla de vaca, aun cuando existe en forma natural como parte de la vegetación nativa, representa un cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas por su adaptabilidad a condiciones de salinidad y tolerancia a la sequía, su producción de forraje y su valor nutritivo. El sobrepastoreo y el consumo de las semillas por el ganado afectan su reproducción, propagación y sobrevivencia, por lo que es conveniente llevar a cabo revegetaciones de esta especie. La propagación de *Atriplex* se hace en forma natural por semillas y en forma vegetativa por rebrotes de raíz (Urrutia. et al., 2007).

~ Plantación

El chamizo comienza su crecimiento a mediados o finales de la primavera. La semilla madura entre los 3 a 4 meses después de la floración. Normalmente se propaga a través de la distribución de semillas, pero también se puede enraizar el brote después de un incendio forestal o si está cubierto con una capa de arena. Los soportes suelen tardar de tres a cuatro años para establecerse, pero una vez establecidas las plantas son bastante competitivas con otras especies. El chamizo se puede establecer mediante el trasplante a principios de primavera, la siembra directa a finales de otoño, invierno temprano o muy a principios de primavera (Ogle et al., 2012).

Siembra

~ Propagación sexual o por semilla.

Para siembra directa con semillas hay dos épocas apropiadas, para su establecimiento, de junio a julio, o de octubre a noviembre ya que estas fechas coinciden con los periodos de precipitaciones de verano e invierno. La siembra puede ser al voleo o en surcos procurando tener una profundidad de siembra de 5 cm. Se ha utilizado como medio de propagación de *Atriplex* ofreciendo la semilla al ganado revuelta con el alimento (CONAZA, 1994).

Uno de los principales problemas en la germinación de semillas de *Atriplex* es el bajo porcentaje de germinación (12%), por lo que es necesario recurrir a técnicas de escarificación que interrumpen la latencia de las semillas, con lo que se incrementa el número de plántulas que se pueden obtener (Beltrán, 1999). Al parecer, la escarificación mecánica fuerte tiende a incrementar la germinación (Nord y Whitacre, 1957).

Por ello es que se recomiendan diversos tratamientos de pre-siembra para las semillas. Los factores que afectan a las semillas son los siguientes:

1. **Latencia:** Atribuido al contenido de saponinas presentes en las brácteas, lo cual se reduce considerablemente con el remojo de las semillas ya que las vuelve más porosas (Meyer, 2003).
2. **Calidad:** Varía dependiendo de la región de colecta, los porcentajes de semillas vacías y la viabilidad de las semillas varían con la región (Urrutia et al., 2007).
3. **Cloruro en los frutos:** Retarda e inhibe la germinación, es muy probable que el cloruro sea utilizado como medio de defensa de la semilla, como protección para un desarrollo falso o incierto en el periodo que las condiciones ambientales sean desfavorables para su germinación (Clor et al., 1989). Por lo que Twitchell (1955) menciona que después de remojarlas por dos horas en agua de buena calidad, se elimina el 90% de este cloruro.
4. **Cubierta:** Es resistente e impermeable y no permite el paso del agua con fluidez y con ello retarda el intercambio gaseoso

Beltrán (1999) propone que lijar la semilla y remojarla durante 48 horas ha sido el mejor método de escarificación donde más del 50% de las semillas germinan, También se puede hacer una escarificación de moderada a fuerte con lija o con licuadora (Cárdenas, 1974), y el remojo en nitrato de potasio al 0.2% (Soltero, 1982). Se ha encontrado que con licuadora el tiempo óptimo es durante 120 s . Para separación de frutos llenos y vacíos se debe hacer en alcohol al 95%.

~ Propagación asexual o vegetativa.

En cuanto al tipo de reproducción vegetativa por rebrotes de raíz (Figura 22) juega un papel muy importante para la propagación de la planta ya que el 77% de las plantas encontradas de manera natural en una zona de Chihuahua, eran provenientes de rebrotes, la distancia promedio de los rebrotes a la planta madre fue de 1 a 2 metros (2.4 metros máximo). Aunque este tipo de propagación no es fácilmente reproducible en condiciones artificiales, es más efectivo y confiable que la reproducción por semillas, sin embargo para acciones de revegetación se utiliza principalmente su propagación por semilla.

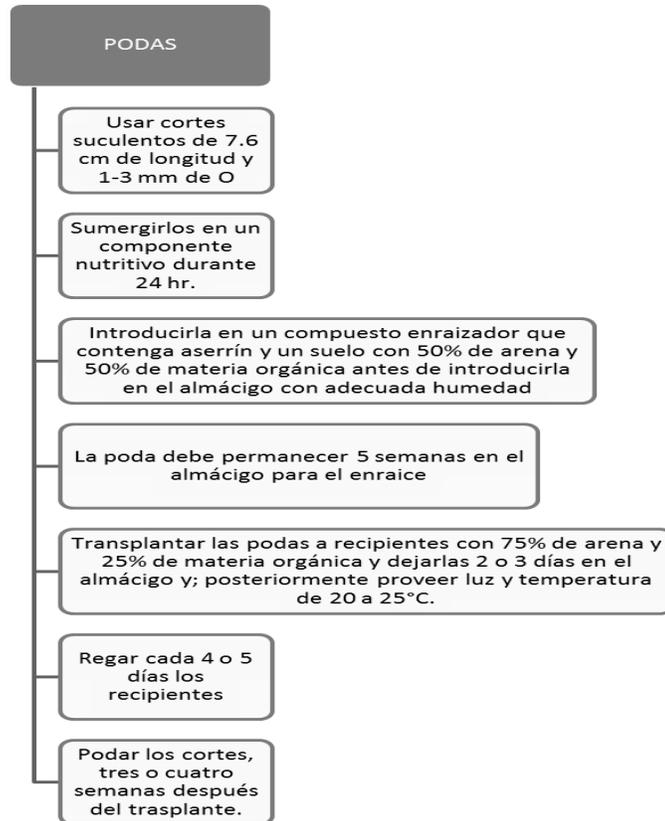


Figura 22. Metodología para propagar *A. canescens* mediante podas enraizadas

Plantación

~ Preparación del terreno.

Antes del establecimiento de las plántulas de costilla de vaca en el lugar definitivo es necesario llevar a cabo la preparación del terreno, misma que consiste en un desmonte selectivo; en caso de que el área de establecimiento sea un sitio muy perturbado o un área de muy baja densidad de la vegetación no será necesario llevar a cabo el desmonte selectivo. La plantación también puede realizarse en parcelas abandonadas.

La preparación del terreno incluye el levantamiento de bordes a nivel en sentido perpendicular a la pendiente: los bordes se pueden levantar con tractor y bordeadora, o bien mediante dos pasos de arado jalando por tiro o yunta. La finalidad de los bordes es retener la humedad. Otra práctica recomendable es la construcción de microcuencas en forma de media luna o herradura en la base de cada planta.

Las microcuencas se construyen en sentido perpendicular a los escurrimientos. Si la preparación se ha hecho levantando bordos, las cepas o pozos para las plantas se ubican aguas arriba y en el fondo del bordo, que será donde tenga una mayor captación de agua. En cambio, si la preparación ha incluido microcuencas, los pozos irán colocados sobre una línea trazada previamente. Los pozos deberán tener una profundidad de aproximadamente 30 cm. El cercado es una parte importante de la preparación del terreno, ya que permitirá proteger a la plantación de su posible utilización por el ganado antes de que alcance el tamaño para ser aprovechada (CONAZA, 1994).

~ Distancia de la plantación:

Las distancias a utilizar en la plantación de la costilla de vaca son de 2 m entre hileras y 1 entre plantas, con lo cual obtenemos una densidad de 5,000 plantas por hectárea.

~ Trasplante:

La plantación deberá realizarse cuando se inicie la temporada de lluvias, a fin de aprovechar la mayor humedad posible que asegure el establecimiento de la planta. Un día antes del trasplante las plántulas deberán ser regadas para que lleguen al sitio definitivo de plantación con humedad. En las cepas hechas con anterioridad se coloca la planta de costilla de vaca sin bolsa pero con su cepellón de tierra, cuidando que las raíces no se doblen.

~ Mantenimiento:

Consiste en la conservación del cerco de protección, la reposición de plantas muertas y el reforzamiento de los bordos o las microcuencas. Es necesario dar un buen manejo a la plantación evitando el sobrepastoreo. Otros cuidados incluyen:

~ Abonado y fertilización:

El chamizo no ha mostrado respuesta evidente a la fertilización o al abonado (Loredo et al., 1996), probablemente debido a que en forma natural crece en suelos de fertilidad baja.

~ Control de plagas y enfermedades:

En plantaciones de chamizo no se han reportado daños por plagas o enfermedades que requieran de algún control fitosanitario. Sin embargo, se han observado daños ocasionados por lagomorfos (conejos y liebres) y otras especies de fauna silvestre, debido a que durante el consumo trozan los brotes tiernos, causando daños severos a las plantas en fase de establecimiento y desarrollo. Esto se observa con mayor frecuencia en plantaciones realizadas al inicio de la estación de lluvias, debido a que la disponibilidad de alimento producido por las

gramíneas está reducida aún (Loredo et al., 1993). Por ello es conveniente realizar algunas prácticas de manejo para evitar dichos daños:

- a. Uso de trampas para lagomorfos.
- b. Trasplante tardío.
- c. Protección del banco con malla cerrada.

Entre estas prácticas, lo mejor es proteger el cultivo con cerco de alambre y malla de diámetro pequeño (en la parte inferior del cerco), ya que de cualquier manera deberá cercarse para evitar la entrada de ganado en las épocas de crecimiento y recuperación de las plantas (Urrutia et al., 2007).

Cosecha

Los frutos son colectados con facilidad cuando están bien maduros. El periodo de la cosecha puede extenderse por algún tiempo, considerando que no todas las semillas de las plantas maduran al mismo tiempo, aunque mantienen las semillas durante varios meses. Sin embargo, la mejor época de colecta está comprendida entre los meses de octubre a abril, cuando la semilla aún está en la planta pero ya ha alcanzado la madurez.

Cuando se requiere semilla para efectuar resiembras se recomienda que las colectas se realicen antes del pastoreo, debido a que puede ser consumida por animales, o diseminada en el suelo, lo que ocasionaría más problemas al momento de la cosecha. La mejor época de colecta está comprendida entre los meses de octubre a abril.

La producción de semilla es abundante y fácilmente cosechable (Figura 23) a mano cuando está madura, no es necesario limpiarla, tiene un promedio de 47000 semillas por kg con el 85% de pureza y 50% o más de vigor. El número de semillas por kg varía de 16,809 a 11,009 para las semillas que tienen alas; y de 27,609 a 154,809 para semillas sin alas. Se puede guardar por varios años en un lugar seco sin que pierda su viabilidad (CONAZA, 1994).



Figura 23. Plantas de chamizo, en las que se aprecia la forma de las semillas aún verdes (izquierda) y maduras (derecha). Nótese la coloración de la semilla madura; cuando se desprende fácilmente, significa que es el momento de cosecharla.

Aprovechamiento y productividad

La costilla de vaca alcanzará su tamaño adecuado para ser utilizada alrededor de 2 años después de plantada; pero, es más recomendable que su aprovechamiento se inicie hasta el tercer año. El aprovechamiento puede ser por ramoneo directo de los animales; el manejo se realiza por rotación de potreros, cuidando que la utilización sea de 60 días para que la planta recupere su vigor. La costilla de vaca puede ser empleada en la elaboración de raciones balanceadas y es fácilmente henificable (CONAZA, 1994).

En comparación con la productividad neta de otras comunidades vegetales como *Pennisetum surpureum* Schumach. (en inglés "Napier grass") o pasto de Napier con una producción de 300 kg/ha, en Puerto Rico y de la gobernadora *Larrea tridentata*, 1000 kg / ha, se ha visto que esta varía con la forma, densidad, y otros factores. Se estima que la productividad incrementa ligeramente a medida que disminuye el número de individuos puesto que el tamaño de las plantas aumenta. Al oeste de los Estados Unidos se cultivan tres especies de *Atriplex* bajo condiciones de riego limitado, con ello se ha logrado la producción de 10.000 kg/ha/año de manera sostenida (Godding y Mckell, 1970).

Valencia (1991) determinó que la utilización de tejido foliar producido por *A. canescens* fue mayor en las épocas de verano y otoño (92 y 74 % de lo ofrecido al animal, respectivamente) y que existe una relación directa entre la disponibilidad de materia seca y el consumo de la misma; además, la productividad total de *A. canescens* es menor cuando se utiliza frecuentemente que cuando es sometida a una sola cosecha al finalizar la época de crecimiento.

Sistema de crianza

Se puede observar en la Figura 24. El sistema de crianza más utilizado para las plantas de chamizo.

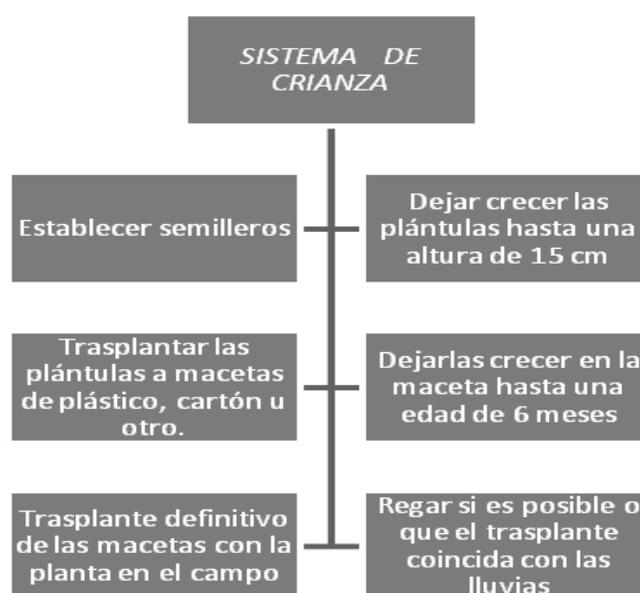


Figura 24. Proceso del sistema de *Atriplex canescens*

Manejo y explotación.

Este arbusto tiene la capacidad de soportar un pastoreo relativamente intensivo, aunque sino descansan los agostaderos, y este uso se prolonga por varios años consecutivos, las plantas se debilitan y terminan por desaparecer. En pastizales donde el pastoreo es muy intenso, las plantas pueden ser afectadas en diferentes grados, pero cuando son utilizadas a más del 60% de su producción, se debilitan, ya que no existe entonces suficiente área foliar que le permita sintetizar los nutrientes necesarios para su preservación, por lo que generalmente las plantas mueren; por lo tanto se plantea este 60% como límite máximo para el manejo.

Usos

Palatabilidad del género Atriplex.

A. canescens constituye una planta muy utilizada por la fauna silvestre; entre las especies que la consumen destacan venados, codornices, puerco espín, conejos, liebres, ardillas y otros roedores. A pesar de que se han hecho algunos estudios para el establecimiento de *Atriplex* en México, el principal énfasis se ha puesto en la determinación de su valor nutritivo.

En este contexto, muchas especies de *Atriplex* pueden mostrar altos valores nutritivos, no obstante, la palatabilidad de algunos arbustos puede ser relativamente baja, particularmente en ciertas comunidades vegetales donde existe en abundancia las especies más apetecibles para el ganado. El grado de aceptación de la mayor parte de los arbustos forrajeros es de moderado a bajo, cuando están presentes los zacates y las hierbas, pero a medida que la cantidad de éstas escasea, la aceptación aumenta. De esta manera, el concepto de palatabilidad de las especies es de poco valor. La palatabilidad del chamizo es proporcionada en parte por la acumulación de sales sobre la superficie de la hoja.

La digestibilidad de la costilla de vaca va del 49 al 80% del total dependiendo de la época del año, siendo el valor más alto cuando la planta está en estado tierno o de rebrote. El consumo promedio de forraje proveniente de esta planta en caprinos es mayor a los 200 g diarios. Las plantas toleran un ramoneo intensivo, pero si éstas son jóvenes se debilitan y llegan a morir.

Etnobotánica

Antiguamente los indios americanos hervían raíces frescas con un poco de sal, y bebido en dosis media-taza para el dolor de estómago y como laxante. Las raíces también se molían y se aplicaban como remedio para el dolor de muelas. Se toma un té de hoja o raíz para tener la acción de un emético para el dolor de estómago y tos. La espuma jabonosa de las hojas se utiliza para la picazón y erupciones de la varicela o el sarampión. Hoja fresca o un cataplasma de las flores frescas o secas se aplica en las picaduras de hormigas. Las hojas se utilizan como tabaco para problemas nasales. El humo de las hojas quemadas se utiliza para revivir a alguien que este herido, débil, o con sensación de desmayo (Ogle et al., 2012).

Los nativos americanos del suroeste cosechaban las hojas y las semillas de la planta de alimentos. Las semillas se cocinan como la avena, y las hojas se comían crudas o cocidas. A veces, las cenizas de la planta fueron utilizadas como un ingrediente levadura para pan o se utilizan en la fabricación de una lejía para suavizar los cascotes de maíz. Sin embargo se prepararon las semillas, que representaban una buena fuente de niacina. Las semillas molidas se mezclan con azúcar y agua para una bebida llamada pinole.

Toxicidad por Atriplex

Es poco lo que se sabe en relación a los problemas ocasionados a causa del consumo de esta planta por el ganado. Sin embargo, por declaraciones obtenidas se sabe que las cabras padecen una especie de diarrea producida probablemente por altas concentraciones de este forraje en el rumen. Lo que sí se asegura es que el polen de las flores causa una especie de fiebre intermitente en el humano, que es una enfermedad catarral que se caracteriza por la repetición anual de sus síntomas y se menciona que la misma planta es usada para extraer inmunizaciones para combatir dicho mal.

***Parthenium argentatum* A.Gray.**

Taxonomía y Descripción de la especie

Referencias Taxonómicas

Parthenium argentatum A.Gray., es miembro de la familia Asteraceae y se ubica en la subfamilia Tubiflorae. La subfamilia comprende 12 tribus, dentro de estas, en la tribu Heliantheae, y subtribu Ambrosiine, está situado el género *Parthenium*, el cual se ha dividido en 4 subgéneros: a) *Agyrochaeta*, que incluye plantas herbáceas, anuales y perenes; b) *Boluphytum*, plantas submontañosas perennes; c) *Partheniastrum*, plantas perennes subfruticasas, y d). *Parthenichaeta*, árboles pequeños y arbustos de regiones semidesérticas. A este último subgénero pertenece y el guayule (*P. argentatum*), la mariola (*Parthenium incanum*), el *P. rollinsianum*, endémico de una región de San Luis Potosí. *Parthenium argentatum* fue publicado por primera vez en la revista *Synoptical Flora of North America* 1(2): 245. 1884.

El nombre de *Parthenium*, se originó con Linnæus en su obra *Especies Plantarum* y se basó en dos especies de plantas herbáceas: *P. hysterochorus* de la isla de Jamaica y *P. integrofolium* de Virginia. La descripción de la especie *P. bipinatifidum*, de las partes altas de México, es relativamente cercana a *P. hysterochorus* y puede ser considerada conspicua con éstas. Los nombres comunes en México de este arbusto son; Guayule, Hule (Rep. Mex.) ; Afinador (Zac.); Yerba del hule (región de Pasaje Dgo.); Jehuite o Jihuite (Zac. y Dgo.) respectivamente.

De acuerdo a Rollins (1950), el género *Parthenium* comprende 16 especies, algunas de ellas con dos o más variedades: *Parthenium argentatum* Gray., *P. incanum* H.B.K., *P. tomentosum* D.C., *P. fruticosum* Less, *P. cineraceum* Rollins, *P. shottii* greenman ex Mills paugh and chase., *P. lozanium* Bartlett., *P. confertum* Gray., *P. desifulum* Blak., *P. hysterochorus* L., *P. bippinatifidum* Ortega, *P. glomeratum* Rollins., *P. hispidum* Raf., *P. integrofolium* L., *P. ligulatum* (Jones) Barney y *P. alpinum* (Nutt) T. and G. En términos generales, las diferencias morfológicas entre estas especies son muy amplias, pues existen especies del tipo herbáceo, arbustivas y arbóreas.

Descripción botánica

Todas las especies de *Parthenium* (*P. tomentosum*, *P. fruticosum*, *P. cineraceu*, *P. schottii*, *P. incanum*, *P. argentatum*), en la clasificación de Rollins (1950) son leñosas, arbustos bajos y árboles pequeños. Una característica importante del grupo es que produce flores mientras el tallo es relativamente herbáceo en los primeros años de crecimiento. La lignificación del tallo se extiende de los primeros años hacia adelante (en general brotan del suelo y si las plantas viejas son afectadas por las heladas, nuevas raíces surgen cerca del nivel del suelo).

Las características generales de *Parthenium argentatum* son: Arbusto semidecíduo o perennifolio, de 0.30 a 1.5 m de altura, longevo. Dioica. Ramificación intrincada, iniciándose casi desde la base; los extremos de las ramas presentan una pubescencia plateada canescente. Hojas largamente pecioladas, plateado canescentes (debido a una cobertura densa de tricomas densos de tipo malpigáceo), espatuladas a estrechamente oblanceoladas, agudas a acuminadas, enteras o ligeramente dentadas, dientes agudos. El tamaño de la hoja varía de acuerdo a la cantidad de agua aprovechable y su posición sobre la rama, la disponibilidad de agua determina el número de lóbulos. Las hojas de invierno son de 1 a 5 cm de largo y 5 a 7 mm de ancho, largas aovadas. Las hojas de verano son de 0 a 7 cm de largo y 2 a 2.5 de ancho.

Las flores del guayule consisten de un capítulo con 5 discos florales fértiles y números discos florales, 2 de los cuales son estériles; las flores se encuentran dispuestas en inflorescencia de cabezuelas o capítulos, de 5 mm de diámetro, pedúnculos de 10-20 cm. de largo, desnudos con una sola bráctea, dispuestas en pequeños corimbos o panículas corimbosas, cortamente pediceladas; brácteas del involucreo externas oblongas a aovadas, opacas, densamente pubescentes; brácteas interiores del involucreo casi transparentes, membranas, suborbiculares(casi redondas) glabras, excepto por una hilera de pelos simples arriba;.

Contienen 2 clases de flores: liguladas y de disco; las flores liguladas son normalmente 5, son de color opaco a blanco crema, apenas emarginadas y más bien hendidas a 2mm de largo; el tubo pubescente externamente y se reconocen durante la floración por las corolas abiertas, las cuales se proyectan radialmente más allá del margen del capítulo; éstas solamente producen semillas sin ser fértiles, ya que ocasionalmente presentan poliembronía; las flores de disco producen polen pero son incapaces de formar semillas, arrojan el polen como comúnmente ocurre en las compuestas, polinizados por los insectos y por el viento.

Los frutos son aquenios obovados, negros (Figura 25). Tienen una semilla por aquenio. Los cotiledones son casi circulares y varían en tamaño desde 2.5 a 4.5 mm de ancho por 5 a 4.7 mm de largo; vilano de 3 aristas erectos de pubescencia ligeramente esparcidas, el par lateral más o menos igual, arista ventral más débil. (Rollins, 1950). El sistema radical consistente de una cobertura de raíces que se extiende a una considerable, pero no determinada profundidad en el suelo. Justo por debajo de la superficie del suelo se encuentra un gran número de raíces laterales, de un largo extraordinario, alcanzando una distancia de 1.5 a 2 m o más de la planta.



Figura 25. Características botánicas de *Parthenium argentatum*, a) caracteres morfológicos, b) el guayule en el Desierto Chihuahuense.

Fenología

Su follaje es perennifolio. La floración es en verano y otoño, de mayo a agosto. El guayule tiene la reputación de florecer prolíficamente, La fructificación se da de junio a julio y de septiembre a octubre. En cuanto a la polinización natural del guayule es por el viento, y por un gran número de insectos que se han detectado acarreado polen; en particular se observaron mariquitas, escarabajos y chinches, acarreado abundante polen. La polinización artificial no es muy prometedora, ya que es una operación tediosa y tardada, pues las flores son pequeñas y la castración es baja. Sin embargo en diploides naturales, la incompatibilidad de plantas individuales con ellas mismas, obviamente es necesaria para la emasculación y este mismo factor puede ser ventajoso en otros casos donde la incompatibilidad ha sido demostrada. De otra manera, es necesario remover el disco floral para llevar a cabo la polinización a mano.

Métodos de reproducción

Es una planta apomíctica facultativa, es decir, puede producir tanto semillas formadas sexual como asexualmente en la misma planta. La reproducción del guayule está dada por medio de semillas o bien, el desarrollo de una nueva planta a partir de los vástagos de raíces. Existe una alta mortalidad de las plantas de semillas; limitando la producción de nuevas plantas, a partir de retoños de raíces que pueden ser la manera principal de reproducción en muchas áreas. La reproducción por semillas puede ser por amphimixis, en la cual, en ocasiones el óvulo es polinizado (incluye la herencia de padre y madre), o por apomixis cuando el óvulo se desarrolla sin polinización (herencia sólo de la planta madre). Un alto rango de variabilidad es normal para el guayule y esta variabilidad puede ser preservada sólo dentro de la propagación sexual de las plantas.

La predominancia de la propagación, en el guayule es mediante apomixis, que incluye esencialmente la propagación vegetativa de la madre por medio de semillas. Este proceso de propagación, es dominante en todas las variedades de guayule que han sido estudiadas. La apomixis da como resultado un alto grado de uniformidad en poblaciones aisladas, (este fenómeno se conoció en el periodo de explotación de arbustos silvestres) es por esto que el porcentaje de hule obtenido del guayule en diferentes áreas, varía considerablemente; arbusto de ciertas áreas son preferidos para ser molidos, por su alta producción.

Otro factor para la sobrevivencia de las plantas de guayule bajo condiciones adversas ha sido la extensión de plantas por vástagos de la raíz. Los vástagos de la raíz, se conocen como

"retoños" y resultan de los daños de la exposición de la raíz a la erosión o circunstancias similares.

Semillas

El guayule produce semillas en abundancia, las cuales parecen tener un periodo largo de viabilidad. Las principales causas de la presencia de semillas "llenas" o con embriones maduros, son las siguientes: genéticas, edad de la planta, insectos, factores ambientales. Por lo general, un porcentaje muy bajo de semilla de guayule con embriones maduros, variando éste porcentaje desde 5-60 % dependiendo de las condiciones anteriormente mencionadas. La semilla de guayule no es la excepción en cuanto a la necesidad de una gran cantidad de agua para germinar como lo requieren las plantas desérticas. La planta es una gran productora de semillas alcanzando varios miles después de una pequeña lluvia. Las semillas pueden mantenerse cuidadosamente almacenadas por varios años.

~ Germinación

Una proporción de semillas es depositada cerca de la planta madre, éstas son protegidas así como las que se encuentran depositadas cerca de fragmentos vegetales. En el comienzo de un nuevo periodo de lluvias, la germinación de las semillas es rápida y miles de plantas jóvenes de guayule pueden observarse. Las semillas tienen bajos porcentajes de emergencia. Entre los factores que causan baja germinación están: enfermedades, plagas, humedad deficiente durante la floración, extremas deficiencias nutricionales y los restos de estructuras florales. Además la competencia con otras plantas y con la planta madre produce un alto índice de mortalidad de las plántulas y sólo en años muy favorables se puede apreciar la renovación del lugar por el establecimiento de nuevas plantas a partir de semillas.

Características genéticas de *Parthenium argentatum*

Origen del género Parthenium

De acuerdo a Rollins (1950), todas las especies de *Parthenium* son nativas del hemisferio oeste. *P. hysterophorus* se encuentra distribuida en ciertas áreas subtropicales y templadas de los dos hemisferios, pero su área original de distribución se desconoce aunque se supone que esta especie es nativa de Norteamérica. Se considera que el centro de origen del género *Parthenium* es México, ya que aquí se encuentran en forma abundante todas las especies del género. *P. cineraceum* y *P. glomeratum* se han encontrado restringidas al sur de Bolivia y norte

de Argentina respectivamente. A excepción de estas dos, la especie localizada más al sur es *P. shottii*, en Yucatán. La ausencia del género *Parthenium* desde el sur de México hasta el sur de Bolivia es un patrón que sea observado en otros géneros de plantas. *P. alpinum* y *P. ligulatum* están básicamente confinados al área de las Montañas Rocallosas, *P. integrofolium* y *P. hispidum* se encuentran esencialmente localizadas en la parte central y sureste de Estados Unidos, mientras que *P. argentatum* y *P. incanum* (Figura 26) se encuentran localizados en la parte centro norte de México y sur de Estados Unidos.

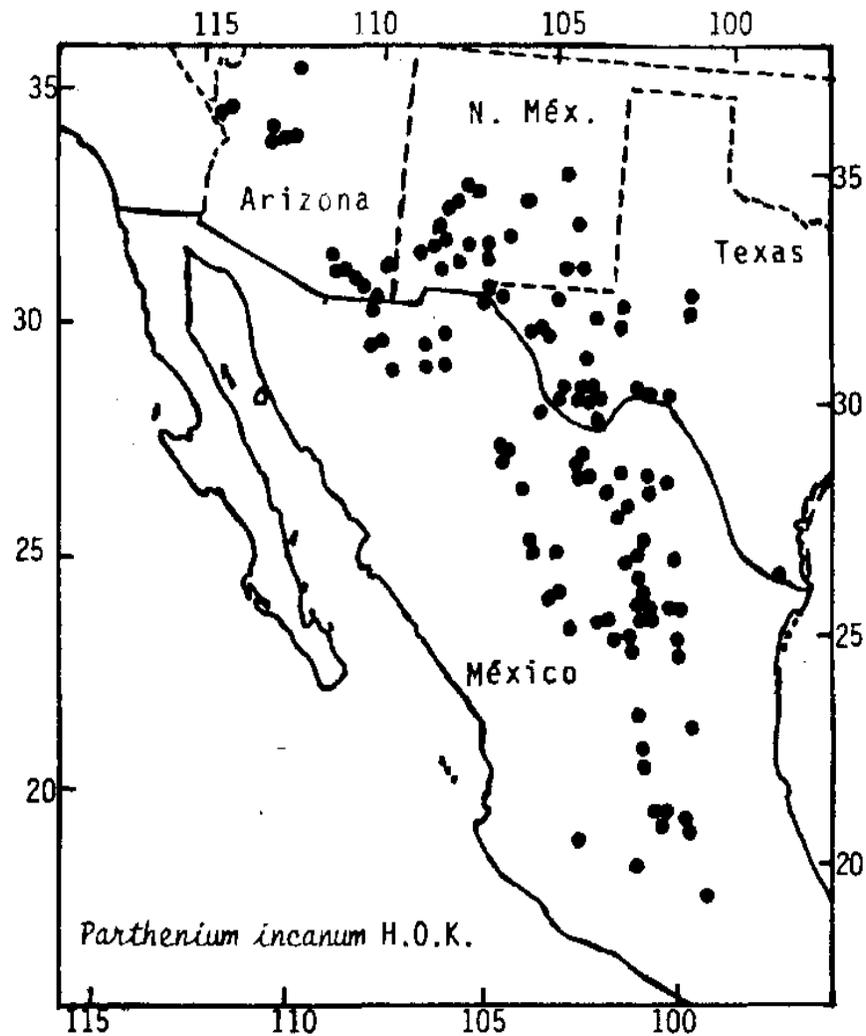


Figura 26. Distribución de *Parthenium incanum* Kunth. en México.

Recurso genético de Parthenium

El recurso genético comprende la variación en el número de cromosomas del género *Parthenium* y el germoplasma en México. Los cromosomas en *Parthenium* son pequeños, relativamente uniformes y numerosos. En el guayule ocurren varios niveles de ploidía; diploides ($2n = 36$), triploides ($2n = 3x = 54$), tetraploides ($2n = 4x = 72$), y aun niveles mayores. En los diploides se presenta con mayor frecuencia la reproducción sexual y en las poliploides mayormente la apomixis. Su número cromosómico es $2n = 50$ (en grupos diploides), $3n = 54$ (en grupos triploides), $4n = 72$ (en grupos tetraploides). Las especies diferentes, particularmente *P. argentatum* y *P. incanum*, pueden ser plantas diploides y plantas normalmente poliploides. Han sido "prósperos" los híbridos específicos, que en gran medida ofrecen esperanzas en el futuro, principalmente en el sentido del crecimiento, resistencia a enfermedades y grados de tolerancia al frío.

Al respecto Rollin (1950) dice: "Hasta ahora es evidente que hay al menos dos grupos de especies dentro del género, con respecto a su número cromosómico básico. En la sección *Argyrochaeta*, *P. hysterophorus* con $2n = 34$ y *P. confertum* var. *lyratum* con $2n = 36$ y 72 parece un modelo; mientras que todas las derivadas de éste mismo número, las especies lejanas investigadas en otra sección son $2n = 36$ o derivadas de éste número. Parece probable por todo esto que el que $2n = 36$ es el número diploide para *P. argentatum*, *P. tomentosum* y var. *stramonium*, *P. fruticosum*, *P. ligulatum*. El número básico de la sección *Argyrochaeta* parece ser $X = 17$. Sin embargo un total de puntos al margen dan evidencia de que $X = 9$ como número básico de series poliploides del guayule es relativamente cerrado para *P. incanum*, propuesto por Stebbins y Kodani (1944) y $X = 18$. En este sentido, debido a la producción de la semilla, predominantemente por apomixis, muchas de las poblaciones locales de guayule en la naturaleza, son marcadamente uniformes.

~ Fuentes de germoplasma en México

Considerando que la Mesa Central y el norte de México constituyen el centro de origen de la especie *P. argentatum* y las especies relacionadas, se puede suponer que nuestras poblaciones naturales de guayule constituyen el banco de germoplasma más grande del mundo, con la mayor variabilidad genética disponible. De las especies del género *Parthenium*, solamente *Parthenium argentatum* contiene hule en cantidades de importancia económica. Existen trazas de hule en algunos biotipos de *P. incanum*, pero no se ha encontrado en

ninguna otra especie examinada hasta ahora. Otras especies como: *P. tomentosum*, *P. fruticosum*, *P. lozanium*, etc., aunque no contienen hule, presentan un incremento vegetativo y caracteres fisiológicos que pueden ser importantes en cruza con *Parthenium argentatum* en el mejoramiento genético y ampliación de área de adaptación de esta especie.

Citogénesis en el mejoramiento de plantas.

La citogenética es un nombre clave en el mejoramiento de las plantas de guayule. Todas las operaciones de cultivo son facilitadas por el reconocimiento y el uso de las relaciones de cromosomas. Teóricamente, todas estas especies y variedades de *Parthenium* son factibles de utilizarse en un programa de cruzamientos, aunque en otros cultivos, las técnicas para realizar cruza interespecíficas, intergenérica, adición y sustitución de cromosomas, etc. A esto debe agregarse la propiedad de reproducción por apomixis.

Por otro lado, los primeros estudios citológicos realizados por Stebbins y Kodani (1944) y Bergner (1944) revelaron en *P. argentatm* y *P. incanum* una serie poliploide de cromosomas que va desde 18 a 90 pares, por lo que potencialmente el mejoramiento genético del guayule en México ofrece grandes perspectivas. Con respecto a la domesticación y mejoramiento genético, obviamente la evaluación más importante es el contenido de hule, así como algunas características, tales como tolerancia al frío, salinidad, adaptación, enfermedades, plagas, velocidad de crecimiento, frondosidad, etc. Esta situación es altamente favorable para la conservación de un banco de germoplasma, ya que no requiere de trabajo continuo para su mantenimiento y su renovación puede ser a plazos muy largos. La estabilidad genética en los materiales vivos está garantizada por el alto grado de apomixis que existe en esta especie

Cuadro 6. Modelos de diferentes producciones de un guayule de 72 cromosomas (Tysdal, 1950)

Número de Cromosomas		Progenie reducción		
Padres	No. Reducción	Fertilizados	No. fertilizados	Fertilizados
72	72	90	36	54
		(108)		(72)

Todos los tipos de reproducción indicada arriba han sido encontrados. Mientras que el guayule de 72 cromosomas es altamente apomíctico, en las variedades estudiadas se ha encontrado que tiene entre el 5 y 20% de lo que Tysdal (1950) llamó "aberrantes". La planta de 72 cromosomas fue escogida para demostrar el rango de variación posible en el complejo citogenético del guayule, y para indicar cualquier superioridad de las plantas de 72 cromosomas, como el punto de partida para un programa de cultivo. El bloque básico de la construcción para el mejoramiento del guayule, es el tipo sexual de 36 cromosomas, el verdadero diploide

Hibridación interespecífica

Como se ha mencionado el género *Parthenium* incluye 16 especies en las cuales se encuentran rangos de gran variación de los caracteres tales como los fisiológicos, de hábitat, duración del ciclo de vida, que va desde las plantas anuales efímeras hasta formar arbóreas perennes, las fuentes del cruzamiento para el guayule pueden ser sus parientes filogenéticamente más estrechamente relacionados y que pueden tener, resistencia a insectos y a enfermedades, a incrementar la biomasa, incremento en la calidad y cantidad de hule, etc.

Fitomejoramiento.

Dentro de los criterios que se incluyen para selección de plantas en un programa de Fitomejoramiento de Guayule son: Biomasa y cantidad de hule. Algunos atributos del germoplasma del Guayule usados en el programa de fitomejoramiento se pueden observar en el Cuadro 7. Por otro lado los parámetros para monitorear a estos son: Cantidad de hule, basado en el porcentaje de peso seco de la muestra. Calidad del hule, basado en el peso molecular determinado de cada muestra.

El análisis preliminar del programa de hibridación en relación a la respuesta de producción de hule así como de su calidad se puede observar en el Cuadro 8. En este, los resultados muestran que es posible la hibridación de Guayule con otras especies, que E1 híbrido F₁ tiene mayor biomasa que los progenitores, además que el contenido de hule es intermedio entre el contenido de los progenitores y que hay un mayor peso molecular en el hule de los híbridos que en los progenitores.

Cuadro 7. Atributos del germoplasma de *Parthenium argentatum* usados en el programa de fitomejoramiento de esta planta de semillado por la UC REVERSIDE.

Taxón	Forma, Biología, Hábitat	Cualidades para el mejoramiento
SECCIÓN PARTHENICHAETA		
<i>P. tomentosum</i>	Pequeños árboles deciduos de bosques tropicales caducifolios 500 a 1500 m snm	Alta biomasa y resistencia a las enfermedades
<i>P. fruticosum</i>		
<i>P. schottii</i>		
<i>P. argentatum</i>	Arbustos densamente pubescentes, desierto de Chihuahua	Resistencia a frío, requerimiento de agua altas
<i>P. incanum</i>		
<i>P. rollinsianum</i>		
SECCIÓN POLYPHYTUM		
<i>P. alpinum</i>	Pequeños arbustos, zonas montañosas en suelos Gipsofilos (2500 a 3000 m).	Tolerantes a temperaturas bajas
<i>P. ligulatim</i>		
SECCIÓN PARTHENIASTRUM		
<i>P. integrifolium</i>	Herbáceas perenes tuberosas, en pastizales y bosques templados caducifolios.	Tolerantes a frío, mayores requerimientos de agua
<i>P. hispidum</i>		
SECCIÓN ARGYROCHAETA		
<i>P. hysterochorus</i>	Anuales y hierbas perennes, tierras bajas templadas	Adopción al hábitat anual.
<i>P. confertum</i>		

Cuadro 8. Análisis preliminares del programa de hibridación en relación a la respuesta de producción de hule así como de su calidad.

	Cantidad de hule (%)	Mol. aprox. en peso
<i>P. argentatum</i>	0.30-13.00	2 000 000
<i>P. schottii</i>	0.05-0.50	5 000
<i>P. fruticosum</i>	0.05-0.50	5 000
<i>P. tomentosum</i>	0.10-0.50	50 000
Hybrid A x S	2.00-3.00	1 000 000
Hybrid A x F	2.00-3.00	1 000 000
Hybrid A x T	1.00-2.50	1 000 000
<i>P. incanum</i>	1.00-2.00	150 000
<i>P. rollinsianum</i>	1.00-4.00	150 000
<i>P. alpinum</i>	1.00-2.00	150 000
<i>P. integrifolium</i>	1.00-1.50	50 000

Origen y distribución

Origen

La planta del hule, *Parthenium argentatum* Gray, originaria de las regiones semiáridas de México y Estados Unidos. El área señalada como su hábitat nativo se localiza en el norte de México y la región del Big Bend en Texas. El llamado cinturón de guayule se extiende desde la porción norte-central de California, cruzando la sección austral de Arizona, Nuevo México y Texas, hasta el Golfo de México.

El límite de la distribución natural del guayule es el sureste de Texas, encontrándose en los condados de Presidio, Brewster, Pecos, esta área es continua con las áreas de distribución en México, a lo largo de las cuales se encuentran con mayor o menor grado de frecuencia. La especie se ha introducido para su cultivo en Rusia, España, Argentina y Turquía. (CONACYT, 1978)

Distribución en México

El Guayule se puede encontrar en la parte norte de la Mesa Central de México y área adyacente (lugares semidesérticos): Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas (Figura 27). Esta especie se distribuye en más de 9 millones de hectáreas. Se desarrolla a una altitud de 600 a 2 133 msnm.

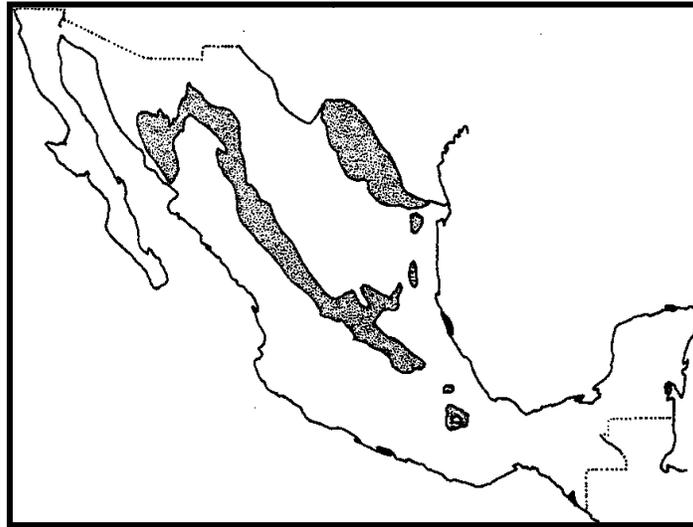


Figura 27. Zonas semiáridas donde prospera el guayule (23 340 000 ha), Tomado de la Sociedad Mexicana de Fito-genética (1978).

Hábitat

En su hábitat natural el guayule crece generalmente en regiones áridas, donde los suelos son someros, pedregosos-calizos, de textura ligera y bien drenados, regularmente las plantas se encuentran aglomeradas o esparcidas en lomas o faldas de los cerros poco en los lugares bajos, pero siempre en suelos muy secos. Por lo general los suelos son pobres en materia orgánica pero en aquellos sitios donde crece asociado, con otra especie aprovecha la materia orgánica de la otra planta (Figura 28). Presentan un pH 7-8. Se encuentra en lugares descubiertos y completamente expuestos al sol y al viento, pues no hay en sus terrenos especies que le den sombra y protección. La precipitación aproximada es de 250 a 380 mm, siendo más efectivas las lluvias de verano; las temperaturas son relativamente uniformes, la máxima del día raramente excede de 35 °C, y la mínima raramente llega a 17 grados centígrados. Bajo estas condiciones, el guayule llega a vivir, de 30 a 40 años; crece hasta un metro de altura y contiene de 4 a 10% de hule en forma de látex (CONABIO, 2015b).



Figura 28. Hábitat de *Parthenium argentatum* en el Desierto

~ Poblaciones de Guayule.

Se estima que hay unas 150, 000 ha de poblaciones naturales de Guayule. Las poblaciones naturales de guayule (Figura 29) generalmente se encuentran localizadas a alturas que van de 1000 a 1900 m. sobre el nivel del mar, con temperaturas que fluctúan de - 5°C, en invierno a 40 °C en verano, precipitaciones de 250 a 380 mm al año, y normalmente se encuentran restringidas a laderas y pendientes con suelos calcáreos, pedregosos, someros y poco profundos, bien drenados, con pH o neutro.



Figura 29. Poblaciones de *Parthenium argentatum*

Ecología

Importancia Ecológica

Especie primaria característica de la zona de transición entre el matorral micrófilo y el pastizal semiárido. Es una planta que domina sobre todo en las laderas de exposición norte y en pendientes suaves de 5 a 15 %.

Tipos de Vegetación y vegetación asociada

El guayule forma parte del matorral desértico rosetófilo (Figura 30). Este tipo de vegetación es de los más importantes desde el punto de vista económico en la porción árida de México, siendo la base de sustento de la población de una extensa zona. Se caracteriza por la abundancia de individuos de especies con hojas gruesas y alargadas, a veces espinosas: *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Dasyllirion palmeri* (sotol) o bien inermes pero fibrosas: *Yucca carnerosana* (palma) dispuestas en roseta.



Figura 30. *Parthenium argentatum* en el Matorral desértico rosetófilo en el Desierto Chihuahuense.

Las plantas que generalmente crecen en las localidades donde vive el Guayule (Figura 31) son las siguientes: lechuguilla (*Agave lechuguilla*), palma samandoca (*Yucca carnerosana*), sotol (*Dasyllirion cedrosanum*), huizache (*Acacia farnesiana*), sangre de drago (*Jatropha spatulata*), peyote (*Lophophora wuiliamsii*), nopal rastrero (*Opuntia rastrera*, *O. inbricata*, mariola (*Parthenium incanum*), nopal colorado (*Opuntia stenopetala*), cegador (*Opuntia microdasys*), cardenche (*Opuntia imbricata*), engorda cabras (*Salvia chameadrioides*), y maguey (*Agave asperima*) *Parthenium incanum*. También se encuentran presentes otras especies como *Bouteloua eriopoda*, *Hechtia glomerata*, *Bouteloua brevisetata*, *Fouquieria splendens*, *Coldenia* sp., *Leucophyllum texanum*, *Euphorbia antisiphilitica*, en suelos ígneos, arenosos y gravosos, se asocia a *Larrea tridentata*, *Acacia neovernicosa*, *Dasyllirion* sp.



Figura 31. Vegetación asociada a *Parthenium argentatum* en el Desierto Chihuahuense.

Competencia

Hay competencia con las otras especies de su hábitat original, compite pobremente con pastos y arbustos del matorral desértico. El primer año es crítico para las plántulas ya que son sofocadas por las malas hierbas. Hay que deshierbar hasta que el dosel formado por *Parthenium argentatum* cierre un poco. Como muchas otras especies no competitivas, el guayule ha sido restringido a áreas limitadas, dentro del área natural, en condiciones especiales que son demasiado severas para las plantas que desplazan y eliminan al guayule donde el suelo y clima son favorables para el crecimiento de éstas, es decir, el guayule no se encuentra donde las condiciones son más favorables para él, pero se encuentra en donde las condiciones son desfavorables para el crecimiento de los competidores. Esto es más ampliamente ilustrado por el crecimiento bajo cultivo.

El guayule está definitivamente restringido dentro de un área determinada y dentro de su rama natural a una ocurrencia esporádica. Se encuentra distribuido más o menos en un 10% del terreno del rango natural y hay una variación considerable en la densidad del guayule dentro de algunas áreas en donde el guayule es una especie dominante. Lloyd (1911), hizo un conteo cuidadoso del número de plantas de guayule en sitios seleccionados, y encontró de 186 a 685 plantas de guayule por 100 m² (Cuadro 9).

Cuadro 9. Especies competitivas encontradas en áreas en donde las plantas de guayule fueron contadas con una densidad de plantas de 685 por 100 m², tomado de Lloyd (1991).

Nombre científico	Nombre común	No. de plantas
<i>Parthenium argentatum</i>	Guayule	685
<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla	25
<i>Covellia mexicana</i>		3
<i>Yucca carnerosana</i>	Palma samandoca	2
<i>Dasylirium cedrosana</i>	Sotol	1 contando p/ 200m ²
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	4 (contando p/ 200m ² se encontraron 7)
<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	3
<i>Zexmenia brevifolia</i>		
<i>Lophophora williamsii</i>	Peyote	Alrededor de 10
<i>Opuntia megacantha</i>	Rastrero	23 (contando p/ 200m ² se encontraron 45)
<i>Fouquieria splendens</i>		

Como se puede observar en Cuadro 9, el guayule representa más o menos el 90% del total de plantas de la comunidad, tanto en la comunidad en donde existieron 685 plantas como en la de 186. En los densos lugares de pequeñas plantas de *Jatropha dioica* estas son esparcidas dentro de toda el área, pero no fueron contadas y fueron calculadas mediante porcentaje en comparación con el guayule. En los lugares bajos, los cactus no fueron contados. Es aparente que con lo favorable de las lomas de piedra caliza, el guayule se impone a sus rivales, siendo agresor dominante; en donde el suelo es superior (mejor), el guayule es incapaz de resistir a sus competidores y es menos continuo que en sus lugares naturales, generalmente falta en donde otras especies florecen.

Aspectos fisiológicos

Establecimiento y Adaptación

El Guayule es una especie altamente especializada para adaptarse a severas condiciones de sequía y calor. Habitualmente la planta es perenne y llega a vivir unos 15 años; también es muy resistente al frío. En general el guayule presenta un corto rango de tolerancia a los cambios climáticos, tiene dificultad para sobrevivir si las temperaturas normales de invierno se bajan a más de -9°C, y puede ocurrir la muerte con temperaturas abajo de -15 °C.

En Texas, donde el guayule silvestre es nativo puede encontrarse en temperaturas de -13 °C (tolerancia bastante alta al frío). Esto indica que es probable que pueda encontrarse en el guayule, factores adecuados que formen la base para el cultivo de variedades tolerantes al frío, haciendo así más grande el rango de adaptabilidad de la planta. En plantación quizá también podría obtenerse por hibridación específica.

Como sucede con muchas plantas, el guayule resiste mejor las bajas temperaturas invernales de las zonas frías, cuando la temperatura baja permanece bastante tiempo (restringiendo el crecimiento del guayule durante este tiempo), que en áreas en donde el periodo frío es interrumpido por una temporada tibia, (cuando ésta coincide con las lluvias se ve favorecido un nuevo crecimiento). El excesivo crecimiento de las plantas jóvenes pequeñas es demasiado susceptible a daños por bajas temperaturas. Plantaciones pequeñas en el norte de Texas han sobrevivido sin daños serios, cuando plantaciones de la parte sur del estado son destruidas por las heladas. Las diferencias en las temperaturas no son grandes, pero la naturaleza de las plantas de más al norte prevén los daños de las plantas jóvenes del sur y las eliminan.

Crecimiento natural y bajo cultivo

Es un especie de rápido crecimiento, a los 2 años alcanza un crecimiento del 25 % de su tamaño adulto. Llega a vivir de 30 a 40 años. Bajo cultivo es relativamente rápido el crecimiento del guayule, en dónde la vegetación potencialmente competitiva se tiene bajo control; sin embargo en otras plantaciones de guayule donde la intensidad del cultivo se ha reducido, las plantas competidoras pueden sobrecrecer rápidamente y aun cuando las coronas del guayule se encuentran tanto dentro como entre hileras de agresivos, estos pronto sobrepasan al guayule, en campos desatendidos.

Formación de Hule

Como planta de hule, no es fácilmente visible el látex, característica que es parte de la identificación en todo el mundo. El hule si se encuentra en el guayule en forma de látex, pero es contenida en células individuales, en vez de pequeñas vasijas más o menos continuas de látex, como sucede en *Hevea* y otras plantas de hule, conocidas en el trópico.

Las 2/3 partes del hule de la planta se encuentran en células de paredes delgadas a lo largo de los tallos y ramas. Estas células cargadas de hule se encuentran en las capas exteriores y mayormente en los tejidos recientes (NAS, 1977). El hule se encuentra en pequeñas partículas dentro de células aisladas, sin posibilidades de fluir, pues el látex está dentro de "vacuolas" distribuidas en todo el arbusto (excepto en hojas), pero principalmente en el párenquima.

Con respecto a la formación de hule, parece ser indispensable un prolongado periodo de letargo, durante el cual la planta no crece pero ejercita su función productora de caucho. El periodo de descanso es determinado por: la humedad del suelo, la temperatura del suelo y la temperatura del aire, y de estos factores probablemente el más efectivo es la humedad. La planta produce el hule cuando la humedad del suelo comienza a escasear; por la tanto, para una mayor efectividad en la producción de hule requiere una corta estación húmeda, seguida por un periodo largo de sequía. Esta es la condición que toma la planta cuando crece silvestre y debe tomarse en cuenta cuando se cultive; algunos estudios indican que las temperaturas frías, al menos en la noche, son esenciales para la formación de hule.

El cuadro 10, se muestra el porcentaje de hule de todas las plantas de dos localidades, en donde el lugar B, tiene menor porcentaje de hule que el A. Se observa la competencia en las partes jóvenes de las plantas (yemas, raíces, tallos secundarios), hubo una gran acumulación de hule. Es necesario el conocimiento de las variaciones anatómicas a través del tiempo para interpretar el efecto del medio ambiente sobre las estructuras (desde que aparece el almacenaje de hule relacionado con la estructura).

Cuadro 10. Distribución de hule en porcentajes de peso de hule y tejido seco en una planta de guayule de 2 años en dos localidades (A y B), tomado de Artschwager, (1943).

Partes de la planta	Acumulación de hule en las plantas			
	A	g	B	g
Brazos de las raíces	8.96	0.44	4.91	1.52
Raíces	8.01	2.11	3.90	1.51
Copa	11.43	2.09	6.11	1.81
Tallos del primer año	12.07	6.07	7.13	5.57
Tallos del segundo año	11.05	6.00	7.22	6.82

Una planta de guayule adulta en su hábitat natural pesa aproximadamente 400 g y contiene de 8 a 10% de hule en base a peso seco, en tanto que una planta mejorada de la misma edad creciendo bajo cultivo pesa hasta 4 veces más y puede contener un 22% de hule en base a peso seco (CIQA, 2002). El contenido de látex en los tallos puede alcanzar un 10% del peso seco total. El látex se extrae con solventes orgánicos luego de moler finamente la planta.

Tolerancias y Desventajas

Parthenium argentatum es demandante suelos de tipo arenosos y con textura media y con buen drenaje. Aunque tolera suelos calizos, poco profundos y suelos friables y marginales. El guayule es una planta semi-desértica que puede cultivarse en suelos marginales comúnmente no adecuados para sembrar productos alimenticios. Por otro lado, requiere de mucha luz, además de bajas temperaturas nocturnas. Es moderadamente resistente a la sequía pero si es resistente a las temperaturas elevadas. No ha mostrado daño aún hasta los 48.8 °C. Es resistente a las plagas y enfermedades en estado silvestre.

En cultivo, cuando la temperatura del suelo excede los 18 °C, y se somete a una fuerte irrigación entonces se puede favorecer la aparición de enfermedades. Respecto a las heladas, estando en condiciones normales las plantas crecen en sitios en donde la temperatura invernal puede bajar hasta -9 °C.

En zonas en donde hay otoño seco y largo con temperaturas que decrecen gradualmente puede resistir hasta -12 °C y aún hasta -17 °C. Investigaciones realizadas en la ex Unión Soviética concluyen que las plantas en general no pueden sobrevivir a temperaturas de entre -15 y -10 °C y que se les debe aplicar un tratamiento pre invernal con el que es posible obtener resistencia hasta los -20 °C.

Es intolerante a suelos profundos, arcillosos, planos y suelos con horizonte endurecido: además de la salinidad y el exceso de humedad. Es sensible / susceptible a daño por heladas, especialmente si estas ocurren repentinamente después de un periodo húmedo o caliente, un período húmedo o un día muy frío después de una lluvia tardía o heladas primaverales que siguen a períodos calientes. En algunas localidades hay daños por heladas de -2 a -6 °C. También hay daño por insectos en condiciones de cultivo. El frío y la sequía inducen a las plántulas a un estado latente. Puede ser sensible a las heladas, el daño por frío parece depender de las condiciones fisiológicas de la planta.

Manejo del Guayule y su productividad

Cultivo

Se ha experimentado una considerable dificultad en hacer que el guayule se establezca satisfactoriamente por medio de siembra directa. Se puede obtener de un 17 a un 57 % de éxito en la emergencia dependiendo de la variedad y el tiempo de siembra, aplicando irrigación frecuente de agua baja en sales. Existen muy pocos trabajos relacionados con el tratamiento químico a la semilla para la inducción de su germinación, ya que el poder germinativo de la semilla en condiciones naturales varía generalmente de 3 a 4 años siendo esto uno de las limitaciones impuestas por el fenómeno de letargo, frecuentemente presente, pues es ampliamente conocido que aunque en condiciones naturales el letargo desempeña un importante papel en la preservación de la especie bajo propósitos de manejo, representó un obstáculo para crear plantaciones por lo que es necesario eliminar este proceso.

Las semillas tienen una fuerte dormancia y un bajo porcentaje de germinación. (Dissanayake et al., 2008). La calidad y rompimiento de la dormancia de las semillas está influida principalmente por la luz. Según Dissanayake et al. (2010) concluyen que la luz amarilla incrementa el porcentaje de germinación con respecto a la luz roja y verde, mientras que la luz azul la inhibe, además de que hormonas como el ácido giberélico y el ácido abscísico tienen una influencia muy importante en el rompimiento de la dormancia.

Para siembra directa se obtienen mejores resultados si las semillas se siembran a 1 cm de profundidad. El establecimiento de las plántulas está condicionado a la lluvia antes de emerger. Las semillas recién plantadas y las plántulas resultantes son extremadamente vulnerables a la desecación si se les riega poco y a las enfermedades causadas por bacterias y hongos si se riegan en extremo. El trasplante de las plántulas se realiza a los 6 u 8 meses y preferentemente durante el mes de abril; las plántulas crecidas en invernadero se trasplantan a las 16 semanas o al año. Todas se riegan con »200 ml de agua, las que reciben menos tienen una menor tasa de sobrevivencia y aumentar esta cantidad de agua no garantiza una mayor sobrevivencia. Se plantan a una distancia de 60 a 75 cm, teniendo 30,000 a 55,000 plantas por ha. Debido a que la plántula puede entrar en un estado latente por falta de humedad y por bajas temperaturas, se debe aprovechar esta característica para trasplantarlas, dejándolas de regar dos semanas antes del trasplante. Inmediatamente después de trasplantada regarla ligeramente en los surcos, durante dos semanas (2 veces por semana) y solo una vez por semana las siguientes cinco. Una vez establecidas no se requiere casi irrigación.

El manejo se realiza efectuando cortes del 40 % en relación con su altura; con esta práctica se mantiene una producción constante, se facilita la germinación de las semillas en el suelo y se propicia el desarrollo de las plántulas. Se han hecho planteamientos para su manejo en poblaciones naturales, estableciendo ciclos de corte en un plan de ordenamiento bien diseñado a partir de información dasonómica y bioecológica. Para su aprovechamiento, es necesario cortar las ramas en pequeños trozos y utilizar solventes, ya que sus vasos lactíferos están distribuidos en el tejido leñoso. Se menciona que la mejor edad para la cosecha es a los 7 años en la época de secas.

Plagas y Enfermedades.

Alrededor de 277 especies de insectos se asocian a la planta del guayule y causan graves daños, 13 especies más causan daño intermedio y a estas se les consideraría plagas potenciales. Asimismo, la oficina de estudios de las regiones áridas de la Universidad de Arizona, reporta que el guayule es atacado por la chinche *Chinche lygus* y por los hongos *Phytophthora* sp. y *Verticillium* sp. Además presenta daño por hongo *Pythium aphanidermatum*, *Phytophthora cryptogea*, *Macrophomia phaseolina*, hongos patógenos que causan pudrición en el guayule en condiciones de cultivo. Dos hongos patógenos atacan a las plántulas que emergen de semillas sembradas directamente en el suelo *Pythium dissotocum* y *P. paroecandrum* causando alta mortandad.

El guayule es atacado por *Sclerotium bataticola* que produce la enfermedad conocida como "carbón podrido". También se han determinado tipos de plagas y enfermedades asociadas al crecimiento del guayule bajo condiciones naturales de domesticación, principalmente por larvas de dos coleópteros de los géneros *Crysothrips* y *Cryptocephalus* que abren galerías en las raíces y en la base de los tallos, causando su muerte. Enfermedades causadas por el carboncillo (hongo: *Macrophomina phaseolina*) que causa podredumbre del tallo en o cerca de la línea del suelo.

Cosecha del guayule silvestre

El método de cosecha que ordinariamente se siguió en años pasados fue el de jalar la planta con la mano, aunque en muy contadas localidades usaron el método de cortarlo al nivel del suelo. El tiempo más fácil para arrancar la planta es cuando el suelo se encuentra más o menos blando debido a la acción de las lluvias, pero es al mismo tiempo la peor época para cosechar el arbusto si se toma en consideración el contenido del caucho.

Puede ser cosechada cada 2 ó 6 años. Se recomienda que al cosechar la planta se deshoje ya que las hojas representan un 20 % de su peso y no contienen hule, además de que albergan un compuesto metálico que cataliza la oxidación de la goma cruda.

Algunas investigaciones han demostrado que de las plantas segadas se pueden producir nuevos individuos a partir de las raíces viejas. Si las plantas se podan, se pueden desarrollar ramas del tallo principal y se pueden obtener más plantas que restableciendo la plantación por los métodos usuales. La intensidad del corte debe ser del 40 % como máximo del total de la

planta para obtener una buena producción de materia prima (12.53 % de hule) y una óptima recuperación del arbusto. Intensidades de poda del 80 %, 100 % y desenraice ponen en peligro el recurso.

Mejoramiento del Guayule

Las necesidades en el mejoramiento del cultivo del guayule, primeramente son para lograr un incremento de la población de hule por hectárea. Sin embargo, en el logro de ello, debe ser considerado que por ejemplo, el alto costo de irrigación en California, ha obligado a aquellos interesados en el cultivo del guayule a reconocer la necesidad de producirlo en zonas áridas. Existen especies de guayule que acumulan porcentajes satisfactorios de hule, bajo irrigación y bajo cultivos en zonas áridas. En algunos casos hay un crecimiento inadecuado que inhibe la acumulación de hule; en otros, el crecimiento es adecuado pero el promedio de formación de hule es bajo. Muchas plantas seleccionadas pueden presentar un buen crecimiento y acumulación de hule en los primeros años, pero después, el rango de acumulación de hule no se mantiene con el crecimiento.

El mejoramiento del guayule cae dentro de varias categorías:

- ♣ En la germinación y crecimiento inicial de las plantas semilleras del guayule, para poder sembrar las semillas directamente en el campo en vez de sembrar primero en un invernadero y trasplantar las plantas semilleros en el campo. Esto es posible ya donde existe una irrigación adecuada, pero no ha sido aplicado como un patrón. Esto no sería factible sin irrigación.
- ♣ El incremento en el rendimiento por hectárea, basado en el incremento del tamaño de la planta, como en el mejoramiento de plantas con una alta concentración de hule. Un incremento en el promedio de formación de hule en los primeros años de crecimiento para disminuir el tiempo entre siembra y cosecha. Un incremento de la tolerancia del guayule al frío para que los límites del cinturón del guayule puedan ser extendidos más lejos, al norte y aumentar las hectáreas marginales que pueden producir y dar rendimientos de cosecha provechosos.

- ♣ Un incremento en la resistencia de guayule a enfermedades que interfieren en el crecimiento de las plantas en el campo, pues se han encontrado especies resistentes al "Carbón podrido", "Raíz podrida" y *Verticillium* sp. Con una alta variabilidad natural del guayule puede darse una alta selección de resistencia a éstas. Sin embargo, considerando que la industria llantera Firestone es Fort Stockton, Texas, comienza a realizar operaciones de manejo de semillas en vivero y pruebas de establecimiento; con miras al establecimiento de plantaciones.

Además, se pretende desarrollar pruebas que permitan: Proporcionar una plantación para estudios agronómicos, tal como requerimientos de agua, métodos de manejo de plantas para incrementar la acumulación de caucho, control de malezas y otros. Proporcionar un área adecuada para el desarrollo de pruebas de maquinaria para trasplante, cultivo y cosecha del arbusto.

Producción de guayule.

En estado silvestre el guayule alcanza su madurez industrial de los 5 a los 7 años de edad, cuando el tronco excede a los 2 cm de diámetro y puede vivir mucho más tiempo con ligero aumento en su contenido de hule, a esa edad produce de un 10 a 12% de caucho. Sin embargo, en plantas en cultivo, con mejores tierras y con irrigación durante el primer año, se han obtenido variedades seleccionadas que alcanza el óptimo de la producción a los 4 o 5 años y que produce hasta un 23% de caucho y 1800 kg por hectárea.

También, en los años 30 después que la planta fue comercializada y cultivada, los métodos de la agricultura y la industria se han adelantado así que debe ponerse al día el cultivo y extracto de caucho de guayule antes de que pueda empezar una mayor producción. Por ejemplo, para cada tonelada de caucho, el arbusto de guayule contiene media tonelada de resina hecha de vario tipos de terpenos. En el pasado era difícil separar estas resinas del caucho y casi todo el caucho de guayule vendido estaba en forma de brea. Esto dio al caucho de guayule una mala reputación lo cual todavía persiste en la industria del caucho. Desde entonces se ha encontrado que la resina se puede quitar fácilmente con el uso apropiado de solventes.

Para su producción sostenible, guayule crece bien en zonas áridas y semiáridas del Norte de México. Debido a que la planta de guayule produce resinas de terpeno, que son pesticidas naturales, es resistente a muchas plagas y enfermedades.

Los herbicidas son principalmente necesarios para el establecimiento. La selección de alto rendimiento de guayule se complica por su sistema de cría, que es principalmente la apomixis (clonación asexual a través de los gametos). Sin embargo, el sistema de cría es algo variable y existe una considerable variación genética dentro de las poblaciones silvestres. Selección de líneas de alto rendimiento ha sido un éxito.

Afortunadamente, la diversidad genética de la planta del guayule es substancial. Todos los arbustos que crecen en el desierto, parecen ser casi una cepa por separado. Hay una amplia variación en el contenido de caucho (de menos de 10% a cerca de 26%) y en la tasa de crecimiento, así como en la resistencia a enfermedades, susceptibilidad a la defoliación, la capacidad de competencia con las malezas, contenido de resina, tolerancia al frío y a la sequía. Por otra parte, el guayule se puede hibridar con otras especies de *Parthenium*. Tiene un sistema único de reproducción bimodal. En un modelo, las flores femeninas no tienen que ser fertilizadas para producir semillas, y esta reproducción apomítica garantiza que una vez que una buena variedad se encuentra, esta pueda propagarse indefinidamente para obtener semillas sin variación genética. Una de las mayores necesidades de la investigación es un método rápido y simple para la selección de plantas en contenido de caucho. Si un instrumento adecuado fuera portátil, el mejorador podría usarlo para encontrar la mejor cepa silvestre.

Producción del hule

Una de las prácticas más eficaces para regular la densidad de población y la productividad, en cuanto a espacio y tiempo disponible, consiste en eliminar a las especies de menor interés para el hombre, como a la competencia interespecífica, lo cual permite al guayule disponer del espacio libre anteriormente ocupado, incrementando, de esta manera, su densidad.

La producción está condicionada por la densidad de la población y las características genéticas de la misma; su productividad, en cambio, se determina por la densidad y por la estructura de la población, por lo que para su manejo es recomendable cosechar sólo a los individuos de cierta altura y cobertura. La altura mínima de la planta debe ser de 30 cm, que corresponde a una edad de 11 a 13 años; los individuos de una menor altura tienen bajo peso y cantidad de hule (se desconoce la función biológica del hule dentro del guayule, ya que no se utiliza ni se metaboliza y se acumula durante años).

Los contenidos más bajos reportados en México han sido del 10% (base seca), lo que lo coloca como el arbusto con mayor capacidad fotosintética para producir hidrocarburos incluyendo a *Hevea brasiliensis*.

~ Obtención del hule

Es necesaria mucha investigación para determinar el mejor método para la obtención de hule a partir de arbustos de guayule, ya que el viejo proceso comercial puede ser mejorado. Este proceso incluye:

- 1.- Corte de hojas (las plantas son extraídas con todo y raíz, lo que ha motivado que sus poblaciones naturales se encuentren sumamente diezgadas) y picado del arbusto.
- 2.- Molienda seguida de la aplicación de agua.
- 3.- Dos estados de flotación:
 - a) Para separar el hule crudo de las fibras.
 - b) Para obtener hule limpio.
- 4.- El secado y empacado (el hule obtenido se encuentra mezclado con resina).

Sin embargo, en este método de flotación, el hule contiene mucha resina, la cual tiene efectos sobre la calidad del hule producido. El proceso utilizado en la planta piloto del CIQA, Saltillo, México, es mucho mejor que el proceso de flotación, la maquinaria despulpadora reemplaza el antiguo equipo en el proceso de molienda, el hule es separado de la resina con acetona, disuelto en hexano, filtrado, recobrado por precipitación, secado y empacado. Se considera que se ha obtenido hule de alta calidad cuando se obtienen 0.3 onzas de resina por onza de hule producida.

En la industria llantera Firestone se ha investigado un método de extracción directa con solvente para resina y hule. Primeramente entra el arbusto al proceso; se hierve, se obtiene la pulpa y se eliminan las hojas; posteriormente se seca y con la aplicación de acetona se obtiene resina, al mismo tiempo que se recupera el solvente. Después a la pulpa seca se le aplica hexano para obtener el hule. El cual es coagulado, evaporado, tamizado, secado y empacado. En este proceso se obtiene 0.7 onzas de resina por onza de hule; mayor que el proceso mexicano.

Este proceso es apropiado para la producción en U.S.A. en donde las grandes escalas de operación requieren reducir el efecto de las altas inversiones y costos de operación. El contenido de resina y hule, son cantidades variables y en varios casos promisoriamente altos.

~ Propiedades del hule

La molécula del hule es un polímero de 5 carbonos mejor conocido como isopropeno, en el cual existe una resonancia en posición CIS. En 1927 se desarrolló un proceso para la remoción de resinas, pero no se utilizó por no ser satisfactorio comercialmente hablando. Consecuentemente toda la producción de hule desde la elaboración del proyecto hasta la Segunda Guerra Mundial contiene grandes cantidades de resina. Se compone de un 70% de hidrocarburos, 22-24%, de resinas y grandes cantidades de mugre, corteza y fibra.

Los estudios de Firestone antes mencionados, y varias de las compañías de caucho muestran que la estabilidad del hule de guayule producido en la planta piloto de Saltillo, México, es aceptable (Cuadro 11) pudiendo sustituir a especies del género *Hevea* así como a los polisoprenos sintéticos en muchas aplicaciones (Greeg et al, 1980).

Cuadro 11. Comparación de *Hevea* y *Parthenium* con y sin resinas.

Espece	
<i>H. brasiliensis</i>	3350
<i>P. argentatum</i> con resina.	1845
<i>P. argentatum</i> extraída la resina	3450

Las estructuras químicas productoras del polímero son muy parecidas a las del género *Hevea* (Campos y Palacios, 1976). Además, los polímeros del guayule contienen mucho menos gel que *Hevea*. Se han examinado las posibilidades de suministro de hule de guayule por la planta piloto mexicana para propiedades como polímero crudo y también como compuesto en varios tipos de llantas; además se estudian procesos de extracción directa de hule a partir de los arbustos silvestres de Texas. Las propiedades del hule crudo son generalmente aceptables (Cuadro 12). Además el hule mexicano fue probado en un cambio de recubrimiento en los compuestos de varias llantas radiales por un lado, y por el otro, comparándolo con polisoprenos sintéticos y varios niveles de *Hevea*, se obtuvo que el grado de vulcanización, la tensión, la

resistencia a las rajaduras, adhesión y propiedades dinámicas son aproximadamente igual al *Hevea* TSR-5.

Cuadro 12. Comparación de las propiedades del hule de *Hevea* y *Parthenium*.

Propiedades	<i>Parthenium</i>	<i>Hevea</i>
TSR-5	0.05	0.05
Ceniza (%)	0.84	0.33
Nitrógeno v	0.24	0.39
Extracto de acetona (%)	4.20	2.86
MLJ + 100°C	97	100
PRI	49	79
EV Vulcanizado 20; 140°C		
Tensile, psi	2850	2600
Módulo 600%, psi	810	760

La única propiedad en la cual el guayule fue deficiente, es la resistencia en verde (fuera de cohesión del caucho sin vulcanizar), particularmente importante en el cuerpo de llantas radiales para la retención de la forma designada durante la expulsión en el estado de vulcanización. Aunque dicha resistencia es igual o mejor que algunos productos sintéticos. Esta deficiencia es la única para su uso en la producción de llantas, en todas las otras aplicaciones puede ser un buen sustituto de *Hevea* y hay una buena oportunidad para mejorar las deficiencias con el desarrollo de investigación.

~ Comercio

Se han hecho varios intentos fuertes de comercialización de guayule para la producción de llantas, sin embargo han fallado por varias razones, principalmente económicas como por ejemplo, que es más barato el látex de *Hevea*. Por otro lado el uso de látex de *Hevea* y la sustitución por productos sintéticos provenientes del petróleo, ha venido a reemplazar casi en su mayoría al látex de guayule, sin embargo aún existe una necesidad de éste (Nakayama, 2005).

A raíz de la crisis del petróleo en 1970, la Academia Nacional de Ciencias recomienda investigación sobre guayule en vista de la necesidad de reducir la dependencia a fuentes sintéticas de látex.

Usos

Industrial

En el pasado, el guayule fue la única fuente de hule producido comercialmente hasta 1950, exportándose 125,000 toneladas de México hacia Estados Unidos durante la segunda guerra mundial. Durante esta, el gobierno de los Estados Unidos se encontró con una peligrosa falta de materias primas indispensables para las necesidades del ejército. A petición del gobierno de Estados Unidos, México participó activamente en apoyo del esfuerzo bélico del vecino del Norte suministrando varios productos críticos.

El más grave problema estratégico que estaba afrontando el ejército norteamericano después de Pearl Harbor era la falta de suministro del hule pues sin esta materia prima era casi imposible mantener su esfuerzo de guerra. El hule era indispensable para la fabricación de neumáticos, llantas, mangueras, guantes, recubrimientos, tuberías, etc. Ante esta amenaza, se estableció el plan de emergencia llamado "Emergency Rubber Program" Este programa asignó a cerca de diez mil personas entre científicos, técnicos y personal de apoyo con el único objetivo de encontrar fuentes de abastecimiento de hule natural.

El guayule volvería a ser un reemplazo por la *Hevea* que produjo el látex durante la Segunda Guerra Mundial, cuando Japón cortó el envío de látex de Malasia de los Estados Unidos (Hammond y Polhamus, 1965). La guerra terminó antes de que comenzara la agricultura a gran escala de la planta de guayule, y el proyecto fue desechado, ya que era más barato importar látex derivado del árbol de aplastar a los arbustos de una menor cantidad de látex.

Actualmente las plantas de guayule producen cantidad de resinas, las cuales tiene un potencial uso industrial. El látex del guayule se utiliza en la industria para fabricar neumáticos y puede ser empleado para confeccionar una variedad de productos que incluyen guantes, condones, tubos, etc. De las resinas del guayule se pueden hacer preservantes para maderas, pesticidas y plastificantes. Los residuos de la extracción del látex se pueden emplear como combustible, o en mezclas con otras fibras para producir papel, etc.

Se usa también en la industria del vestido, productos recreativos, látex para barnices, lacas y aceites obtenidos de las resinas, aglomerados y empaques obtenidos del caucho y para pulpa para papel. Se usa para fabricar material de oficina, cinturones, aisladores.

El guayule tiene una fuerte importancia económica, el hule o látex es el producto principal, sin embargo, subproductos también pueden ser aprovechados, del bagazo por ejemplo pueden extraerse aditivos de gran calidad como se muestra en la Figura 32.

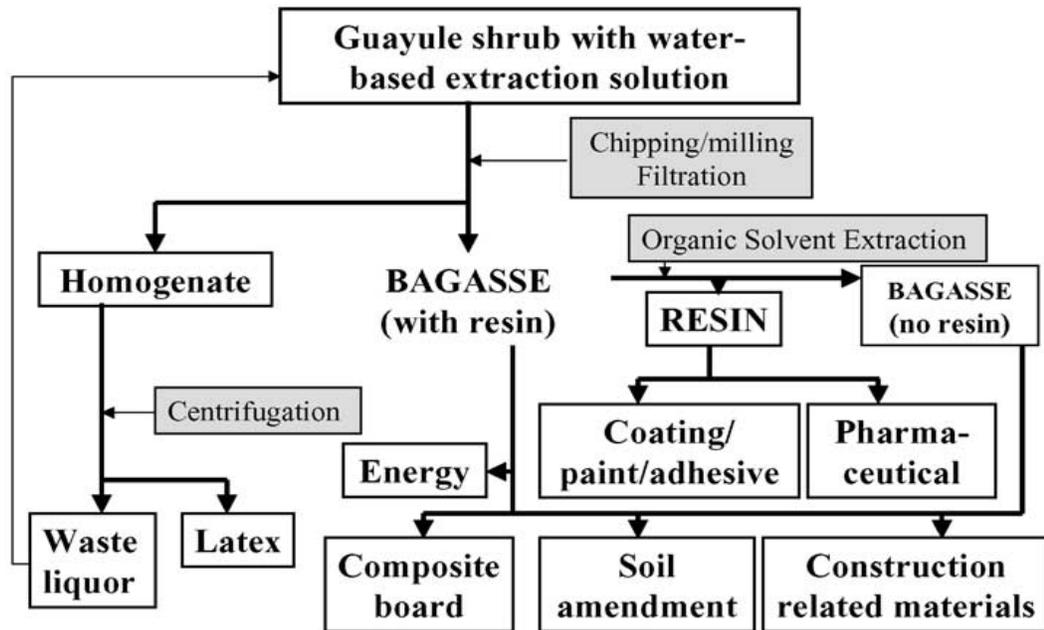


Figura 32. Productos y subproductos del Guayule, tomado de Nakayama, 2005.

Recientemente, la planta de guayule se ha visto un pequeño pero creciente resurgimiento en la investigación y la agricultura, debido a sus propiedades hipoalergénicas, es un producto invaluable, pues las personas que son alérgicas al látex del caucho (la fuente actual de látex natural) no lo son al látex hecho de guayule (Albarello y Morales, 2008). Con la crisis del SIDA de la década de 1980, el aumento en el uso de guantes de goma reveló cuántas personas eran alérgicas al látex (alrededor del 10% de los trabajadores de la salud, de acuerdo con OSHA), y por lo tanto creó un nicho de mercado para guayule. Hay alternativas sintéticas para productos de dispositivos médicos, pero no son tan estirable como caucho natural.

El guayule se comporta como *Hevea*, pero no contiene ninguna de las proteínas que causan alergias al látex. De él se extrae látex hipoalergénico con el que se fabrican guantes y catéteres

para cirugía, entre otros. Tiene una gran demanda en el extranjero, siendo para México una buena oportunidad económica ya que con este material se fabrican bandas, mangueras, cojinetes, artículos eléctricos, llantas, etc.

Biocombustible

La viabilidad del guayule como biocombustible ha sido mejorado recientemente a la luz de los comentarios de expertos, del Earth Policy Institute, afirmando que "los alimentos basado en biocombustibles de los 800 millones de personas con los coches contra los 800 millones personas con problemas de hambre", lo que significa que los biocombustibles derivados de cultivos alimentarios (como el maíz) aumentan los precios mundiales de los alimentos. El guayule puede ser un cultivo de biocombustible económicamente viable que no aumenta el problema del hambre en el mundo. El guayule tiene otra ventaja sobre los cultivos de alimentos como biocombustibles. Se puede cultivar en zonas donde los cultivos de alimentos sería un fracaso.

Etnobotánica

El Guayule fue conocido y utilizado por tribus indígenas que habitaban en la zona norte de México y obtenían una goma elástica con la que manufacturaban pelotas para los "juegos de pelota" ceremoniales.

9. Discusión

Formas de vida arbustiva en el Desierto Chihuahuense.

Los arbustos leñosos representan una forma de vida dominante en los ambientes áridos y semiáridos de México. Estas comunidades vegetales se distribuyen en una superficie calculada en poco más del 50% del territorio nacional; su diversidad fisonómica y florística puede ser considerada como moderada, ya que está constituida por más de 6000 especies vegetales descritas (Cervantes, 2005), de las cuales 50% se restringe a nuestro país (Rzedowski 1990, 1991). En este contexto, los arbustos *Larrea tridentata*, *Atriplex canescens* y *Parthenium argentatum*, son por si solos fundamentales para la estructura de las comunidades vegetales del DC, ya que las interacciones ecológicas planta-planta son determinantes en el mantenimiento de las comunidades vegetales de las zonas áridas (Flores, 2013).

En rol que juegan las formas arbustivas en el DC es muy importante, se sabe que en asociación directa con la presencia de árboles y arbustos, los nutrientes están concentrados en parches o 'islas de fertilidad' (García y McKell, 1970). Según Gutiérrez y Squeo (2004) la distribución vertical y horizontal de nutrientes del suelo está estrechamente relacionada con la distribución de la vegetación, su composición y biomasa. Este patrón espacial resulta de los arbustos que absorben nitrógeno a través de sus sistemas radiculares y que son retornados al suelo cuando eliminan sus hojas. A la par los arbustos ayudan a frenar el desgaste del relieve en estos ambientes, ya su follaje y la hojarasca reducen la velocidad del agua y el potencial erosivo del viento, también el tronco y las raíces disminuyen la capacidad de los distintos agentes climáticos para transportar materiales (Espinoza et al., 1988), por lo que se arrastra una menor cantidad de partículas.

Otra función es el aporte importante que hacen a la constitución orgánica de los suelo, ya que bajo sus copas existen condiciones más favorables para el reclutamiento de plántulas de arbustos y de plantas herbáceas. Este efecto nodriza, en consecuencia, genera un aumento la riqueza florística de estas zonas (López y Ortuño, 2008), debido a que la hojarasca depositada bajo ellos permite que la precipitación sea absorbida por las capas superiores del suelo, además de que las temperaturas del aire y del suelo son más bajas, por lo que el contenido del agua de las capas superficiales del suelo tienden a permanecer más altas quedando disponible para la absorción por las plantas (Shachak et al., 1998) y por lo tanto, las plántulas experimentan menos estrés hídrico y térmico.

Se ha visto que los entornos semiáridos y su biodiversidad están expuestos a diferentes amenazas derivadas de la actividad humana, cuando se pierde la cobertura arbustiva (por tala, quema o pastoreo) disminuye la infiltración de agua y aumenta la escorrentía, generando que el suelo desnudo promueva la formación de una costra superficial debido al impacto directo de las gotas de lluvia la cual reduce aún más la infiltración de agua (Shachak et al., 1998), por lo que se disminuyen las posibilidades de establecimiento y crecimiento de plántulas y por ende la cobertura vegetal. Los suelos desnudos son además muy susceptibles a la erosión por agua y viento, causando una remoción neta de nutrientes de los parches degradados. Como mencionan, Shachak et al. (1998) y Maestre (2015), se ha observado que una reducción en la cobertura arbustiva puede reducir drásticamente la diversidad de sus especies asociadas y generar pérdidas en la fertilidad del suelo, aumentando el lavado de nutrientes y la desertificación así como su habilidad para secuestrar CO₂, por lo que la presencia de las forma de vida arbustivas son de suma importancia ecológica.

El efecto nodriza, junto con el hecho que los arbustos adultos son relativamente menos sensibles a la sequía y herbívora por la presencia de sus metabolitos, explica por qué la vegetación leñosa madura puede persistir y rejuvenecerse donde el establecimiento de plántulas, en la ausencia de sombra de vegetación leñosa nodriza es imposible (Gutiérrez y Squeo, 2004). Aunado a esto, los efectos de las plantas nodrizas también se extienden a las plantas anuales, porque la forma de crecimiento de los arbustos actúa como una trampa colectora de restos orgánicos transportados por el viento, que finalmente se acumulan bajo su copa y provee de un mejor sustrato a las anuales que el suelo abierto. Los investigadores West y Skujins (1978) demostraron que los nutrientes del suelo pueden limitar la producción biológica en épocas cuando la humedad del suelo no es limitante para el crecimiento de las plantas de ecosistemas semiáridos.

Botánica económica de las especies.

Dar a conocer la utilidad de las especies vegetales cultivadas o en estado silvestre es el objetivo de la Botánica Económica, área especializada de la Botánica (Benavides et al., 2010), la cual está estrechamente relacionada con todos los aspectos de la caracterización de las especies arbustivas que aquí se mencionan. En función del conocimiento de los recursos naturales propios del desierto, surge la necesidad de identificar aquellas especies de plantas aún silvestres con potencial económico, para que se unan a la importante lista de las especies ya domesticadas, de tal manera que, bajo sistemas de producción intensiva, se administren

nuevas alternativas de aprovechamiento para la población humana. En este sentido, *Larrea tridentata*, *Atriplex canescens* y *Parthenium argentatum*, son candidatas para ser estudiadas con un mayor enfoque en su aprovechamiento.

Como ya se menciona antes, *L. tridentata*, *A. canescens* y *P. argentatum* se enfrentan continuamente a condiciones ambientales extremosas, que les obligan a desarrollar un sinnúmero de adaptaciones, como por ejemplo, su eficiente sistema radicular, la estructura epidérmica, vías fotosintéticas alternativas (C4) y una producción de una gran diversidad de metabolitos secundarios que les permiten enfrentar los factores ambientales bióticos y abióticos (Granados et al., 1998). El perfil de los metabolitos secundarios difiere considerablemente entre especies y refleja la historia evolutiva y las relaciones interespecíficas (Gottlieb, 1990).

En este contexto, la gobernadora puede ser considerada como uno de los arbustos con gran potencial fitoquímico para México, debido a que contiene una espesa resina, producida en sus hojas y tallos, con una gran abundancia de metabolitos secundarios (Brinker, 1993), los cuales resultan ser defensas bioquímicas para repeler el ataque de animales herbívoros, hongos y otros microorganismos (Valesi et al., 1972; Wisdom et al., 1987; Rundel et al., 1994), ya que no se conocen plagas, enfermedades o animales que ataquen esta planta (Lira, 2003). Entre estos destacan: fenoles, lignanos y flavonoides, así como los biopolímeros fenólicos y el ácido nordihidroguaiaretico (NDGA), el cual recientemente se reporta un gran interés por retomar el uso de este compuesto como conservador de alimentos (Turner et al., 2011), debido a sus propiedades antioxidantes, por lo que da la pauta para reanudar esta actividad, no sin antes profundizar en su estudio a detalle. Además, es bien conocido que los extractos acuosos, etanólicos, acetónicos, y aceites esenciales derivados de plantas, son una alternativa económica y eficiente para el control de enfermedades de las mismas (Galván et al., 2014), por lo que el uso de la gobernadora en este aspecto, podría permitir la obtención de productos agrícolas de calidad ya que su uso no representa un riesgo para el medio ambiente.

Adicional a esto, tenemos que la gobernadora es uno de los arbustos de hoja perenne dominantes en los desiertos cálidos de América del Norte, que además crece en aproximadamente el 25% de la superficie total de la República Mexicana y según Rzedowski (1962) es uno de las plantas leñosas endémicas de la zona árida chihuahuense sin mencionar que se le ha catalogado como una especie verdadera resistente a la sequía, por permanecer activa metabólicamente durante las estaciones secas y con potencial de crecimiento en cualquier momento del año (Stanley et al., 1997), sin ser una planta suculenta, ni presentar

espinas, además de ser perennifolia; esto supone que la gobernadora podría llegar a ser potencialmente aprovechable, ya que no se encuentra amenazada en esos ecosistemas, ni se aprovecha en la actualidad. De ser posible la utilización racional de este recurso forestal no maderable podría apegarse a Ley general de desarrollo forestal sustentable.

Debido a consideraciones sociales económicas y políticas, se ha iniciado un intensivo estudio de este arbusto, como fuente de materias primas, debido a las propiedades antes mencionadas. En la conferencia Internacional de *Larrea*, se informa que se están haciendo investigaciones tendientes a encontrar las técnicas más eficientes y económicas para la extracción de las resinas y demás principios activos de utilidad derivadas de la gobernadora, sobre todo en las fases del procesado correspondiente a recolección, concentración, transporte y transformación. La química de los metabolitos secundarios y su potencial de aplicación industrial aun deben investigarse a fondo, esto impulsado por la necesidad inminente de reemplazar productos sintéticos por productos naturales (Vilela et al., 2011). Si se llevase a cabo esta iniciativa, se pueden generar bases sólidas sobre las cuales el planteamiento de desarrollar cultivos específicos de *L. tridentata*, y el establecimiento de una industria fitoquímica verde, para zonas áridas como lo es el DC, y que a su vez pueda complementar la producción extensiva habitual en estos ambientes.

Por su parte la especie *Atriplex canescens* es otro arbustos de hoja perenne muy importante en los desiertos de América del Norte, considerada una planta halófila, que ha alcanzado el estado dominante en ciertos sitios en solución salina o suelos de textura fina en toda la región del Desierto Chihuahuense, siendo casi exclusiva del mismo. Desde que *Atriplex* es adaptable a suelos salinos y sódicos por lo general no se considera agrícola, no obstante, podría ser que el cultivo sea utilizado para la "cosecha" de sal, y con ello recuperar la tierra para la agricultura tradicional, aunque esta hipótesis aún no se ha probado. Por otro lado, existe la posibilidad de que crecer el chamizo en tierras agrícolas marginales donde se perdió la producción debido al agua y / o el suelo cada vez más salado, así se reutilizarían las áreas que ya no se consideran para otros cultivos de importancia económica y así mismo se podría obtener también una buena producción de forraje que es fundamental para la crianza de ganado en el norte del país.

Considerando la importancia de la explotación ganadera en el país y el problema de la escasez de forraje en las épocas críticas, que año con año se observa en la mayoría de los agostaderos del país (Watson, 1993), una buena alternativa para continuar utilizando estas tierras podría ser la explotación de especies forrajeras nativas o introducidas con requerimientos mínimos de

humedad y alta tolerancia a la salinidad, que además de producir forraje de buena calidad, brinden de protección al suelo contra la erosión (Carrillo et al., 2011) como lo es en este caso *Atriplex canescens*. En el caso de la erosión del suelo, el chamizo es reconocido, ya que sus raíces ayudan a prevenir este fenómeno a veces muy común en las zonas áridas y semiáridas del mundo (Petersen et al., 1986).

De su potencial forrajero, se ha visto que existen algunas especies forrajeras de *Atriplex* que son muy apreciadas por su alto valor nutritivo en áreas de apacentamiento, ya sean pastizales o matorrales (Soltero y Fierro, 1984). Ejemplo de ellos es la gran cantidad de tierras manejadas en Australia que han centrado su atención en especies de *Atriplex* como planta forrajera (Squella y Meneses, 2015). El análisis bromatológico de *A. canescens* indica que el contenido promedio de proteína va de 14 a 18%, siendo bastante aceptable, y con un porcentaje de digestibilidad aparente del Nitrógeno del 52.8%. Además, sus contenidos de proteína, calcio y fósforo son relativamente altos durante todo el año, lo que lo hace un arbusto altamente aceptable. El chamizo es un valioso arbusto forrajero, particularmente en invierno cuando éste presenta una más alta digestibilidad y contenido de proteína que la mayoría de las plantas forrajeras del agostadero. Sin embargo, como en muchas otras especies, la época de verano coincide con la mayor producción de tejido foliar. (Carrillo et al., 2011). Se sabe que la producción esperada de forraje por hectárea de *A. canescens* por año, es de 2,5 toneladas de materia seca, variando por los siguientes factores: edad de la plantación, densidad de plantas, crecimiento logrado en el año en función de las condiciones climáticas y manejo del ganado (FAO, 2015),

Como se ha visto, atributos como, ser una planta halófila y tener tolerancia a la sequía y a temperaturas extremas; su valor nutricional (18-20% de proteína cruda) y su producción de biomasa equiparable a la de la alfalfa; su palatabilidad con una digestibilidad de un 63.5%, siendo el uno de los arbustos más apetecidos para toda clase ganado en el norte de México y con excelente tasa de recuperación ante la presión del mismo; su nula toxicidad, ya comprobada por ácido oxálico en el ganado y finalmente su establecimiento óptimo en lugares nativos, hacen que el chamizo se postule como una planta potencialmente útil dentro de las áreas de concurrencia en el Desierto Chihuahuense.

No obstante el gran potencial que el aprovechamiento de esta especie representan para los pobladores de esas regiones, su utilización ha sido escasa y su explotación no ha sido la más

adecuada o sustentable. Por lo que, a través de una mejor comprensión de la historia natural, ecología y fisiología del chamizo, tratada en este trabajo, *Atriplex canescens* puede hacer una importante contribución a la productividad de plantas nativas de los desiertos mexicanos.

Finalmente el arbusto *Parthenium argentatum*, también hace una contribución significativa dentro de los arbustos aprovechables del Desierto Chihuahuense, ya que por ser endémica de esta zona, supone un recurso potencial exclusivo para México. La importancia de analizar y estudiar este recurso genético en el país, se deriva de la creciente demanda nacional e internacional de hule natural, ya que es probablemente la única fuente posible de hule natural con potencial industrial que puede crecer al interior de los desiertos mexicanos, misma que no supone mayor problema, ya que se estima que actualmente las poblaciones naturales de guayule se han recuperado en su totalidad. Por ello, la explotación racional de este recurso hasta ahora ocioso, puede tener un impacto socioeconómico muy favorable en las clases económicamente más marginadas de las zonas desérticas del país, si es que se genera en México una industria impulsada por plantaciones en las regiones naturales del DC.

Según el informe de CONAZA (1994), con el guayule que hay en México es factible producir unas 30,000 toneladas anuales de hule, con la instalación de cinco plantas procesadoras localizadas estratégicamente en las regiones guayuleras, lo que sería suficiente para eliminar las importaciones de hule natural, con lo que se evitaría la salida de divisas de por lo menos 600 millones de pesos anuales, además de que se crearían 21,000 empleos complementarios en mano de obra campesina. El Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA) en Saltillo, ha desarrollado la tecnología más avanzada hasta el momento para el proceso y extracción de hule de guayule (CONAZA, 1976).

De acuerdo a Campos y Palacios (1976), las empresas de la industria hulera nacional e internacional han comprobado que el hule de guayule extraído en México con tecnología propia es de tan buena calidad como el hule de importación de *Hevea brasiliensis*. La producción del guayule puede ser altamente mecanizada en todas las etapas de producción, desde la plantación inicial hasta la recuperación final de hule del arbusto, sin descuidar la importancia de que el último año de la plantación, se lleve a la planta a un estado de estrés (castigo a sequía), para promover la producción de hule. Esto significaría que los costos de mano de obra pueden ser reducidos y favorables.

Por otro lado, la necesidad de domesticar el guayule y establecer plantaciones comerciales como una alternativa a la explotación de poblaciones silvestres, haría que se utilizarían superficies que no pueden ser cultivadas con ninguna otra especie, se facilitarían la cosecha y la producción de hule sería a plazo más corto. Una vez con el conocimiento de las series de poliploidía, es muy factible incrementar los rendimientos de hule y aumentar su área de adaptación significativamente a través del mejoramiento genético.

El consumo actual de hule en México asciende a 30 mil toneladas anuales y es factible de satisfacer la demanda con las poblaciones silvestres existentes. Así pues, con el incremento del precio del caucho, con el incremento de la demanda de llantas, con el caucho sintético cada vez menos competitivo debido al incremento de los costos del petróleo, y con grandes áreas marginales en las tierras semiáridas en el suroeste, el regreso del guayule parece oportuno.

Firestone ha lanzado 2 fases de investigación y desarrollo de programas de comercialización de hule del arbusto de guayule. Una fase de estudio involucra la producción de hule natural a través del arbusto silvestre de Texas, E.U.A. El otro, una fase agrícola involucra el establecimiento de un vivero y plantación de varios miles de acres de prueba en el Centro de pruebas de Firestone en Fort Stockton, Texas. En México a partir de 1973 se iniciaron algunas actividades exploratorias que llevaron a la creación de un proyecto integral sobre el guayule, bajo la responsabilidad del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), quien desde 1974 ha estudiado las diferentes alternativas para la producción de este recurso (CIQA, 2002)

Para que el Guayule se convierta en un producto comercial exitoso se requiere que se intensifiquen las investigaciones básicas y aplicadas sobre sus aspectos ecológicos, genéticos, fisiológicos y agronómicos, con miras a su domesticación. Una condición particular para la producción de látex de Guayule sea comercialmente viable es que las plantas sean más productivas. Según Nakayama (2005) hay algunos factores que la limitan: Solamente del 10% de la planta es utilizada para extraer látex, las personas que trabajan esta planta no se han adecuado a la producción comercial y la oferta es poca; por esta razón, la más alta prioridad es que se seleccionen cultivares con alto potencial de producción de látex. En la medida de que la cantidad producida aumente, la comercialización podrá llevarse de a cabo y el uso de los subproductos podrá ser fomentado.

10. Conclusión

Al tomar ventaja de la tecnología biológica y la innovación, se pueden desarrollar nuevos cultivos en regiones áridas y semiáridas. Nuestras metas deben incluir la recuperación de regiones salinas y alcalinas, y la utilización reflexiva de nuestros delicados ecosistemas áridos. Una vez integrado el conocimiento general de especies arbustivas como *Larrea tridentata*, *Atriplex canescens* y *Parthenium argentatum*, se concibe la importancia de conservar y aprovechar las áreas áridas y semiáridas de México, como lo es el Desierto Chihuahuense, en función no solo de los recursos naturales probados y potenciales que se mencionaron en este trabajo, mismos que deberán manejarse de manera sustentable y minimizar en lo posible los impactos sobre el ecosistema, sino en gran medida a que estos poseen una riqueza de valores biológicos, culturales, estéticos y espirituales. La información global proporcionada en esta tesis puede ayudar a establecer políticas que permitan la conservación de estos espacios naturales en un contexto de cambio ambiental global.

11. Literatura citada

1. Aber, J.D. y Melillo, J.M. 2001. *Terrestrial Ecosystems* 2nd Ed. Academic Press. p. 556.
2. Aguilar V. R., Cacheux I. M. y Álvarez H. G. 2004. Las costras biológicas del suelo y las zonas áridas. *Ciencias* 75, 24-27.
3. Albarello, V.M.A. y Morales, C.L.M. 2008. Relación entre el uso de guantes de látex en los trabajadores del sector de la salud y la aparición de dermatitis ocupacional. Trabajo de grado para optar por el título de especialistas en salud ocupacional. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, DC. p. 108.
4. Allen, M. F. y MacMahon, J.A. 1985. Impact of disturbance on cold desert fungi: comparative microscale dispersion patterns. *Pedobiologia* 28, 215-224.
5. Allen, M.F. 1989. Mycorrhizae and rehabilitation of disturbed arid soils: processes and practices. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 3, 229-241.
6. Andrade, A. E. E. 1992 Efectos de la salinidad en el suelo y escarificación de semillas sobre la emergencia y producción de fitomasa de tres especies del género *Atriplex*. Tesis de licenciatura, especialidad en zootecnia. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). México.
7. Arredondo, V. A., Palomino H.G., Contreras B. S., Pimienta B. E. y Gispert M. 1985. El estado de Conservación y uso de la biodiversidad en zonas áridas y semiáridas de México.
8. Artschwager, E. 1943. Contribution to the morphology and anatomy of Guayule (*Parthenium argentatum*). U.S. Department of agriculture technical. Bulletin. 842. pp. 32.
9. Barbault, R. y Halfter, G. 1981. Ecology of the Chihuahuan Desert. Organization of some vertebrate communities. Man and The Biosphere Program. (AAB) UNESCO. Instituto de Ecología, A. C. México.
10. Beltrán, L.S. 1999. Evaluación de diferentes técnicas de escarificación para incrementar la capacidad de germinación de semillas de chamizo (*Atriplex canescens*). Memoria de la XXXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Yucatán. Mérida Yuc.

11. Benavides, A. M., Hernández, R. E. M., Ramírez R. H., Sandoval A. R. 2010. Tratado de botánica económica moderna. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México. p. 332.
12. Bergner, A.D. 1944. Guayule plants with low chromosome numbers. Science. Vol. 99, pp. 224-225.
13. Bernabé, J. 2000. Principales asociaciones del desierto chihuahuense. Tesis de Ingeniería Forestal. UACH. Chapingo, Edo. de México.
14. Black, R.F. 1954. The leaf anatomy of Australian members of the genus *Atriplex*. I. *Atriplex vesicaria* Hewart and *Atriplex nummularia* Linds. Aust. J. Bot. Vol. 2. 269-286.
15. Bolton, H., J. L. Smith, y R. E. Wildung. 1990. Nitrogen mineralization potentials of shrub-steppe soils with different disturbance histories. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 887-891.
16. Borja, L.G. 1962. Algunas observaciones sobre la ecología de cinco especies importantes en las zonas áridas de Chihuahua y zonas adyacentes. Tesis de ingeniería agrónoma especialista en bosques.
17. Brinker, F., 1993. *Larrea tridentata* (D.C) (Chaparral or creosote bush). British Journal of Phytoterapy. Vol. 3 10-30.
18. Brinker, F., 1993. *Larrea tridentata* (DC) Coville (chaparral or creosote bush). British Journal of Phytotherapy 3, 10–31.
19. Campos, L. y Palacios, J. 1976. J. Polym. Sci. Polym. Chem. 16, 1561. 61.
20. Cárdenas, V.R.H. 1974. Estudio del poder germinativo de *Atriplex canescens* y selección de progenies. Tesis M.C. Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro", Saltillo, Coah. México.
21. Carrillo, E.E., Parra, M. A., y Ramírez, F. 2011. Producción y Valor Nutritivo De Forraje De *Atriplex* en un suelo salino. Biotecnia / Vol. XIII (2) pp. 29-34.
22. Cervantes, R. M. C. 2005. Plantas De Importancia Económica En Zonas Áridas Y Semiáridas De México. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina. Universidade de São Paulo.

23. Challenger, A. y Soberón J. 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México. pp. 87-108.
24. CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada). 1979. Aprovechamiento de los Recursos Vegetales de las Zonas Áridas. Autores: Belmares H., Barrera A., Hernández F., Castillo J.E., González V., Jiménez L.L., Motomochi A.B. Interciencia.
25. CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada). 2002. Anuario. Centros Públicos de Investigación CONACYT.
26. Clor, M.A., Al-Charachafchi, F.M.R., Mahmood, N. 1989. Seed dormancy and germination inhibition of *Atriplex canescens*. J Agric Water Resources Res Plant Prod Vol. 8. 55-64.
27. Cody, M. L. 1989. Growth-forms diversity and community structure in deserts plants. Journal of Arid Environments 17: 199-209.
28. CONABIO (Comisión Nacional para la Biodiversidad), Biodiversidad Mexicana <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/ecosismex.html>. Consultado 25 de Septiembre de 2014.
29. CONABIO (Comisión Nacional para la Biodiversidad). Disponible en www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/.../70-zygop2m.pdf Consultado el 16 de julio del 2015a.
30. CONABIO (Comisión Nacional para la Biodiversidad). Especies para la reforestación. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/8-aster2m.pdf Consultado el 12 de Marzo 2015b.
31. CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), CONAZA (Comisión Nacional de las Zonas Áridas) y Consejo Internacional Sobre Jojoba. 1976. Memoria de la Segunda conferencia internacional sobre la jojoba y su aprovechamiento.- Ensenada, Baja California.
32. CONACYT-CIQA-CONAZA, 1978. Guayule, reencuentro en el Desierto, la. ed. México.
33. CONAZA (Comisión Nacional de las Zonas Áridas). 1994. Mezquite (*Prosopis* spp.). Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Conaza, Instituto Nacional de Ecología, México. pp. 30.

34. Dissanayake P, George D. L, Gupta M. L. 2010. Effect of light, gibberellic acid and abscisic acid on germination of guayule (*Parthenium argentatum* Gray) seed. *Ind. Crops Prod.* 32:111-117.
35. Dissanayake, P., George, D.L., Gupta, M.L., 2008. Direct seeding as an alternative to transplanting for guayule in southeast Queensland. *Industrial Crops and Products* 27, 393–399.
36. Drew, M. C. y Saker, L. R. 1978. Nutrient Supply and the Growth of the Seminal Root System in Barley III Compensatory increase in growth of lateral root, and in rates of phosphate uptake, in response to a localized supply of phosphate. *J. Exp. Bot.* 29 (2): 435-451.
37. Espinoza, G.A., Fuentes, E.R. y Molina, J.D. 1988. La erosión: fenómenos naturales y acción del hombre. En *Ecología del Paisaje en Chile Central* (eds Fuentes, E.R. y Prenafeta, S.). Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. pp. 53-64.
38. Ewing, S. A., R. J. Southard, J. L. Macalady, A. S. Hartshorn, y M.J. Johnson. 2007. Soil microbial fingerprints, carbon, and nitrogen in a Mojave Desert creosote-bush ecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 469-475.
39. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) Aprovechamiento de costilla de vaca (*Atriplex canescens*) para forraje en zonas áridas Disponible en <http://teca.fao.org/es/read/4331#sthash.6QayFizG.dpuf> Consultado el 12 de Febrero 2015.
40. Flores, T. J. A., 2013. Interacciones planta-planta y su importancia en la dinámica DE reemplazo en la asociación *Larrea tridentata-Opuntia leptocaulis* en el desierto Chihuahuense. Tesis que para obtener el grado de Doctor en ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. p. 122.
41. Floriano, S. E. 2007. Caracterización del estrés oxidativo y efectos del ácido nordihidroguayarático en un modelo de ratas expuestas a ozono. Tesis para obtener el Grado de Doctor en Investigación en Medicina. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. p.98.

42. Friedman, J., Orshan, G. 1975. The distribution, emergence and survival of seedlings of *Artemisia herba-alba* Asso in the Negev desert of Israel in relation to distance from the adult plant. *J. Ecol.* 63:627-32.
43. Galván, J.V., González D. C. A., y González F. R. 2014. Efecto de los extractos acuosos de hojas de plantas de gobernadora (*Larrea tridentata*), hojaseñ (*Flourensia cernua*) y encino (*Quercus pungensis*) sobre el crecimiento micelial *in vitro* de hongos fitopatógenos. *Acta Universitaria*, 24(5), 13-19.
44. García M.E. y McKell, C.M. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen ecology of a desert-wash plant community. *Ecology* Vol. 51. pp. 81-88.
45. García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. *Inst. Geografía-Univ. Nal. Auton. México.* (5ª ed.) Serie libros nº 6.
46. García, E. y Flores, F. J. 1996. Aprovechamiento de Plantas Silvestres de Zonas Áridas de México Desierto y Pastizal. *Revista de Geografía Agrícola.* pp. 22-23.
47. González, P.A. y Sosa, C.M. 2003. Análisis de la vegetación del área de protección de flora y fauna Cañon de Santa Elena (Desierto Chihuahuense, México) utilizando Modelos Digitales de Elevación. *Ecosistemas*, XII.
48. Goodall, D.W. 1982. Chenopod shrubland communities: a global perspective. *International Journal of Ecology and Environmental Science.* Vol 9. pp. 85–99.
49. Goodin, J. R. y Mckel, C.M. 1970. *Atriplex* spp. As a potential forage crop in marginal agricultural areas. *Proc. XI Intern. Grassland Congress.*
50. Gottlieb, O. R. 1990. Phytochemicals: differentiation and function. *Phytochemistry* 29:1715-1724.
51. Granados, S. D., G. F. López, J. L. Gama. 1998. Adaptaciones Y Estrategias De Las Plantas De Zonas Áridas. *Revista Chapingo Serie. Ciencias Forestales y del Ambiente* 4(1):169-178.
52. Granados, S. D., Sánchez, G. A. 2003. Clasificación fisonómica de la vegetación de la Sierra de Catorce San Luis Potosí a lo largo de un gradiente altitudinal. *Terra* 21: 321-332.

53. Granados, S. D., Sánchez, G. A., Granados, V. R. L. y Borja de la Rosa, A. 2011. Ecología De La Vegetación Del Desierto Chihuahuense. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo México. vol. XVII, pp.111-130.
54. Granados, S.D, Hernández, G.M.A y López, R.G.F. 2012. Botánica económica del desierto.
55. Granados, S.D. y López, R.F.G. 2001. Ecología y Recursos Bióticos del Desierto Chihuahuense. Inédito. UACH. Chapingo, México.
56. Gregg, E.C, Tipton, J.L. y H.T. 1980. Huang (eds.), Proc. 3rd. Int. Guayule Conf., Pasadena, California, U.S.A. 27 April-1 May. Guayule Rubber Soc., Publ. Univ. California, Pasadena.
57. Groves, C. R. y Anderson, J.E. 1981. Allelopathic effects of *Artemisia tridentata* leaves on germination and growth of two grass species. American Midlan Naturalist. 106: 73-79.
58. Gutiérrez, J.R. y Squeo, F.A. 2004. Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. Ecosistemas Vol.13 (1). pp. 36-45.
59. Hall, H.M. y Clements, F.E. 1923. The phylogenetic method of taxonomy the north American species of *Artemisi*, *Chrysothamnus*, and *Atriplex*. Publ. Carnegie Inst. Of whashington No. 326.
60. Hammond, B.L., Polhamus, L.G., 1965. Research in Guayule (*Parthenium argentatum*): 1942–1959. USDA Tech Bull. 1327. USDA, Washington, DC, pp. 157.
61. Havstad, K. M., Huenneke L. F. y Schlesinger W.H. 2006. Structure and Function of Chihuahuan desert Ecosystem. The Jornada Basin Long-Term Ecological Research Site. Oxford University Press. Inc. p. 463.
62. Henrickson, J., y Johnston. M. 2004. A flora of the Chihuahuan Desert region. Edición 1.5. sin publicar.
63. Hernández, G. M. A. 1985. Características ecológicas, fisiológicas y forrajeras del género *Atriplex*. Tesis profesional para obtener el título de Ingeniero Agrónomo especialista en zonas áridas. Chapingo, México. p. 210.
64. Hernández, M. H., Gómez, C. y Goettsch, B. 2004. Checklist of Chihuahuan Desert Cactaceae. Harvard Papers in Botany 9 Vol. 1. pp. 51-68.

65. Hernández, M.H. 2006. La vida en los desiertos mexicanos. SEP-FCE-CONACYT-Convenio Andrés Bello Colección La ciencia para todos México, D.F.189.
66. Herrera, Y. y J. Rzedowski. 1990. Gramineae. In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán. Vol. III. pp. 34-173.
67. Holdridge, L. R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.
68. Hunziker, J.H., Palacios, R.A., Poggio, L., Naranjo, C.A. y Yang, T.W. 1977. Geographic distribution, morphology, hybridization cytogenetics and evolution. In: Mabry, T.J., Hunziker, J. & DiFeo, D.R. Jr. (Eds), Creosotebush: Biology and Chemistry of *Larrea* in New World Deserts, pp. 48–91. Stroudsburg, PA: Dowden, Hutchinson and Ross. p. 284.
69. Hunziker, J.H., Palacios, R.A., Valesi, A.G. y Poggio, L. 1972. Species disjunction in *Larrea*: evidence from morphology, cytogenetics, phenolic compounds, and seed albumins. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 59: 224–233.
70. Hyder, P., Fredrickson, L., Estell, E., Tellez M. y Gibbens P. (2002). Distribution and concentration of total phenolics, condensed tannins and nordihydroguaiaretic acid in creosotebush (*Larrea tridentata*). *Biochemical Systematics and Ecology*, Vol. 30(10). 905-912.
71. INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2015. Consultado el 5 de octubre de 2015. Disponible en www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/668/topografia.pdf
72. INECOL (Instituto de Ecología). 2015. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/73/introd.html#top>
73. INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Municipio de Catorce, San Luis Potosí. Clave geoestadística 24006. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/24/24006.pdf>
74. INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Municipio de Mazapil, San Luis Potosí. Clave geoestadística 32026. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/32/32026.pdf>

75. INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Municipio de Vanegas, San Luis Potosí Clave geoestadística 24044. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/24/24044.pdf>
76. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). Aprovechamiento Sustentable de Recursos Forestales no Maderables de Clima Árido y Semiárido. http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/publicaciones/Publicaciones/Manual_Clima%20%C3%81rido.pdf Consultado 17 de Mayo de 2011.
77. Köeppen, W. 1948. Climatología. Fondo de Cultura Económica. México.
78. Krieg, D. R., Godin J.R., y R.G. Stevens. 1977. Rept. To USDI, Off. Water Research and Tech. (Washington, D.C.).
79. Lamanna, P. y Misiak, N. 2005. Las fuentes de información especializada. <http://pamelapgl.googlepages.com/Lasfuentesdeinformacionespecializada.doc>
80. Lira, S. R. H. 2003. Estado Actual del Conocimiento sobre las Propiedades Biocidas de la Gobernadora [*Larrea tridentata* (D.C.) Coville]. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Texcoco, México. Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 21, núm. 2, pp. 214-222.
81. Lloyd, F.E. 1911. Guayule (*Parthenium argentatum* Gray), a rubber plant of the Chihuahuan Desert. Publication 139, Carnegie Institute, Washington DC. pp. 213.
82. López, R. P. y Ortuño, T. 2008. La influencia de los arbustos sobre la diversidad y abundancia de plantas herbáceas de la Prepuna a diferentes escalas espaciales. Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral Vol.18. pp.119-131.
83. Loredó OC. 1996. Evaluación de técnicas culturales en *Atriplex canescens*. XII Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. Zacatecas, Zac. Méx. p. 53.
84. Loredó, O.C., Beltrán, L.S., Villanueva, D.J. 1993. *Atriplex canescens*: una alternativa para tierras marginales en la zona semiárida de San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 6. Campo Experimental Palma de la Cruz (San Luis), CIRNE, INIFAP. p. 17.
85. Mabry, T.J., Hunkiker, J.H., DiFeo, D.R. 1977. Creosote Bush: Biology and Chemistry of *Larrea* in New World Deserts. Stroudsburg, PA: Dowden, Hutchinson & Ross.

86. Maestre, F. 2015. Ecología: Los arbustos en zonas áridas generan ecosistemas más diversos. Disponible en <http://noticiasdelaciencia.com/not/13635/los-arbustos-en-zonas-aridas-generan-ecosistemas-mas-diversos/>
87. Mahall, B. E. y Callaway, R. M. 1991. Root Communication Mechanisms And Intracommunity Distributions Of 2 Mojave Desert Shrubs Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88 , 874-876.
88. Mares, M.A. 1975. South American mammal zoogeography: evidence for convergent evolution in desert rodents. Proc. Natl. Acad. Sci. 72: 1702-1706.
89. Mares, M.A. 1977. The comparative water relations and habitat requirements of three South American phyllotine rodents. J. Mammal 58: 514-520.
90. Marroquín, S. J., Borja L. G., Velázquez C. R. y De La Cruz C. J. A. 1981. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México, D. F. Publicación especial (2).
91. McAuliffe J.R. 1984. Sahuaro-nurse tree associations in the Sonoran Desert: competitive effects of sahuaros. Oecologia 64: 319-321.
92. McAuliffe J.R. 1991. Demographic shifts and plant succession along a late Holocene soil chronosequence in the Sonoran Desert of Baja California. J Arid Environ 20:165-178.
93. McAuliffe J.R. 1994. Landscape evolution, soil formation, and ecological patterns and processes in Sonoran Desert bajadas. Ecol Monogr. 64: 111-148.
94. McAuliffe, J. R. 1988. Markovian Dynamics of Simple and Complex Desert Plant Communities The American Naturalist, Vol. 131, No. 4. pp. 459-490.
95. Meyer, S.E. *Atriplex* L. saltbush. Disponible en http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/wo_AgricHandbook727/wo_AgricHandbook727_283_290.pdf Consultado el 13 de Mayo 2015.
96. Mittermeier, R.A. y Goettsch, M.C. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. Una compilación de Sarukan, J. y Dirzo, R. Reimpreso del libro México ante los retos de la biodiversidad.

97. Moreno, L.S., González, S. L.N., Salcedo, M.S.M., Cárdenas, A. M.L. y Perales, R.A. 2011 Efecto Antifúngico De Extractos De Gobernadora (*Larrea tridentata* L.) Sobre La Inhibición In Vitro De *Aspergillus flavus* y *Penicillium* sp. Polibotanica. México, (32). 193-205.
98. Muller, C.H. 1953. The association of desert annuals with shrubs. American. Journal of Botany. Vol. 40. pp. 53-60.
99. Nakayama, F.S., 2005. Guayule future development. Ind. Crops Prod. 22, 3–13.
100. NAS, 1977. Guayule: an alternative source of natural rubber. National Academy of Science, Washington, DC. Natural Rubber News. pp.80.
101. Nord, E.C., y Whitacre, J. 1957. Germination of fourwing saltbush seed improved by scarification and grading. USDA Forest Service, Californian Forest and Range Experimental Station Research. Note Vol.125. p. 5.
102. Ogle, D.G., St. John, L., y Tilley, D. 2012. Plant Guide for fourwing saltbush (*Atriplex canescens*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Aberdeen, ID Plant Materials Center. 83210-0296.
103. Osmond, B. 1963. Oxalates and Ionic Equilibria in Australian Saltbushes (*Atriplex*). Nature Volume 198 (4879), 503-504.
104. Osmond, C.B., Björkman, D.J., Anderson. 1980. Physiological processes in plant ecology. Toward a synthesis with *Atriplex*. Spring-Verlag Berlin Heidelberg. New York.
105. Parrish, J. A. D., y Bazzaz, F. A. 1976. Niche separation in roots of successional plants. Ecology 57:1281–1288.
106. Peña, G. O. 1984. Taxonomía, ecología y manejo de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Folleto de divulgación. p. 34.
107. Pérez, P. P. 2003. Proyecto De Investigación: Actividad Antioxidante De Extractos, Fracciones, y Compuestos Aislados De La Planta *Larrea Tridentata*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. p. 43.

108. Perroni, Y. V. 2007. Islas De Fertilidad En Un Ecosistema Semiárido: Nutrimientos En El Suelo Y Su Relación Con La Diversidad Vegetal. Tesis para obtener el Grado De Doctor en Ciencias en Ecología Y Manejo De Recursos Naturales. Xalapa, Veracruz, México. p. 100.
109. Petersen, J.L, Ueckert, D.N. y Potter, R.L. 1986. Cultural practices for establishing four wing saltbush within perennial grass stands. *Journal of Range Management*. 39:460-463.
110. Pugnaire, F.I., Haase, P., Puidefábregas, J., Cueto, M., Clark, S.C. y Incoll, L.D. 1996. Facilitation and succession under the canopy of a leguminous shrub, *Retama sphaerocarpa*, in a semi-arid environment in south-east Spain. *Oikos*. 76: 455-464.
111. Quiñones, V.J.J. 1987. Evaluación indirecta de la biomasa de *Atriplex canescens* en el noreste del estado de Durango. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia. Chihuahua, Chih.
112. Rollins, R8. C. 1950. The Guayule Rubber Plant and its relatives. The Gray herbarium of Itarduar, University. Cambridge, Mass. U.S.A.
113. Romero, J. I., Roque P.R., y Ramírez L. G. 2003. *Artiplex Canescens* (Purch, Nutt), Como Fuente De Alimento Para Las Zonas Áridas. Ciencia UANL, Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey, México Vol. VI (001) 85-92.
114. Romney, F.M., Wallace, A. y Hunter, R.B. 1978. Plant response to nitrogen fertilization in the northern Mojave Desert and its relationship to water manipulation. En *Nitrogen in Desert Ecosystems* (eds. West, N.E. y Skujins, J.J.), Dowden Hutchinson & Ross, Stroudburg, Pennsylvania, USA. pp. 232-243.
115. Rundel, P.W., Sharifi, M.R., y González C. A. 1994. Resource availability and herbivory in *Larrea tridentata*. In: M. Arianoustsou and R.H. Groves (eds.). *Plant-Animal Interactions in Mediterranean-Type Ecosystems*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp. 105-114.
116. Rzedowski, G. C. de, Rzedowski, J. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), p. 1406.
117. Rzedowski, J. 1962. Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México. I. Algunas consideraciones acerca del elemento endémico en la flora mexicana. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 27: 52-56.

118. Rzedowski, J. 1965. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Act. Cient. Pot. 1,2: 5-291.
119. Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Edit. Limusa, México. 504.
120. Rzedowski, J. 1991. Diversidad y Orígenes de la flora Fanerogámica de México. Act. Bót. Mex. Vol. 14. 3-21.
121. Rzedowski, J. y Herrera, Y. 1990. Gramineae. In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. III. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 34-173.
122. Rzedowski, J. Y Calderón, De R.G. 1994. Zygophyllaceae. Flora Del Bajío Y De Regiones Adyacentes. Fascículo. 30 Octubre De 1994. CONACYT-CONABIO. Del Estado De Querétaro. Por Instituto De Ecología, A.C. Centro Regional Del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán.
123. Shachak, M., Sachs, M. y Moshe, I. 1998. Ecosystem management of desertified shrublands in Israel. Ecosystems Vol. 1. pp. 475-483.
124. Sociedad Mexicana De Fítogenética. 1978. Análisis de los recursos genéticos disponibles a México. Chapingo México.
125. Soltero, G.S. 1982. Importancia del chamizo (*Atriplex canescens*) en los matorrales desérticos. Boletín ganadero No. 13. INIP - SARH. Chihuahua, México p. 14.
126. Soltero, S. y Fierro, L. 1984. Contenido y fluctuación de nutrientes de chamizo (*Atriplex canescens*) durante el período de sequía en un matorral micrófilo de *Atriplex-Prosopis*. Boletín Pastizales Vol. 15 No. 1. Rancho Experimental La Campana, INIP-SARH.
127. Specht, R. L. 1981. Responses to fires in heathlands and related shrublands. In 'Fire and the Australian biota. (Eds A. M. Gill, R. H. Groves and I. R. Noble) (Australian Academy of Science: Canberra) pp. 395-415.
128. Squella, F. N. y Meneses, R. Forrajeras Arbustivas en las Regiones Áridas y semiáridas Disponible en <http://Www2.Inia.Ci/Medios/Biblioteca/lpa/Nr10625.Pdf> Consultado el 17 de Marzo 2015.

129. Stanley D. S., Russell, M. K., Jay E. A. 1997. Physiological Ecology of North American Desert Plants. pp. 287.
130. Stebbins, G. L. y Kodani, M. 1944. Chromosomal variation in guayule and mariola. Jour. Hered. Vol. 35. 162-172.
131. Stebbins, G.L. 1950. Variation and evolution in higher plants. London, UK: Addison-Wesley.
132. Stutz, H. C., J.M. Melbv, C.K. Livingston. 1975. Evolutionary studies of *Atriplex*: A relic gigas diploid population of *Atriplex canescens* Amer. J. Bot. 62(3): 236-245.
133. Thornthwaite, C.W. 1931. The climates of North América according to a new classification.
134. Tiedemann, A.R. y Klemmedson, J.O. 1973. Nutrient availability in desert grassland soil under mesquite (*Prosopis juliflora*) trees and adjacent open areas. Soil Sci Soc Am Proc 37: 107-111.
135. Timmermann, B.N. 1979. *Larrea*: Potential uses. En: Campos, L.E, Mabry TJ, Tavizon SF. *Larrea*. CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología): México: 237-245.
136. Turner, S., Davicino, R., Alonso, R., Ferraro, G., Filip, R. y Anesini, C. 2011. Potential use of low-NDGA *Larrea divaricata* extracts as antioxidant in foods. Rev. peru. biol. 18(2): 159 – 164.
137. Twitshell, L.T. 1955. Germination of fourwing saltbush as affected by soaking and chloride removal. Journal of Range Management. Vol. 2 (5). 120-121.
138. Tysdal, H. M. 1950. Apomictic Interspecific Hybrids Are Promising For Rubber Production From Guayule. Agron. Jour. 42: 351-355.
139. Urrutia, J., Morales, S., Beltrán, L., Loredó, O.C., Díaz, G.M.O. y Gámez, V.H.G. 2007. Chamizo: forraje de calidad en zonas semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto Técnico No. 30. San Luis Potosí, S.L.P. México. p. 40.
140. Valencia, C.M. 1991. Utilización de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. En: Memoria del taller sobre captación y aprovechamiento del agua con fines agropecuarios en zonas de escasa precipitación. Eds. H. Salinas, S. Flores, M. Martí- nez. INIFAP. SARH. 255-270.

141. Valencia, C.M. 1991. Utilización de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. En: Memoria del taller sobre captación y aprovechamiento del agua con fines agropecuarios en zonas de escasa precipitación. Eds. H. Salinas, S. Flores, M. Martínez. INIFAP. SARH. 255-270.
142. Valesi, A.G., Rodríguez, E., Vander V., G., y Mabry, T.J. 1972. Methylated flavonols in *Larrea cuneifolia*. *Phytochemistry* 11:2821-2826.
143. Vega, F. L. N. 2012. Botánica económica de *Agave lechuguilla* Torr., *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. y *Dasyllirion cedrosanum* Zucc. En el desierto Chihuahuense. Tesis para obtener el título de: Biólogo. FES- Iztacala. UNAM. Los Reyes Iztacala, Edo. De México.
144. Velázquez, M.A., O. Martínez y Aguirre J. 1981. Revisión histórica de la producción de hule de guayule en México de 1903 a 1951, en Campos, E., y W.G. McGinnies (coords.), Guayule: Reencuentro con el desierto, CONACYT/CIQA/CONAZA, México, pp. 27-70.
145. Vibrans, H. 2009. Malezas de México. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/digitaria-velutina/fichas/ficha.htm> Consultado el 13 de Mayo 2015.
146. Vilela, A. E., Paleo L. G. y Ravetta D. A. 2011. Metabolismo secundario de plantas leñosas de zonas áridas: mecanismos de producción, funciones y posibilidades de aprovechamiento. *Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral* 21:317-327.
147. Villaseñor J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, núm. 75, pp. 105-135.
148. Watson, C. 1993. Establecimiento de especies arbustivas del género *Atriplex*. En IX Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales A.C. Hermosillo, Sonora. pp. 126-132.
149. Webb, R. H., Steiger, J. W., Turner, R. M. 1987. Dynamics of Mojave Desert shrub assemblages in the Panamint Mountains, California. *Ecology* 68: 478-490.
150. West, N.E. y Skujins, J.J. 1978. Nitrogen in Desert Ecosystems. Dowden Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania, USA.

151. Whitford, W. G. 2002. Ecology of desert systems. Academic Press. Jamestown Road, London, UK.
152. Wisdom, C.S., González, C. A., y Rundel, P.W. 1987. Ecological tannin assays: evaluation of proanthocyanidins, protein binding assays and protein precipitating potential. *Oecologia* 72:395-401.
153. Wood, M. 2002. Desert shrub may help preserve Wood. *Agricultural Research Magazine*. Vol.50 (4) 10-11.
154. Woodell, S. R. J., Mooney H.A. y J. A. Hill. 1969. The behavior of *Larrea divaricata* (Creosote bush) in response to rainfall in California. *Jour. Ecol.* 57(1), 37-44.
155. Yaeton, R. I. 1978. A cyclical relationship between *Larrea tridentata* and *Opuntia leptocaulis* in the northern Chihuahua desert. *J. Ecol.* 66: 651-656.
156. Yang, T. W. 1968. Major Chromosome Races of *Larrea divaricata* in North America. *Journal of the Arizona Academy of Science*. Vol. 6 (1) pp. 41-45.
157. You Hao, G., Lucero M. E., Stewart C. S., Zacharias E. H. y Holbrook N. M. 2013. Polyploidy enhances the occupation of heterogeneous environments through hydraulic related trade-offs in *Atriplex canescens* (Chenopodiaceae). *New Phytologist* . 197: pp. 970–978.