

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Larrea tridentata (Sessé & Mo. ex DC.) Coville

Por:

BERNARDO GARCIA CASTILLO

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL
Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Larrea tridentata (Sessé & Mo. ex DC.) Coville

Por:

BERNARDO GARCIA CASTILLO

MONOGRAFÍA

Como requisito parcial para obtener el título de:

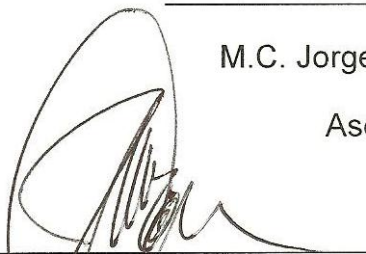
Ingeniero Forestal

Aprobada:



M.C. Jorge David Flores Flores

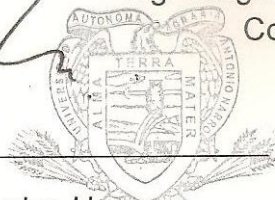
Asesor Principal



M.C. José Armando Nájera Castro
Coasesor



Ing. Sergio Braham Sabag
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2012

DEDICATORIA

A mis padres

Bernardino García Carrillo y Ma. Del Carmen Castillo Saldaña por haberme dado la vida y quienes me dieron fuerza e inspiración para superarme, pero sobre todo por recibir apoyo por parte de ellos durante la formación de mi carrera.

A mis hermanos

Gerardo García castillo

Luisa García castillo

José Guadalupe García castillo

Severiano García castillo

Matilde García castillo

Por ese cariño y apoyo que me han brindado, por esos momentos que hemos compartido juntos.

A todos mis familiares

Mis abuelitos, mis primas y primos; tíos y todas aquellas personas que vieron en mí una persona capaz de superar cualquier reto y alentarme con sus buenos consejos en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A dios nuestro señor:

Que me dio la vida, salud, capacidad, entusiasmo para concluir satisfactoriamente una carrera profesional. Gracias

A mi *Alma Terra Mater*, por la oportunidad de terminar mis estudios profesionales.

Al M.C. Jorge David Flores Flores por permitirme la participación en este trabajo de investigación, por su apoyo y valioso tiempo empleado en este trabajo.

Al M.C. José Armando Nájera Castro por su disponibilidad en la revisión y asesoría en este trabajo de investigación.

Al Ing. Sergio Braham Sabag por su disponibilidad en la revisión y asesoría en este trabajo de investigación.

A los maestros que colaboraron en mi formación profesional durante la estancia en esta universidad.

A mis queridos amigos

Horacio García, Rigoberto Ortiz, José Antonio Alfaro, Marco Antonio Morales, Josué Agustín López, Zilmar Adrián Zamora, Verónica García, Rodolfo de los Santos, Saúl Mejías, Alfredo, Diego Adrián Estrada, Gregorio Adán Estrada. Por los cuales con estos compañeros compartimos buenos momentos y por haberme brindado su amistad durante el transcurso de mí carrera.

ÍNDICE GENERAL

	Pág
DEDICATORIAS.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INDICE GENERAL.....	V
INDICE DE CUADROS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivos generales.....	3
1.1. 2 Objetivos específico.....	3
II. ANTECEDENTES.....	4
2.1 Descripción general de <i>Larrea tridentata</i>	5
2.1.1 Taxonómica.....	5
2.1.2 Morfológica.....	6
2.2. Distribución de <i>Larrea tridentata</i>	12
2.3 Aspectos ecológicos.....	15
2.3.2 Clima.....	18
2.3.3 Edafología.....	18
2.3.4 Factores biológicos.....	19
2.3.5 Principales asociaciones.....	21
3. Aspectos fisiológicos.....	22
3.1 Adaptaciones con relación al agua.....	22
3.2 Adaptaciones con relación al suelo.....	26
3.3 Competencia.....	27
3.4 Producción.....	28
4. Componentes químicos.....	28
4.1 Propiedadesfungicidas.....	37
4.2 Efecto bactericida, nematocida y antiviral.....	44

4.3 Propiedades proteicas para forraje.....	46
5. Genética.....	49
6. Utilización de <i>Larrea tridentata</i>	52
6.1 Industrial.....	52
6.2 Medicinal.....	52
6.3 Forraje.....	54
7. Manejo de <i>Larrea tridentata</i>	55
8. Métodos de control para <i>Larrea tridentata</i>	62
9.1 Control biológico.....	63
9.2 Control químico.....	64
9.3 Control mecánico.....	64
9.4 Control físico.....	65
III. CONCLUSIONES.....	66
IV. LITERATURA CITADA.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Principales constituyentes fotoquímicos de <i>Larrea tridentata</i>	31
2	Principales componentes químicos de la gobernadora.....	32
3	Contenido de NDGA, en varias partes de la gobernadora.....	32
4	Composición botánica de la gobernadora en base seca.....	33
5	Contenido porcentual de algunos nutrimentos en hojas de la gobernadora sin tratar y tratada con alcohol etílico en comparación con heno de alfalfa.....	33
6	contenido de minerales aminoácidos de gobernadora tratada con alcohol comparado con heno de alfalfa.....	34
7	Comparación de la gobernadora y alfalfa.....	35
8	Hongos fitopatógenos susceptibles a <i>L. tridentata</i> o sus constituyentes.....	43
9	Producción de materia seca en 5 años con un promedio anual de 2,930 kg/ha referido a materia seca al año, con una altura promedio de 85.8 cm.....	58
10	Producción de materia seca en 5 años con un promedio anual de 2,275 kg/parcela referido a materia seca por año con una altura promedio de 97.1 cm.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	arbusto de <i>Larrea tridentata</i>	7
2	Ramillas y tallos <i>Larrea tridentata</i>	8
3	Flores de <i>Larrea tridentata</i>	9
4	Fruto de <i>Larrea tridentata</i>	10
5	Partes de <i>Larrea tridentata</i>	11
6	Distribución geográfica de <i>Larrea tridentata</i> en México.....	13
7	Distribución geográfica conocida de <i>Larrea tridentata</i> (Norteamérica) y de <i>L. divaricata</i> (Sudamérica).....	14
8	Diagrama del flujo del proceso de extracción de resina de <i>Larrea</i>	48
9	Distribución geográfica de diploide, tetraploide, hexaploide y <i>L.</i> <i>tridentata</i>	51
10	Corte del 50% 2,930 kg de materia seca periodo inicial de 5 años.....	58
11	Tratamiento corte del 25%, 2,275 kg de materia seca inicial para un periodo de 5 años.....	61

RESUMEN

El principal objetivo de esta monografía fue recopilar toda la información disponible referente a la especie *Larrea tridentata*, la que permitió conocer los temas que se han publicado con el propósito de hacer más accesible el conocimiento que se tiene hasta el momento de esta especie. En el trabajo monográfico se presenta información tal como la descripción taxonómica, descripción morfológica, aspectos ecológicos, distribución del género *Larrea* en México y otros países, el clima, edafología, factores biológicos, flora asociada, fauna asociada, aspectos fisiológicos, adaptaciones con relación al agua, Adaptaciones con relación al suelo, competencia, producción, componentes químicos, propiedades antifúngicas, efecto bactericida, nematocida y antiviral, propiedades proteicas para forraje, componentes genéticos, Utilización de *Larrea tridentata* como forraje, industrial, medicinal, manejo de *Larrea tridentata*, métodos de control para *Larrea tridentata*.

De acuerdo a esta revisión bibliográfica se concluye que la literatura relacionada a la gobernadora *Larrea tridentata* es escasa y esta se encuentra en forma aislada, por lo que este documento cobra mayor valor para los interesados en este recurso forestal. También se puede concluir que *Larrea tridentata* tiene un uso potencial muy importante en el aspecto medicinal así como en la fabricación de productos de control de plagas y enfermedades agrícolas y también se proyecta como un recurso factible para ser utilizado en plantaciones forestales sobre todo para la recuperación de suelos forestales.

Palabras clave: Monografía, Gobernadora, *Larrea tridentata*, Componentes Químicos, Utilización, Manejo y Métodos de control.

I.INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con mayor diversidad vegetal en el mundo, estimándose que tiene entre 23,000 y 30,000 especies de plantas (Montes-Belmont *et al.*, 2000), muchas de ellas son endémicas de determinados ecosistemas y poseen una gran concentración de fotoquímicos bioactivos que pueden tener propiedades antimicrobiales contra hongos, bacterias e insectos.

Las áreas del Semidesierto representan un gran potencial porque guardan una gran riqueza, su densidad es pequeña, pero rica en su especialización biológica, donde la flora y la fauna son el producto de miles de años de adaptación fisiológica para su sobrevivencia. Un caso típico de estas adaptaciones lo representa *Larrea tridentata*, de familia de la Zygophyllaceae y conocida con el nombre común como gobernadora, Creosote bush, tasajo, jarilla y hediondo o hediondilla por el peculiar olor que tiene, sobre todo después de una lluvia (Brinker, 1993).

Las sinonimias para la especie son: *Covillea tridentata*. (DC.) Vail., *Larrea mexicana*. Moric., *Larrea tridentata*.(DC.) Coville., *Larrea tridentata* .(Sessé & Moc. ex DC.) Coville, 1893 (Conabio, 2012).

Larrea tridentata domina aproximadamente 17.5 millones de hectáreas desde el oeste de Texas hasta el sur de California en los Estados Unidos (Duisberg, 1952). Su rango de distribución va desde la parte sur de California y Nevada a la parte central de Arizona y Nuevo México, limitado por heladas invernales o lluvias excesivas de invierno.

En la República Mexicana, esta especie se encuentra en parte del Desierto Sonorense, incluyendo los estados de Baja California, Baja California Sur y Sonora, y en el Desierto Chihuahuense incluyendo los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí y Durango. Se estima que el 25% (500,000 km²) del territorio nacional está cubierto con este arbusto de las zonas áridas (Belmares *et al.*, 1979).

La importancia de la misma es muy diversa, su principal componente es el ácido norhidroguaiarético (NDGA), se sabe que ha sido propuesta para muchos usos, dentro ellos medicinales, en la industria alimentaria y farmacéutica. También es utilizado para disminuir las incrustaciones salinas en calderas y recipientes, en la preparación de polímeros de tipo fenólico y fungicidas e insecticidas orgánicos para la elaboración de jabones. Muchos de los usos están basados en observaciones empíricas de los habitantes de zonas áridas, quienes han encontrado en su uso "bondades" curativas, productos de la imaginación (Pérez, 2003).

Por dicho motivo y dado a la gran importancia que tiene *L. tridentatase* considera de gran interés y utilidad integrar en el presente estudio gran parte de la información disponible sobre sus principales usos y aplicaciones que se ha encontrado actualmente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Recabar información técnica sobre *Larrea tridentata*.

1.2.2 Objetivos específicos

Dar a conocer algunos de los resultados que se han obtenido en diferentes investigaciones acerca de la utilización de *Larrea tridentata*.

Generar un documento que integre las investigaciones realizadas sobre *Larrea tridentata* que sirva de consulta para estudiantes y maestros de diferentes especialidades y carreras afines.

II. ANTECEDENTES HISTORICOS

Respecto al origen de *Larrea tridentata* se conocen diferentes resultados; Johnston (1940), propuso de acuerdo a su investigación, a Sudamérica como el principal centro de origen; Axelrod (1950) observó la presencia de vestigios de tipos australes de este género en Norte América, lo cual puede ser explicado por una migración transtrópica en la era cenozoica, y finalmente Raven (1963), menciona que puede haber surgido como resultado de la expansión del clima árido en el mundo durante la era terciaria y temprana en la era cuaternaria.

Por otro lado Turner (1972), propone el desarrollo de *L. tridentata* como una población diploide en Norte América desde hace millones de años, por lo cual llega a establecerse en Sudamérica a través de un amplio rango de dispersión. Algunos autores opinan que es originaria de Argentina, y que al paso de miles de años le ha servido para adaptarse y vivir en los desiertos, y que por sus agresivos mecanismos de proliferación y de dominio territorial, ha alcanzado extensas regiones (Tejada, 1893).

Se conocen cinco especies de *Larrea*; especies bifoliadas *Larrea tridentata* (nativa del suroeste de los Estados Unidos y norte de México). *L. divaricata* (nativa del noroeste de Argentina y algunas partes del Perú), y *L. cuneifolia* (nativa de Argentina), más dos especies multifoliadas que crecen a grandes altitudes, *L. nítida* (nativa de ciertos lugares del Sur, sobre todo Argentina), y *L. ameghinoi* (nativa de algunas partes del Sur) (Brinker, 1993-1994).

Muchas veces se ha confundido a *Larrea tridentata* con *Larrea divaricata*, ya que las dos especies son muy similares en apariencia (Brinker, 1993-1994), pero se diferencian en cuanto a su origen. La mayor confusión es el nombre. Incluso en informes publicados de datos clínicos o experimentales (Gisvold, 1947).

2,1.Descripción General de *Larrea tridentata*

2.1.1Descripción taxonómica

El género *Larrea* fue establecido por Canavilles (1800), siendo un homónimo previo de Ortega para una Leguminosae, por esta razón el nombre de *canavilles* no fue considerado valido, y Vail (1885), propuso el nombre de *covillea*. Más tarde, Briquet (1925) menciona que este género podría ser dividido dentro de dos nuevos géneros, *Covillea* y *Vail* para especies bifoliadas; un año más tarde, el mismo Briquet cambió el nombre a *Neoschroetera* y finalmente fue incluida dentro de la lista taxonómica como *Larrea Caville*.

Palacios y Hunziker (1972), establecieron dos secciones dentro del género *Larrea*, donde se encuentra *Larrea nítida* y *L. amehinoi* y la sección bifolium, que incluye las secciones *L. divaricata*, *L. tridentata* y *L. cuneifolia*.

Reino. Plantae

Phylum. Magnoliophyta

Clase. Magnoliopsida

Orden. Sapindales

Familia. Zygophyllaceae

Género. *Larrea*

Epíteto específico. *tridentata*

Nombre Científico. *Larreatridentata* (Sessé & Mo. ex DC.) Coville

Autor del nombre. (Sessé & Mo. ex DC.) Coville

2.1.2 Descripción morfológica

La gobernadora pertenece a la familia Zygophyllaceae la cual se caracteriza por incluir plantas herbáceas, arbustivas o árboles pequeños; hojas por lo general opuestas, casi siempre estipuladas, con frecuencia pinnadas, a veces trifolioladas o bifolioladas, o bien, simples; flores a menudo solitarias, en ocasiones en inflorescencias cimosas o racemosas; flores por lo común hermafroditas y actinomorfas, 4 ó 5(6)-meras; sépalos libres o rara vez unidos en la base, de prefloración imbricada o valvada; pétalos casi siempre libres, de prefloración imbricada, contorta o valvada, a veces ausentes; androceo formado por 1, 2 o 3 verticilos de 4 ó 5(6) estambres, anteras de dehiscencia longitudinal; ovario súpero, con (2)4 ó 5(12) lóculos, placentación axilar, óvulos 1 o más en cada lóculo, estilo y estigma 1; fruto por lo general capsular y con frecuencia separándose en mericarpios, a veces carnoso; semillas con o sin endospermo (Rzedowki *et al.* 1996).

La familia se compone de unos 30 géneros y 250 especies de amplia distribución, pero con franca preferencia hacia las regiones de clima seco. Algunas especies son elementos cuantitativamente muy importantes en los matorrales xerófilos.

Larrea tridentata

Arbusto de tamaño 0.40 a 0.50 m de altura dependiendo de la cantidad de precipitación invernal o verano, la altura promedio de la planta también puede variar de acuerdo a su raza de ploidía (diploide 0.86 m, hexaploide 1.12 m y tetraploide 1.38 m)(Figuras 1 y 5). Se caracteriza por ser un arbusto siempre verde, aromático con olor a creosote (especialmente cuando esta húmedo) (Conabio, 2012).



Figura 1. Arbusto de *Larrea tridentata* (CONABIO 2012)

Las Hojas formadas por 2 folíolos unidos entre sí en la base. Los folíolos oblicuamente ovados alanceolados o falcados, divaricados, de 4 a 15 mm delargo por 3 a 8 mm de ancho, enteros, coriáceos, resinosos, de olor penetrante, de color verde o verde amarillentos(figura 4). La copa tiene un volumen promedio de 0.124 m³ por arbusto (Conabio, 2012).

La gobernadora no posee un tallo principal, pero las ramas gruesas crecen vertical u oblicuamente desde la corona radicular y se hace dicotómica lateralmente (Coyle y Roberts, 1975).Las numerosas ramas abiertas, ascendentes, delgadas, onduladas como en zig-zag, a veces con pubescencia; corteza gris (café-rojiza en las ramas jóvenes); nudos oscuros, evidentes y resinosos, dándole a las ramillas un aspecto articulado.



Figura 2. Ramillas y tallo de *Larrea tridentata*.

La inflorescencia son flores solitarias, flores de alrededor de 2.5 cm de diámetro; sépalos 5, desiguales, de 5 a 8 mm de largo, caedizos; pétalos 5 abovados, cóncavos, fuertemente angostos hacia la base, a veces torcidos, de hasta 1.2 cm de largo y aproximadamente 5mm de ancho; estambres 10, los filamentos alados (Coyle y Roberts, 1975). Lira *et al.*, (2007) la describe con las flores amarillas, usualmente aparecen al final del invierno o a principios de la primavera, pero pueden florecer en cualquier momento después de una lluvia; crecen cerca de las terminaciones de los retoños jóvenes como capullos solitarios con cinco pétalos.

El fruto es una capsula globosa, 5 lobada, de aproximadamente 6 mm de diámetro, cubierta de abundantes pelos largos, blancos o rojizos, (Correll y Johnston, 1970).

Las semillas son de color cafés tornando a negras, curvadas, de 2 a 4 mm de largo. Su contorno es de forma triangular, en forma de “boomerang”. Embrión con los cotiledones paralelos al plano longitudinal (CONABIO, 2012).



Figura 3. Flores de *Larrea tridentata* (CONABIO, 2012)

Las raíces solo cerca de 170 cm hacia abajo, pero se ramifica hasta mas de 4 metros lateralmente (Brinker, 1993). Sistema radical superficial, poco profundo y muy extenso. Llega a ocupar casi el total del espacio que hay entre un arbusto y otro

Nombre comunes

En México este arbusto se le conoce con el sugestivo nombre de gobernadora por su dominancia en las grandes extensiones de las zonas áridas del norte de México. Pero también se le conoce como sonora, tasajo, jarilla y

hediondo o hediondilla por el peculiar olor que tiene, sobre todo después de una lluvia (Brinker, 1993). Otros nombres en lengua Seri se le conoce como háaxat y háajat (Martínez, 1979). Nombres comunes en inglés, Creosotebush, greasewood. Correll y Johnston (1970) mencionan como sinónimos a *Larrea mexicana* Moric. y *L. glutinosa* Engelm.; Shreve y Wiggins (1964) mencionan a *Zygophyllum tridentatum* Sessé & Moc. ex DC.

La fenología que presenta esta plantaperennifolia es que florece durante todo el año pero con mayor frecuencia entre febrero y abril. *Larrea tridentata* es capaz de producir múltiples fases reproductivas durante una misma estación de crecimiento. El periodo de fructificación comprende los meses de marzo y abril (INIFAP,s/f).



Figura 4. Frutode *Larrea tridentata* (CONAMBIO, 2012)

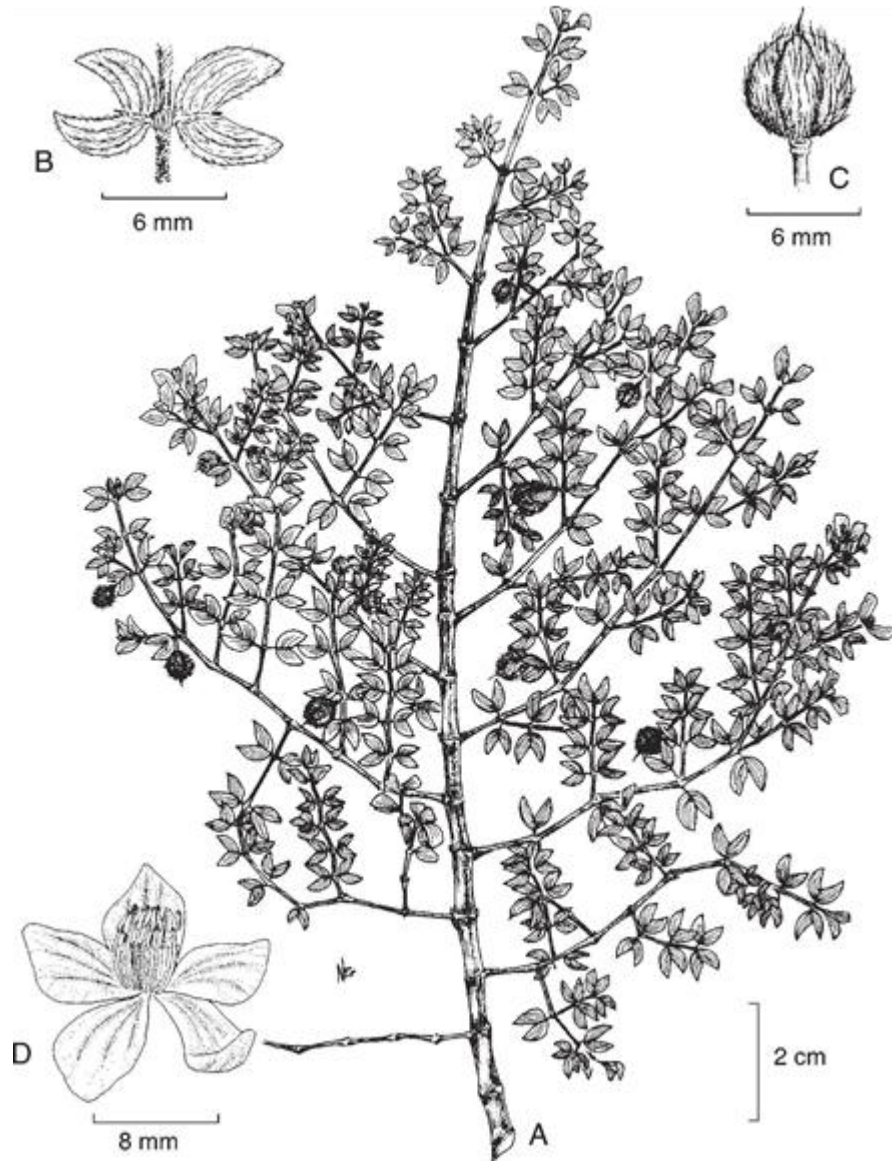


Figura 5. *Larrea tridentata*. A. rama con frutos; B. par de hojas con estípulas; C. fruto; D. flor. (Rzedowki y Calderón, 1988).

2.2 Distribución de *Larrea tridentata*

El Matorral de gobernadora es abundante en las zonas desérticas de San Luis Potosí, Coahuila, Chihuahua, Durango, Sonora, Zacatecas, Baja California Norte y Sur (Rzedowsky y Huerta, 1994). Hasta el extremo septentrional de Guanajuato, mas al sur se ha localizado dos manchones discontinuos; uno en Querétaro y uno en hidalgo (Rzedowki y Calderón, 1988). Se estima que el 25% (500,000 km²) del territorio nacional está cubierto con este arbusto de las zonas áridas (Belmares *et al.*, 1979). Duisberg, (1952),cita que *Larrea* domina aproximadamente 17.5 millones de hectáreas desde el oeste de Texas hasta el sur de California en los Estados Unidos. Similares especies se encuentran en zonas áridas de América del Sur, sobre todo en Argentina y Bolivia (Figura 7). Se ha establecido que la planta es de origen sudamericano, con una distribución discontinua (Lia *et al.*, 2001).

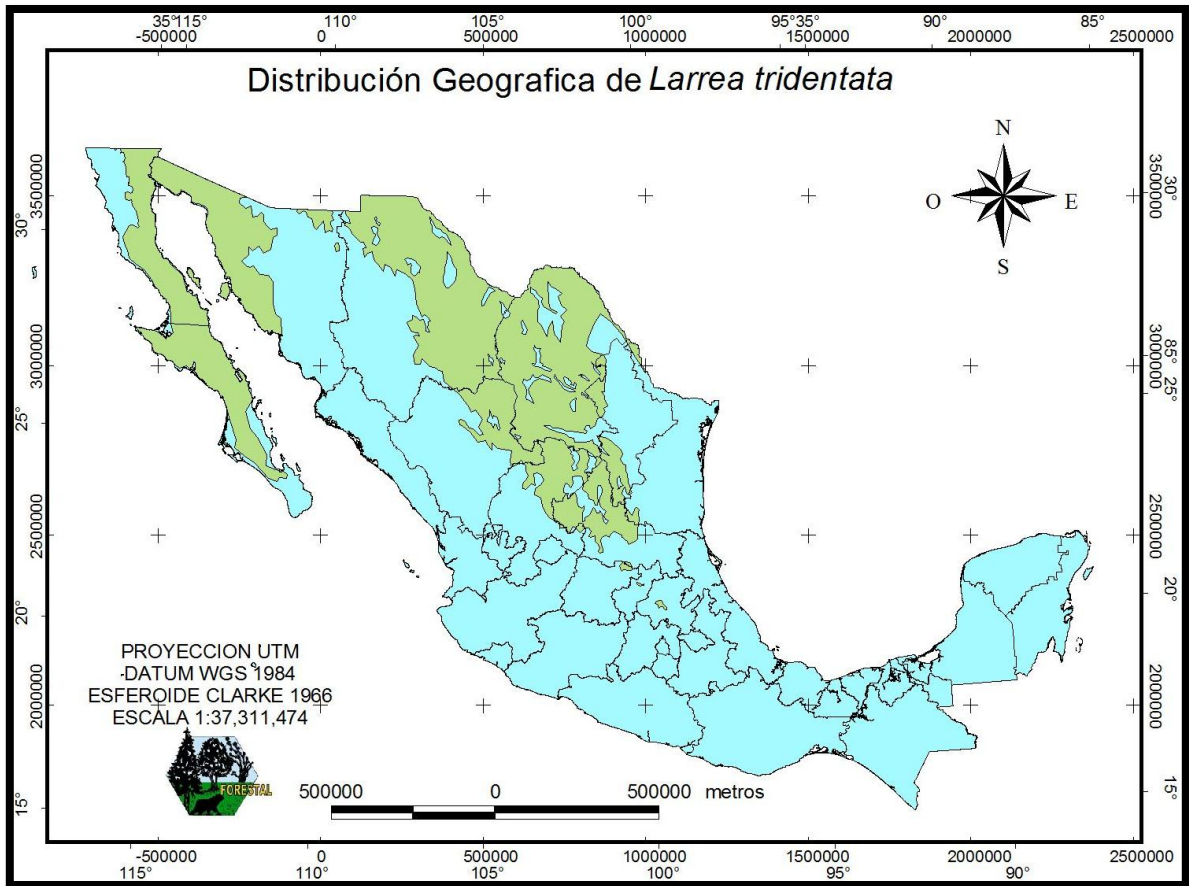


Figura 6. Distribución geográfica de *Larrea tridentata* en México.

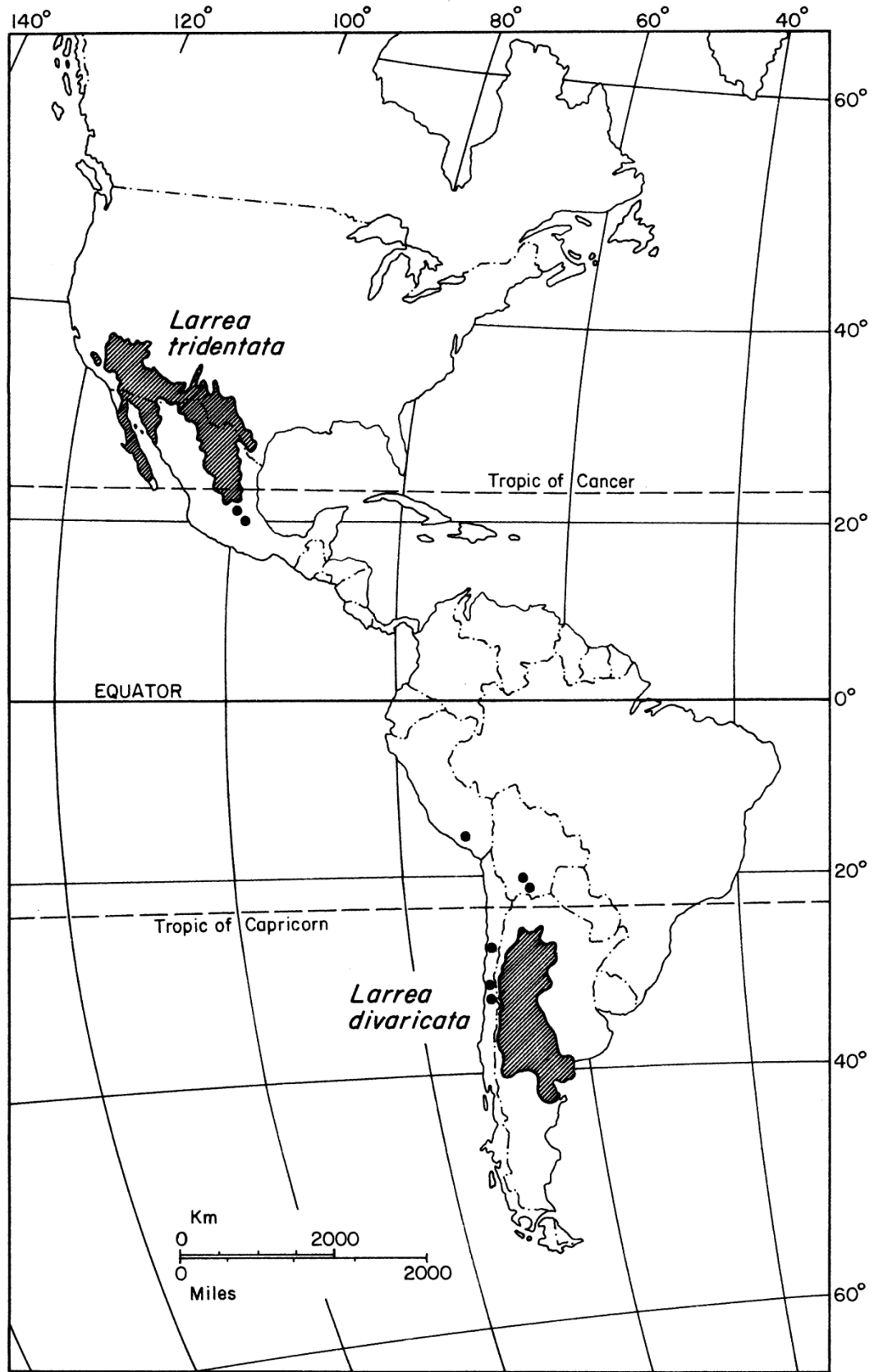


Figura 7. Distribución geográfica conocida de *Larrea tridentata* (Norteamérica) y de *L. divaricata* (Sudamérica).

2.3 Aspectos ecológicos

Esta planta se deseca totalmente, tolerando un marchitamiento bastante intenso. Las hojas pierden su mayor contenido de agua pero permanecen en la planta, con las lluvias vuelven a hidratarse y recobran sus función normal. Su resistencia se debe a la capacidad de los tejidos que permanecen vivos pero latentes aun cuando no se encuentran en un estado de desecación.

Scott (1957), menciona que la gobernadora habita matorrales desérticos o pastizales con arbusto y pastizales con cactus-acacias a una altitud de 1,400-2,000 msnm. De la cerda (1967) reporta que son pocas las especies de *Larrea* a altitudes de 3,000 msnm, pero su abundancia se incrementa entre 700 y 1,200 msnm.

Johnson (1961), concluyó en un estudio de los factores edáficos que afectan la distribución de gobernadora, en sitios de pastizal desértico, que son: a) suelos con alto porcentaje de cal y arcilla favorece el crecimiento de zacates, b) suelos delgados arenosos con baja capacidad de retención de humedad son características primarias de invasión de gobernadora, c) factores que previenen o bajan la invasión de gobernadora en comunidades de zacates son suelos pesados pobremente drenados, competencia con especies mejor adaptadas o bajo valor de PH que previenen la germinación de las semillas.

Las pequeñas hojas del arbusto de creosota tienen un alto cociente de superficie-volumen, optimizando la relación entre los escapes de calor y la conservación del contenido en agua. La pérdida de agua es disminuida más aún por la capa resinosa-cerosa de las hojas. Las plantas pierden algunas hojas en verano, pero si se pierden todas las hojas la planta no se recuperará. La

acumulación de hojas caídas, además de otros detritos recogidos por las ráfagas de viento, crea una comunidad ecológica específica bajo la copa del arbusto de creosota, incluyendo escarabajos, milpiés, ratones de bolsas, y ratas canguro. La creosota arbusto tiene la ruta fotosintética C3, con actividad fotosintética máxima (Pmax) en la primavera y durante temporadas de monzones de verano especialmente cuando antes del amanecer potenciales hídricos son altos (Whitford, 2002)

Pokman y Sperry (2000), mencionan que el recubrimiento resinoso en las hojas ayuda a retardar la pérdida de agua y que durante las sequías extrema jarilla producirá sus hojas mas pequeñas, duras y también arrojará muchos de sus hojas más viejas. Rápidamente se produce nuevo brote crecimiento después de las lluvias de verano sustanciales. También mencionan que la gobernadora tiene alta eficiencia de uso del agua y la capacidad de reabsorber algunos nutrientes, especialmente de fósforo, 72 a 86 por ciento, mientras que el nitrógeno está dentro de la resorción alcance general para otros arbustos siempre verdes, 47 a 57 por ciento. Mientras que el matorral de gobernadora, hace que el tallo y la hoja se orientan al maximizarla captación de luz durante más frío y períodos más húmedos de la madrugada. Y tiene una mayor capacidad para resistir la cavitación del xilema durante las sequías que las especies riparias.

Chew *et al.*, (1973) mencionan que la semilla de *Larrea tridentata* fueron abundantes comparadas con las de *Larrea divaricata*, observándose que el numero de semillas decreció notablemente con la distancia entre arbustos. Cerca del 2 al 3% de las semillas encontradas estaban sobre la superficie del suelo y alrededor del 10% fue encontrada entre 1 y 10 cm de profundidad. La densidad de semillas vario marcadamente año con año de 6.5 semillas por dm² bajo los arbustos en 1971 a 0.7 por dm² en 1972. Muchas de las semillas de *Larrea* se

desprendieron en primavera y su caída temprana fue en los desiertos de Mojave y Sonora, también hubo un desprendimiento temprano en el desierto de Chihuahua.

Contribuyendo la dureza del ambiente de germinación sobre los sistemas de maduración de la raíz, los arbustos de creosota jóvenes son mucho más susceptibles a la tensión de la sequía que las plantas establecidas. La germinación es absolutamente activa durante períodos húmedos, pero la mayor parte de las plántulas mueren muy rápidamente a menos que haya condiciones óptimas de agua. El calor de tierra aumenta en las plantas jóvenes la susceptibilidad a la tensión del agua, y las temperaturas de la tierra pueden superar los 70 °C.

Las plantas adultas, sin embargo, pueden tolerar la tensión extrema de la sequía. En términos de potencial hídrico negativo, los arbustos de creosota pueden funcionar completamente en -50 bares de potencial hídrico y han sido encontradas con vida bajo los -120 bares, aunque el nivel medio práctico sea alrededor de los -70 bares, donde las necesidades de respiración celular que puede proporcionar la planta exceden generalmente el nivel que el proceso hídrico requiere en la fotosíntesis. La división de célula puede ocurrir durante estas épocas de tensión hídrica, y es común que las nuevas células absorban rápidamente el agua después de la precipitación. Esta absorción rápida causa un desarrollo de las ramas de varios centímetros en el final de una estación seca.

Tejada (1983), menciona que las principales características de sobrevivencia de las plantas xerófilas son: a) pequeño tamaño de las hojas; b) pubescencia de las hojas; c) grosor de la cutícula; d) tamaño de las células. Los 3 principales factores que permiten a este tipo de plantas subsistir en extremos de sequía, por lo que puede reducir la transpiración o así puede entrar en letargo

durante el periodo crítico. El segundo factor es el poder reducir la transpiración aumentando la retención del agua por el coloide celular, y otro tercer factor es el carácter fisiológico muy poco conocido en su mecanismo, en el cual la planta puede perder hasta la mitad del agua de sus tejidos sin sufrir daños.

2.3.2 Clima

La gobernadora se encuentra en climas que de acuerdo a la clasificación de García (1998), son muy secos (BW) y secos (BS), cuyo cociente (P/T) es menor de 22.9, y comúnmente con temperaturas medias del mes más fríos superiores a 18°C, o bien, con oscilaciones de temperatura media mensual menores de 7°C. Hacia el norte, la gobernadora se encuentra en clima secos cuya temperatura del mes más frío sea inferior a 3.5°C. García (1961) señala que la gobernadora predomina en lugares con precipitaciones superiores a los 150 mm, y se desarrolla mejor en lugares con mas de 300 mm, es una planta resistente a la sequia, por que sobrevive en lugares donde las precipitaciones se concentran en 2 ó 3 meses del año.

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 (Campos *et al.*, 1979).

2.3.3 Edafología

Crece en los sitios más secos de México, en terrenos planos, laderas, lomeríos bajos (originados de materiales geológicos del cretácico superior e inferior) y en planicies aluviales.

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. (Campos *et al.* 1979).

Shreve(1964), menciona que la gobernadora crece bajo el nivel del mar en el valle de la muerte en los E.U.A. a 2,650 m. En las montañas de zacatecas; resistente a 12 meses sin lluvia; invade márgenes de pastizales, áreas de encinal donde llueve 500 mm anuales y crece en los suelos de aluvial, bordes de planicies alcalinas, arenosas y en las rocas de las colinas volcánicas, pero es raro encontrarla en suelos graníticos y salinos. Mallor citada por Huss (1959) reporta que la gobernadora se favorece en suelos calcáreos ya que sus raíces pasan fácilmente la capa calcárea pudiéndose tomar nutrientes que otras que no podrían hacerlo.

2.3.4 Factores biológicos

Los arbustos de *L. tridentata* enfrentan fuertes presiones de animales herbívoros, debido a que las hojas están siempre verdes durante los meses del año sin lluvia, época en que son pocos los recursos vegetales que pueden encontrar insectos y animales, sin embargo, el herbivorismo en *Larrea* es muy limitado, lo anterior probablemente se debe a los metabolitos secundarios como los biopolímeros fenólicos y el ácido nordihidroguaiaretico (NDGA) que se encuentran presentes en la resina producida en hojas y tallos, 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).

En un estudio realizado por Gardne (1951), citado por Tejada (1983), la larva de un insecto fue observada como la responsable del daño de algunas muertes de gobernadora en crecimiento corto y vigoroso, el grado de canaladura fue generalmente menor en el crecimiento vigoroso de las plantas, esto fue especialmente verdadero en el asilamiento de plantas, los canales pueden presentar larvas encontradas en las coronas y tres fueron identificadas como del orden Buprestidae, una de ellas se identificó como Cerambicidae, no determinándose el genero, se identificó la larva del escarabajo de alas cortas del orden Megachilidae. Esta larva es miembro de una familia muy conocida como barrenadores de madera de plastas cultivadas y plantas nativas. La larva es considerada por haber estado presente la oviposición en una parte del canal de la madera en la cual se encontró el daño. También se determinaron los daños asociados con el suelo y con material vegetativo en descomposición.

Algunos autores consideran al chapulín (*Boottettix argentatus*) como plaga de la gobernadora, ya que causa grandes estragos. Folwer (1980), estudió la perdida de peso de las hojas frescas y envejecidas de *Larrea tridentata* en el centro y sur de Nuevo México, durante los meses de septiembre y octubre, encontrándose mayor disponibilidad de alimento en la superficie para las termitas subterráneas. Las termitas construyen galerías en cerca de 90% de los montículos de hojas que han envejecido y poco mas del 10% de estos lechos son hojas frescas, en general no fue significativa la perdida de peso atribuida al daño ocasionado por las termitas.

2.3.5 Principales Asociaciones

Flora asociada

Crece en bosque espinoso (perennifolio), bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo (matorral subdesértico micrófilo, matorral inerme). Se asocia con *Juniperus sp.*, *Acacia sp.*, *Yucca sp.*, *Larrea sp.*, *Pachycereus sp.*, *Prosopis sp.*, *Bursera microphylla*, *Agave sp.*, *Carnegiea gigantea*, *Jatropha sp.*, *Berberis sp.*, *Parthenium sp.*, *Cercidium floridium*, *Fouquieria splendens*, *Opuntia sp.* (CONABIO,2012).

Fauna asociada

Mares (1979), menciona muchos animales del desierto que descansan en la cama o debajo de *Larrea*. Tales como escarabajos, milpiés de bolsillo, reptiles y anfibios, que la utilizan como fuente de alimento y sitio de percha y de hibernación o en madrigueras bajo estivan, para evitar depredadores y excesivas temperaturas. Otras especies como las tortugas del desierto también cavan sus refugios bajo la gobernadora donde sus raíces estabilizan el suelo. Y las ratas canguro de Merriam suelen hacer sus madrigueras bajo el arbusto, algunas subespecies de zorro la utilizan de descanso. Las aves residentes como codorniz deCalifornia y correcaminos, aves migratorias como currucas la utilizan como perchas, para recoger la comida, y como sombra y protección. Hay muchos parásitos e insectos que participan en *Larrea*, en particular el "gusano de bolsa", polillas cuyas orugas hacen un capullo de hojas, y agallas causadas por avispas y mosquitos diferentes.

3. Aspectos fisiológicos

3.1 Adaptación con relación al agua

Larrea tridentata tiene una excelente adaptabilidad, como una planta muy vigorosa, adaptada para sobrevivir en el desierto. Tiene capacidad para un intercambio positivo de CO₂, puede mantener un balance neto positivo de CO₂ a lo largo del año, aún a temperaturas extremas (> 43°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.

Esta especie es tolerante a temperaturas extremas y a la desecación (Castellanos-Pérez, 2008) es una planta C₃, y su metabolismo se encuentra activo durante todo el año (Giorgetti et al., 2000). Sin embargo, durante periodos de frío extremo, puede limitarse la presencia de *Larrea tridentata*, ya que la congelación induce la cavitación y embolismo del xilema (Martínez-Vilalta y Pockman, 2002). Gran parte del éxito en la adaptabilidad del género y en particular de la especie *tridentata* se debe a sus interesantes mecanismos fisiológicos, como su capacidad de intercambio iónico y su habilidad para mantener una red de actividad fotosintética neta, inclusive a muy bajos potenciales de presión (Campas et al., 1979).

Pockman y Sperry (1997), mencionan en su estudio sobre el Xilema de *Larrea tridentata* induciendo temperaturas de congelación, dicho estudio lo realizan en el limite norte en los desiertos de Mojave y Sonora. En este trabajo se investigo la ocurrencia de la quemaduras inducida por congelación en *Larrea*

tridentata se comparo con la de *Prosopis velutina*, una co-ocurrente caduca en invierno. Las medidas de campo indicaron que la savia en *L. tridentata* se congela a temperaturas menor de 5°C bajo cero, y que esto causó una quemadura no medible para temperaturas mínimas arriba de los -7°C. Durante el mismo periodo *P. velutina*es quemada casi completamente. Las pruebas en el laboratorio fueron enfriar los tallos de *Larrea tridentata* hasta temperaturas entre -5 a -12 °C, manteniéndolos a estas temperaturas por 1 a 12 hr., se descongelaron los tallos a una velocidad constante y se midió la quemaduras mediante la disminución de la conductividad hidráulica de los segmentos de tallos. Los resultados que se observaron en las temperaturas que fueron mantenidos arriba de -11 °C es que no hubo cambio en la conductividad hidráulica después de descongelar. Sin embargo, cuando los tallos se enfriaron a temperaturas -11 y 20°C la conductividad hidráulica disminuyo linealmente con temperaturas mínimas. Las temperaturas mínimas entre -16 y 20°C fueron suficientes para eliminar completamente la conductividad hidráulica.

Whitford *et al.* (1995), mencionan que desarrollaron un estudio denominado persistencia de los ecosistemas desérticos: explicaciones e implicaciones. Estos autores trabajador en la distribución de la lluvia sobre arbustos, interpretaron las respuestas de ecosistemas dominados por arbustos con un tratamiento herbicida y lugares que utilizaban la sequia y lluvia suplementaria para probar la hipótesis de que los ecosistemas dominantes por arbustos que han reemplazado a los pastizales desérticos son resistentes y flexibles a las perturbaciones. Los resultados fueron: entre 16 y 25% de la lluvia interceptada está canalizada para almacenamiento en suelo profundo mediante el sistema radicular, es rica en nutrientes y contribuye a las “islas de fertilidad” que se desarrollan bajo los arbustos desérticos. Los áreas con 5 años consecutivos de sequía en verano demuestra que; 1) el crecimiento de los arbustos de *Larrea tridentata* no se afectaron significativamente. 2) los pastos perenes desaparecieron en las parcelas desecadas. 3) la mineralización del nitrógeno aumento a corto plazo. 4) las

densidades y biomasa de las plantas anuales de primavera a verano por 5 años consecutivos tuvo menores afectos significativos, las áreas de maleza tratadas con herbicidas en 1979 para matar el mezquite (*prosopis glandulosa*) tuvieron la misma frecuencia de ocurrencia del arbusto que las arenas no tratadas cuando se determinaron en 1993. Estos datos según los autores indicaron que los ecosistemas dominados por arbustos persisten porque son resistentes y flexibles hacia los estrés climáticos y antropogénicos.

Franco *et al.* (1994), desarrollaron un estudio sobre efectos del tamaño de las plantas y relaciones de agua sobre el intercambio de gas y crecimiento de arbustos de *Larrea tridentata*. Se examinaron las relaciones entre las características de intercambio gaseoso, las relaciones agua-suelo y planta y las respuestas en crecimiento de arbustos grandes contra pequeñas de *Larrea tridentata*, en el curso de una estación de crecimiento de verano en el desierto chihuahuenses del sur de Nuevo México, EUA. Los resultado explican que el frente de humedecimientos del suelo no llegó a 0.6 m y los suelos a profundidad de 0.6 y 0.9 m, permanecieron secos durante el verano sugiriendo que *Larrea tridentata* extrae el agua del suelo cercano ala superficie. Las capas del suelo superficial (menores a 0.3 m) resultaron mas secas bajo las plantas grandes, pero lo potenciales de agua xilema fueron similares para ambos tamaños de plantas, sugiriendo algún acceso a reservas profundas de humedad del suelo. Las tazas de elongación de tallos fueron aproximadamente, 40% menos en los arbustos grandes, reproductivamente activos que en los pequeños e inactiva reproductivamente. Aunque ambos tamaños de arbustos mostraron respuesta similares a factores ambientales, los arbustos pequeños se recupero mas rápido de la sequia a corto plazo. Las mediciones de intercambio dieron una fuerte relación entre la conductancia de los estomas y la fotosíntesis, y la relación entre el déficit de la presión de vapor de hojas hacia el aire y la conductancia de los estomas se encontró que estaba influida, los resultados indican que la respuesta de los estomas hacia el estrés de agua y el déficit de presión de vapor son

importantes en la determinación de la tasa de ganancia de carbón y pérdida de agua en *Larrea tridentata*.

Meinzer *et al.* (1990), realizaron un estudio sobre esta planta enfocado al exudado en las hojas y lo denominaron "efectos de la *Larrea tridentata*". En dicho estudio la respuesta de los estomas a la humedad y el intercambio de gas total de las hojas no tratadas se compararon con los de las hojas tratadas para remover la mayor parte de su resina externa mediante el lavado de las hojas sujetas en una mezcla de agua-etanol. Los resultados muestran que la remoción parcial de la resina mejoró la sensibilidad de los estomas hacia la humedad en las hojas iluminadas y la sensibilidad de la conductancia foliar a la humedad en la oscuridad. Las conductancias difusivas y la transpiración de las hojas iluminadas y en oscuridad aumentaron la subsiguiente remoción de resina. El efecto neto de la remoción de resina sobre el intercambio de gas total fue reducir la eficiencia del uso de agua mediante la alteración de la conjunción entre la asimilación y la conductancia. Estos resultados indicaron que la resina se comportó como un anti-transpirante ideal debido a que este disminuyó la transpiración más que las tasas de asimilación.

Meinzer *et al.* (1988), mencionan que estudiaron la relación de la estructura anatómica llamada estomas y el agua en las plantas, dicho trabajo se denomina efecto de la manipulación del agua y régimen del nitrógeno sobre las relaciones de agua del arbusto desértico *Larrea tridentata*. El estudio no señala al nitrógeno como un factor elemental, señalan que las relaciones características del agua foliar y el comportamiento de los estomas fueron seguidos concurrentemente. Los resultados muestran grandes variaciones en el status del agua foliar en individuos irrigados y no irrigados. Los potenciales de agua foliar por la mañana y al mediodía de arbustos no irrigados fueron los más bajos, excepto cuando las mediciones han sido precedidas por una lluvia significativa. El análisis cuando las

mediciones han sido precedidas por una lluvia significativa. El análisis de la curva presión-volumen sugirió que los cambios en el potencial osmótico foliar bruto en turgencia total fueran pequeños y que casi todo el ajuste de turgencia fue debido al ajuste elástico del tejido. Es sugerido que aunque la apertura de los estomas necesariamente representa una mayor resistencia hidráulica de la planta puede representar la resistencia funcional a través de sus efectos sobre la apertura de los estomas.

3.2 Adaptaciones con relación al suelo

Schlesinger *et al.* (1996), realizaron un trabajo sobre el patrón espacial de los nutrientes del suelo en los ecosistemas desérticos. El estudio examinó la distribución espacial de los nutrientes del suelo en los ecosistemas desérticos del suroeste de EUA para probar la hipótesis de que la invasión de pastizales semiáridos por arbustos desérticos está asociada con el desarrollo de islas de fertilidad bajo los arbustos. El trabajo se desarrolló en los pastizales del desierto Chihuahuense de Nuevo México y los resultados demuestran que del 35-76 % de la variación en el nitrógeno (N) del suelo se encuentra a distancia menores de 20 cm., en arbustos adyacentes, en los cuales *Larrea tridentata* ha reemplazado los pastos en los últimos cien años, el N del suelo está más concentrado bajo los arbustos y auto relacionados en distancia que van desde 1.0 a 3.0 m, similares al tamaño medio de arbustos y reflejado el ciclo local de nutrientes por los arbustos. Un patrón similar fue visto en los matorrales del desierto de Mojave de California. El PO sub (4), Cl, SO y K del suelo también se acumularon bajo los arbustos del desierto, mientras que el Rb, Na, Li, Ca, y Sr son usualmente más concentrados en los espacios inter-arbustos. Concluyen que los cambios en la distribución de las propiedades del suelo pueden ser un índice útil de desertificación en los pastizales áridos y semiáridos en todo el mundo.

Lajtha y Whitford. (1989), desarrollaron el estudio denominado "efecto de los modificadores de nitrógeno y agua sobre la fotosíntesis, demografía foliar, y eficiencia del suelo de recursos en la *Larrea tridentata*, un arbusto siempre verde del desierto. El trabajo se desarrolló en el Desierto Chihuahuense del sur de Nuevo México. La hipótesis a probar fue de que si el agua y el N limitan la productividad de la *Larrea tridentata*, un arbusto siempre verde xerofítico. El desarrollo del estudio toma en primer lugar la fotosíntesis neta y los resultados demuestran que, estuvo correlacionada positivamente al N foliar, pero solamente en las plantas que recibieron agua suplementaria. Otro aspecto en los resultados es la eficiencia en el uso de nutrientes, definida como ganancia de carbón fotosintético por unidad de N invertida en el tejido foliar, las cuales disminuyeron en el aumento de N foliar. Sin embargo, la eficiencia de uso de agua, definida como la relación de la fotosíntesis a la transpiración, aumento al incrementarse el N foliar, de aquí que estas 2 mediciones de eficiencia en el uso de recursos estuvieron inversamente correlacionadas. La eficiencia de resorción no estuvo significativamente alterada a causa del gradiente de nutrientes, ni fue afectada por los tratamientos de irrigación, la longevidad foliar disminuyó significativamente con la fertilización aunque la magnitud absoluta de esta disminución fue bastante pequeña, debido en parte aun gran trasfondo de mortalidad inducida por insectos.

3.3 Competencia

Es una planta prolífica y territorialista, que 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. En sitios en donde el mezquite ha reemplazado a los pastos, la

governadora puede reemplazar al mezquite al cabo de 70 a 80 años. La máxima tasa de crecimiento se obtiene cuando el agua es más abundante. 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.

3.4 Producción.

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.

4. Componentes químicos

(Brinker, 1993, citado por Lira 2003), menciona que los principales compuestos en la resina de *L. tridentata* reportados en la literatura son numerosos, sin embargo, en el (Cuadro 1) se presenta un resumen de los más importantes. Destacan por su mayor contenido en base al peso seco del follaje los lignanos fenólicos, seguidos por las saponinas, flavonoides, aminoácidos y minerales. 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 nordihidroguaiarético (NDGA), uno de los antioxidantes mejor conocido (Seigler *et al.*, 1974).

Químicamente se le ha descrito como beta, gamadimetil-alfa, delta-bis (3,4-dihidroxifenil) butano. Se ha determinado que este ácido tiene propiedades como antioxidante, antiinflamatorio, citotóxica, antimicrobial e inhibidor de enzimas (Mabry *et al.*, 1977; Fernández, 1979; Brinker, 1993). Este fuerte antioxidante se presenta en todas las especies e híbridos de *Larrea*, habiendo una ligera diferencia en concentración entre las razas de ploidía en lo que se avanza a través del Desierto Chihuahuense (2.62%) hacia el Sonorense (3.84%) y hacia el Mojave (4.86%), (Gisvold, 1948; Downum *et al.*, 1988, Citado por Lira *et al.* 2003). El propósito del NDGA y su derivativo o-quinona es evidentemente un repelente de herbívoros.

El ganado no consume normalmente el follaje de *Larrea* (Kearney y Pebbles, 1951; Zamora, 1988), pero puede hacerlo si la resina es removida, ya que es una excelente fuente de proteína, comparable a la alfalfa (Duisberg, 1952). La concentración de NDGA es de cerca del 50% de la resina que forma parte de un 10 a 15% del peso seco de las hojas (Sakakibara *et al.*, 1976). También hay más de 20 flavonoides metil aglyconas que constituyen la otra mitad de la resina. Los posibles efectos de todos los diferentes flavonoides y otros constituyentes son numerosos y variados. Los efectos combinados de estos constituyentes de *L. tridentata* apuntan hacia un sinergismo que amplía el efecto del compuesto activo primario (NDGA), esto sugiere la ventaja de usar un extracto de la estructura entera hoja/ ramas en comparación con usar una preparación de NDGA purificado sintetizado.

Botkin y Duisberg (1949), describen los principales componentes químicos de la gobernadora, (Cuadro 2) de los cuales mencionan que tres son los principales: ácido nordihidroguayarático(NDGA), proteínas y resina. El NDGA se concentra en las hojas y tallos verdes parte de estos componentes están

aparentemente asociados con la resina cuticular y puede ser rápidamente extraídos con alcohol etílico y otros solventes. Las hojas y tallos pequeños tienen más resina, proteínas, y NDGA, en cambio las hojas maduras y las que tienen acceso a la humedad, tiene un contenido mayor de NDGA y resina que las hojas inmaduras y secas, las cuales tienen un porcentaje mayor de proteínas y menor NDGA. Los mismos autores dan los datos de un análisis hecho a una planta de gobernadora, (cuadro 3) y a la vez dan el peso (Cuadro 4), de las plantas de semillas, las hojas de gobernadora son las únicas que se desarrollan en el tiempo de sequía y reducen su desarrollo durante los periodos de humedad normal.

Estudios interpoblacionales de *Larrea tridentata* realizados en el Desierto Sonorense revelaron que las concentraciones de NDGA encontradas en la resina de sus hojas variaron en función de la latitud y de la época del año (Downum *et al.*, 1988), así como con factores ecológicos, ya que la concentración de NDGA puede verse reducida por la contaminación ambiental provocada por concentraciones elevadas de ozono (González-Coloma *et al.*, 1988).

Dicho arbusto tiene una gran potencial para explotarse, no solamente como forraje y métodos de control, sino para el uso comercial del ácido nordihidroguayaretico (NDGA) que tiene propiedades antioxidante de grasas animales y en la protección de carotenos en las grasas por un cambio oxidativo.

Cuadro 1. Principales constituyentes fitoquímicos de *Larrea tridentata* (Brinker, 1993)

Porcentaje del peso seco	Tipo	Compuesto
16-21	Lignanos Fenólicos	Ácido Dihidroguaiarético Hemi-norisoguaiacin Ácido nordihidroguaiarético Nordihidroguaiacin
5-7.5	Flavonoides	Apigenin Kaempferol
10-15	Saponinas	
	Triterpenos	Larreagenin A Ácido Larréico
0.1-0.2	Monoterpenos	
	Volátiles	
	Hidrocarbonos 35	Alpha penene Delta-3-carene Limoneno
	Aromáticos	Benzaldeído Benzilacetato Benzilbutano Metil naftaleno
	Esteroides	Beta-sitosterol Colesterol Campesterol
	Taninos	
	Carbohidratos	Glucosa
70.1 (de tallo)	Lípidos	Alkil esterres (C46-C56)
16.6	Aminoácidos	Fenilalanina Isoleucina Ácido glutámico
	Vitaminas	Ácido aspártico Glicina
15.6 mg/lb		Caroteno
19.8 mg/100g		Vitamina C
13.7	Minerales	Sodio Potasio Calcio Magnesio Hierro Azufre Fósforo

Cuadro 2. Principales componentes Químicos de la Gobernadora. (Botkin y Duisberg, 1949)

Elemento	%	Elemento	%
Cloro	0.260	Sodio	0.155
Fierro	0.066	Magnesio	0.175
Potasio	1.39	Sulfuro	0.29
Cloro	0.03	Leucina	1.5
Fenilalanina	0.85	Ácido aspártico	1.12
Glicina	0.83	Fosforo	0.287
Humedad	7.6	Proteínas	13.89
Calcio	1.612	Arginina	2.57
Sílice	1.400	Valina	0.79
Caroteno	15.6	Terosina	0.69
isoleucina	0.91	Cistina	0.21

Cuadro 3. Contenido de NDGA. En varias partes de la gobernadora (botkin y duisberg, 1946).

Partes de la planta	% NDGA
Hojas	12.3
Tallos verdes	9.6
Hojas secas	6.1
Semillas	0.3
Tallos leñosos	0.3
Corteza	0.3
Total	28.9

Botkin (1949) analizó la composición botánica de la gobernadora en base seca información que se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Composición botánica de la gobernadora en base seca

Parte de la planta	Peso en gr.	% de total
Hojas y ramitas verdes	75	23
Raíces	75	23
Tallos y ramas	180	54
Total	305	100

Cuadro 5. Contenido porcentual de algunos nutrimentos en hojas de la gobernadora sin tratar y tratada con alcohol etílico en comparación con heno de alfalfa. (Ortiz, 1972)

Nutrimentos	Gobernadora si tratar %	Alfalfa tratada con alcohol etílico %	Alfalfa beneficiada %
Proteínas crudas	14.5	16.6	16.3
Extracto etéreo	18.1	2.8	2.2
Extracto libre de			
Nitrógeno	44.4	48.7	40.4
Fibra cruda	13.4	18.2	32.0
Minerales	9.5	12.7	9.1

Cuadro 6.- contenido de minerales aminoácidos de gobernadora tratada con alcohol comparado con heno de alfalfa (Duisberg 1952)

	% gobernadora	% alfalfa
Humedad	7.6	9.5
Sodio	0.10	0.13
Potasio	1.39	2.05
Calcio	2.52	1.47
Magnesio	0.10	0.29
Hierro	0.04	0.250
Cloro	0.03	0.37
Sulfuro	0.29	0.32
Fosforo	0.26	0.24
Relación Ca/P	9:1	6:2
Caroteno mg/lb	15:6	11:4
Arginina	0.57	1.05
Triptófano	0.25	0.38
Fenilalanina	0.85	-----
Leucina	1.50	-----
Isoleucina	0.91	-----
Valina	0.79	-----
Glicina	0.83	-----
Acido glutámico	2.60	-----
Ácido aspártico	1.12	-----
Cistina	0.21	0.36
Tirosina	0.62	-----

Cuadro 7. Comparación de la gobernadora y alfalfa. (Koo, 1967).

Elementos	Gobernadora %	Alfalfa %
Cloro	0.260	0.240
Fósforo	0.287	0.210
Calcio	1.612	1.430
Magnesio	0.175	0.260
Sodio	0.155	0.140
Fierro	0.066	0.060
Proteínas	13.840	14.700
Sílice	1.400	0.250

Mabry y Bohnstedt (1977), citado por Campos (1979), agregan que *Larrea* es una fuente notable de productos naturales y que aproximadamente el 50% del peso seco de las hijas de este género puede ser material extractable. De los cientos de compuestos conocidos, producidos por los miembros de este género más de 125 han sido investigados estructuralmente, además los datos químicos comparativos son aprovechables para las 5 especies y sus 5 híbridos naturales. Estos resultados químicos incluyen la identificación de 67 constituyentes volátiles, los cuales representan el 90% del aceite volátiles obtenidos por destilación de vapor de hojas frescas de *Larrea tridentata*. La resina que cubre la superficie externa de las hojas proporciona 19 aglicon flavonoides, más diversos lígnanos incluyendo el poder antioxidantes NDGA. Algunos flavonoides, glicositos, sapogeninas y ceras también han sido aislados de *Larrea*, y químicamente determinados.

Ortiz (1972), realizo un análisis bromatológico donde comparo la gobernadora con la alfalfa, encontró que las hojas de gobernadora contienen alrededor del 15% de proteínas crudas y la alfalfa presentó valores similares (Cuadro 4); es interesante comparar el valor de la proteína cruda de la alfalfa con la de la gobernadora para ver el potencial químico y económico de este arbusto en los agostaderos de la regiones desérticas y semidesérticas. Koo (1967), hace una comparación de los elementos de gobernadora y alfalfa (Cuadro 6).

4.1 Propiedades fungicidas

Los primeros trabajos sobre el efecto fungicida o fungistático de la resina de gobernadora fueron hechos por Fernández *et al.* (1979) los cuales reportaron que tanto *Rhizoctonia solani*; *Pythium sp*; y *Rhizopus nigricans* fueron totalmente controlados a 500 ppm, tanto en el extracto metanólico como clorofórmico; no así para *Fusarium oxysporum* que solamente se logró un 76% y 93% para cada extracto respectivamente a 1000 ppm.

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 (Lira-Saldivar *et al.*, 2003; Vargas Arispuro *et al.*, 2006; Jasso *et al.*, 2007, citado por Moreno *et al.*, 2011).

Brinker (1993), cita en el (Cuadro 7) una lista de hongos y algas de importancia agrícola que han sido controlados bajo condiciones “*in vitro*” por la resina de gobernadora o cualquiera de sus constituyentes químicos.

Posteriormente otros autores han venido corroborando *in vitro* las propiedades antifúngicas de la gobernadora, ya sea con productos obtenidos con diferentes extractos, o bien con material vegetativo seco y molido. Los resultados obtenidos por Velásquez (1981), indican que el extracto de gobernadora que mejor efecto manifestó en estudios *in vitro* fue la fracción etanólica a dosis de 2,000 ppm observando un crecimiento nulo a los 15 días después de la inoculación del hongo *Cytosporina sp.*, estado asexual de *Eutypa armeniacae* agente causal del brazo

muerto de la vid; además inhibió la germinación de ascosporas de *E.armeniaca* a la misma dosis, pero con extractos en base a etanol y cloroformo.

Cano *et al.* (s/f) en un estudio realizado con el extracto de cáscara de *Carya illinoensis* (nuez) mostró un mayor efecto fungicida contra los microorganismos estudiados. Fue demostrado que la mezcla de los extractos de *Larrea tridentata*, *Agave lecheguilla* y *Carya illinoensis* (nuez) fueron efectivas para inhibir el crecimiento de los cuatro hongos (*Fusarium oxysporum*, *A. fumigatus*, *P. pinophyllum*, *M. griseocyanus*) potencializando su efecto con inhibiciones de hasta un 80%.

Hernández *et al.* (2008), realizaron una investigación en condiciones de laboratorio, invernadero y campo con los siguientes objetivos: (1) analizar el efecto antifúngico de tres cepas de bacterias del género *Bacillus* (B3, B9 y B15) contra *R. solani*, así como su efecto promotor del crecimiento en plantas de papa, (2) determinar el efecto de un extracto resinoso obtenido de hojas de *Larrea tridentata* contra el hongo *R. solani*, y (3) establecer si existe un efecto sinérgico al mezclar las cepas de *Bacillus* con el extracto de *Larrea tridentata*. Los resultados indicaron que las cepas bacterianas tuvieron una clara actividad antifúngica, al igual que el extracto de *Larrea tridentata*. Las cepas de *Bacillus* sobresalieron además por su efecto estimulador del crecimiento de las plantas y del rendimiento de papa, así como por el efecto sinérgico al mezclar las bacterias con el extracto de *Larrea*; un efecto potenciador similar se observó al aplicar la mezcla de las cepas. Los resultados obtenidos con las cepas de *Bacillus*, así como su mezcla con el extracto de *L. tridentata* son alentadores. Los mismos sugieren que podrían ser utilizados para apoyar programas de control biológico contra *R. solani*. Sin embargo, es necesario continuar con más trabajos in vivo para validar estos resultados.

En un estudio realizado por Moreno *et al.*, (2011), *L. tridentata* inhibe el crecimiento de *A. flavus* y *Penicillium* sp. in vitro. El tipo de solvente no fue un factor determinante en el efecto inhibitorio, para el caso de *Penicillium* sp, no así, en el caso de *A. flavus* donde los extractos etanólicos demostraron un mayor efecto. La técnica de dilución del extracto en agar permite una mayor difusión de los componentes en el medio. La Concentración Mínima Inhibitoria para *A. flavus* fue de 3 mg/ml en acetona y de 7 mg/ml en hidroalcohólico, mientras que para *Penicillium* sp fue de 3 mg/ml en acetona y de 5 mg/ml en hidroalcohólico.

Lira *et al.*, (2006) mencionan que la actividad antifúngica de extracto de resina hidrosoluble de gobernadora (*Larrea tridentata* (D.C.) Coville (L)) y soluciones de quitosán (Ch), solos y combinados fueron investigados in vitro por su actividad antifúngica contra *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum coccodes* y *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* que fueron aislados de rosas de invernadero y de lotes comerciales de papa y tomate, respectivamente, mismos que posteriormente fueron purificados. Ambos bioproductos manifestaron su efecto fungicida a 1,000 y 2,000 ppm, sin embargo, cuando fueron combinados mostraron una actividad fungicida sinérgica. Estos resultados preliminares indican que el extracto hidrosoluble de *L. tridentata* o la combinación L-Ch pudiesen ser considerados como agroquímicos potenciales de bajo impacto ambiental para ser usados como fungicidas orgánicos, pero se requiere más trabajo de investigación antes de que esto tenga una aplicación comercial. Hasta lo mejor de nuestro conocimiento esta es la primera vez que se reporta a la mezcla *L. tridentata* y quitosán actuando como un compuesto antifúngico.

Las propiedades fungicidas de la gobernadora con distintos extractos a base de etanol, cloroformo e hidróxido de sodio fueron analizados por Garza *et al.* (1996) quienes concluyeron que el hongo *R. solani* inhibió su desarrollo bajo

condiciones “in vitro” con los tres extractos de *Larrea* estudiados y con las cuatro concentraciones de la resina aplicada (250, 500, 1000 y 2000 ppm).

Guzmán (2001), encontró que para *R. solani* existe una diferencia marcada en cuanto a los desiertos, paralelos y dosis aplicada, concluyendo que los mejores resultados se obtuvieron con los extractos del desierto Sonorense (D.S.) fracción etanólica en comparación del desierto Chihuahuense (D.Ch.) con ambos extractantes (etanólica y clorofórmica). Así se tienen los datos de que la resina del paralelo 25°N inhibe en un 78.81% y del paralelo 27° N un 100% a 2000 ppm fracción etanólica del desierto Sonorense, en comparación de un 100% de inhibición del paralelo 27° N a 4000 ppm extracción etanólica y de un 100% de la extracción clorofórmica a 8000 ppm del desierto Chihuahuense.

El efecto de las hojas de gobernadora en polvo para el control de enfermedades de la raíz en jitomate fue estudiado por García *et al.* (1997), los resultados obtenidos por ellos indican que la alga fitopatógena *P. capsici* redujo su efecto patológico cuando se adicionó *Larrea tridentata* en polvo al suelo infestado. Ellos destacan que se observó una mortandad de plantas del 54% en ausencia de la gobernadora y de solo 6.2% en presencia de *Larrea tridentata* al 1% en base al peso de la tierra contenido en las macetas; lo cual es prácticamente imposible de lograr sin la aplicación de fungicidas sistémicos de alto costo económico y severo impacto ambiental.

Salazar *et al.*, (1990) realizaron una investigación para determinar el efecto de residuos de gobernadora sobre el alga *P. aphanidermatum* y su efecto sobre la germinación y crecimiento de plántulas de frijol. En este trabajo se demostró que la muerte en la preemergencia fue más alta en los tratamientos inoculados con los patógenos (80 al 100%), excepto en aquellos donde se adicionó gobernadora

donde el porcentaje de germinación fue del 100%. En las pruebas “in vitro” efectuadas con *Larrea* se detectó que el polvo de hojas y el extracto en acetona también inhibieron el crecimiento del patógeno.

Con respecto a la acción antifúngica contra *A. solani*, Sánchez (2001), en un estudio donde comparó los extractos obtenidos de diferentes solventes de los desiertos Sonorense y Chihuahuense, para evaluar diferencias entre los extractantes y entre desiertos, debido a la mayor concentración de resina. Los resultados indican que los extractos de los dos desiertos son diferentes entre sí, ya que los obtenidos del desierto Sonorense fueron en general superiores a los del desierto Chihuahuense. Por lo que se refiere a la acción fungicida de los diferentes extractos, la información generada muestra que a pesar de que no existen diferencias marcadas en los datos, los clorofórmicos fueron los más eficaces, porque con la dosis de 4000 ppm lograron inhibir al 100% el crecimiento micelial de *A. solani*; en comparación con los etanólicos, metanólicos y sódicos que inhibieron en un 97.7% el crecimiento del hongo. Por lo que se refiere a las dosis estudiadas se observó una clara acción biocida de los extractos de ambos desiertos, ya que la media general de inhibición del crecimiento micelial para las dosis de 500, 1000, 2000 y 4000 ppm fue de 80.2, 87.2, 90.5 y 93.4% respectivamente.

Velásquez (1981) señala que el extracto que mejor efecto presentó en estudios in vitro fue la fracción etanólica a dosis de 2,000 ppm, observando un crecimiento nulo a los 15 días después de la inoculación del hongo *Cytosporina sp. Sacc.*, estado asexual de *Eutypa armeniacae* Hansf. y M.V. Carter, agente causal del brazo muerto de la vid; además, inhibió la germinación de ascosporas de *E. armeniacae* a la misma dosis, pero con extractos en etanol y cloroformo.

Verástegui *et al.*(1996), investigaron extractos etanólicos de *Larrea tridentata* en el crecimiento de hongos, levaduras y bacterias que perjudican la salud de humanos y animales. Sus resultados mostraron que los extractos inhibieron diversos actinomicetos y hongos como *Candida krusei* (A.Castellani) Berkhout, *C.albicans* (C.P. Robin) Berkhout, *C.rugosa* (Anderson) Diddens y Lodder, *Cryptococcus albidus* (K. Saito) C.E. Skinner, *C.laurenti* (Kuff.) C.E. Skinner y *C. neoformans* var. *Neoformans* Bemis, así como las bacterias *Listeria monocytogenes* (Murray, Webb y Swann) Pirie, *Clostridium perfringens* (Veillon y Zuber) Hauduroy, Ehringer, Urbain, Guillot y Magrou, *Shigela dysenteriae* (Shiga) Castellani y Chalmers, *Yersinia enterocolitica* (Schleifstein y Coleman) Frederiksen y *Proteus vulgaris* Hauser.

El efecto benéfico de *Larrea* contra el ataque de los insectos en granos también ha sido documentado. Cortez *etal.* (1993), demostraron que hojas molidas de gobernadora aplicadas como polvo en granos de frijol tipo pinto que después se almacenaron, fueron protegidos contra el ataque del insecto *Zabrotes subfasciatus*.

Cuadro 8. Hongos fitopatógenos susceptibles a *L. tridentata* o sus constituyentes (Brinker, 1993)

HONGOS	SUBSTANCIAS
<i>Fusarium</i>	B,C,D
<i>Pythium</i>	C,D
<i>Rhizictinia solani</i>	B,C,D
<i>Penicillius citrinum</i>	B
<i>Aspergillus flavus</i>	A
<i>A. fumigatus</i>	A,B,F
<i>A. niger</i>	B
<i>A. oryzae</i>	B
<i>Rhizopus delemar</i>	B
<i>R. nigricans</i>	B,C,D
<i>mucor</i>	B

A= Extracto de Gobernadora; B= NDGA; C= Norisoguaiacina; D= ácido dihydroguaiaretico; F= NDGA sintético.

4.2 Efecto bactericida, nematicida y antiviral

La resina de gobernadora ha probado tener efectos bactericidas y bacteriostáticas a bajas dosis, como lo demuestra el trabajo de Velásquez (1983), al evaluar *in vitro* diversas dosis del extracto etanólico contra las bacterias fitopatógenas *Erwinia amylovora*, *E. atroseptica* y *Pseudomonas solanacearum*, sus resultados revelaron que la resina de gobernadora presenta un efecto selectivo contra las tres bacterias evaluadas, al no inhibir aún a dosis de 2000 ppm el desarrollo de *E. amylovora*, mientras que el crecimiento de *E. atroseptica* fue relativamente mínimo, no así a dosis relativamente bajas (250, 500 y 1000 ppm), además los extractos de *L. tridentata* mostraron una excelente acción bactericida contra *P. solanacearum* aún a la dosis mínima.

Brinker (1993), menciona que en el trabajo que realizó se enfocaron a los usos etnobotánicos de *L. tridentata* y se consigna que los estudios de laboratorio realizados por numerosos investigadores con microorganismos que atacan a seres humanos, han reportado que más de 45 bacterias son susceptibles a la resina de *L. tridentata* o sus constituyentes, así como diez levaduras, nueve hongos y tres parásitos intestinales. El efecto de la resina de gobernadora como nematicida solo ha sido consignado en pocos casos.

Huerta (1986), en su trabajo señaló que en pruebas *in vitro*, la resina etanólica de *L. tridentata* mostró una inactivación de los nematodos a los 27 min, mientras que en el testigo (agua) la actividad duró 3.5 h. Recientemente, en un trabajo *in vitro* con nematodos colectados de suelo infestado donde se tenía sembrado melón, vid y nogal, se comparó el efecto de cuatro dosis (1000, 2000, 4000 y 8000 ppm) del extracto etanólico de gobernadora contra el nematicida comercial Mocap. Los resultados obtenidos por De Anda (2003) reportan un claro efecto nematicida con las dosis de 4000 y 8000 ppm, en este trabajo también se

señala que el efecto de esas dosis resultaron ser estadísticamente iguales que el nematocida utilizado como referencia para comparar el efecto del extracto de gobernadora.

Una actividad muy interesante demostrada por ciertos constituyentes flavonoides de *L. tridentata* es el efecto antiviral reportado por los 3-metoxiflavonoides, incluyendo 3-metil-kaempferol, 3,3'-dimetil-quercetin, y 3,7,3'-trimetil-quercetin (Xue *et al.*, 1988 citado por Lira *et al.*, 2007). En su estudio se encontró que estos flavonoides son activos contra los virus que afectan el RNA, incluyendo polio, coxsackie B2 y rino virus, y también contra la estomatitis vesicular y el virus bunya. Las sustancias antes mencionadas son consideradas como verdaderos antivirales, ya que afectan la replicación de los virus y la iniciación de la síntesis de RNA (Zamora, 1988).

La actividad antiviral de los metabolitos de *Larrea tridentata* también ha sido claramente detectada en el trabajo de Gnabre *et al.* (1995), donde se consigna que el lignano 3-O-methyl del ácido nordihydroguaiaretico aislado de la resina del follaje de la gobernadora tiene un efecto inhibitor en la actividad del virus del SIDA, ya que este lignano impide que el material genético de este virus se copie a sí mismo, evitando así la replicación del virus.

Clark (1999), realizó un reporte muy completo sobre las propiedades antivirales de *Larrea tridentata* contra el virus causante de los diferentes tipos de herpes encontrados en humanos, quien menciona que el extracto de esta planta es 1000 veces más potente que las drogas sintéticas antivirales. En su trabajo se señala que cultivos de células de los virus causantes de herpes de los tipos HSV-1 y HZV sin extracto de *Larrea* fueron destruidas en 72 h, mientras que cultivos de células conteniendo 10-microgramos/ml del extracto de *Larrea* no fueron afectadas

por el virus; los resultados clínicos de este autor indican que el derivado de gobernadora elimina más rápido el virus del herpes que la droga Zovirax (acyclovir), la cual es específica para este virus.

Brinker (1993), menciona que las condiciones de enfermedad causadas por los organismos inhibidos incluyen las siguientes infecciones bacterianas: paratifoidea, ántrax, fiebre escarlata, nocardiosis, neumonía lobar, infecciones en las heridas, infecciones del tracto respiratorio superior e urinarias y caries. El efecto en los organismos ha sido solamente demostrado *in vitro* (excepto de *Streptococcus pneumoniae* tipo II en ratones), así que no es muy difícil de asumir que los extractos de *Larrea* puede controlar exitosamente todas las infecciones arriba mencionadas.

4.3 propiedades proteicas para forraje

García (1993), menciona que en el experimento realizado, y el tratado que se dio a la gobernadora con NaOH al 0.1 % de N., favoreció a la digestibilidad. En base a los resultados obtenidos, el tiempo de agitación de 6 horas fue el que presentó mejores digestibilidades para materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, y extracto libre de nitrógeno. De acuerdo a los coeficientes de digestibilidad encontradas, la gobernadora (*Larrea tridentata*) puede ser utilizada en alimentación de rumiantes en época de escases de forraje. Es posible el uso de esta especie como parte de la dieta pero combinada con otros alimentos.

Ortiz (1972), de acuerdo con los resultados obtenidos en el experimento que realizó comparando los nutrientes de la gobernadora y alfalfa, llegó a las conclusiones siguientes; 1) En análisis químico de la gobernadora tratada, muestra

que su contenido aproximado de nutrientes es comparable con los de la alfalfa. 2) El tratamiento adecuado con hidróxido de calcio de tallos y hojas verdes de la gobernadora, se puede hacer usando concentraciones de 74.00 gr/l y 92.50 gr/l. Hasta 111.0 gr/l utilizando un mejor método de lavado de los residuos de cal y agitación con tiempo desde 30 minutos hasta 240 min. 3) La resina extraída es en mayor cantidad con Ca(OH)_2 que con el NaOH, dando más posibilidad para la explotación industrial del NDGA y las resina. 4) Las cabras no consumieron la gobernadora tratada con hidróxido de calcio, debido ala cantidad de Cal que quedo entre las hojas y tallos verdes. 5) La gobernadora no podría usarse como forraje hasta no haberse encontrado uso comercial ala resina y el ácido NDGA de otra manera no es costeable explotarla.

Tejada (1983), describe que el proceso para obtener la resina (Figura 8) consta de tres etapas: preparación de la materia prima, extracción de las hojas de gobernadora y purificación y tratamiento final. En la primera, una vez cortado el material, se le seca, luego se le defolia y se le criba para obtener las hojas con una mínima cantidad de materia leñosa, en el segunda, se trata a las hojas con un solvente orgánico (etanol), y en la tercera, se separa a la resina del etanol para luego secarle y darle su presentación final.

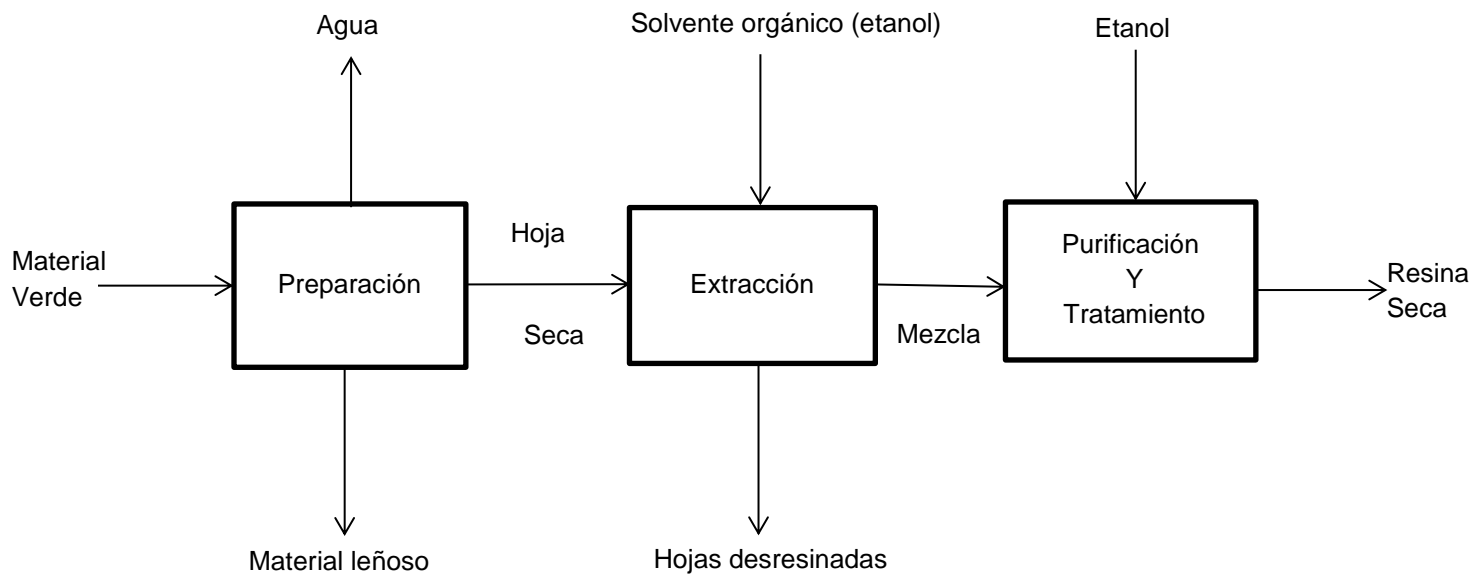


Figura 8. Diagrama del flujo del proceso de extracción de resina de *Larrea tridentata*

5. Genética

Poggio *et al.* (2010) mencionan que el género *Larrea* está constituido por la Sección *Larrea* (*L. nitida* y *L. ameghinoi*; $2n=26$), y la Sección *Bifolium* (*L. divaricata* ($2n=26$), *L. cuneifolia* ($2n=52$) y *L. tridentata* ($2n =26, 52, 78$)). El número básico del género fue considerado $x=13$, existiendo en la familia desde $x=5$ hasta $x=15$. Estudios previos de apareamiento cromosómico en híbridos interespecíficos permitieron establecer las afinidades genómicas entre las especies y los tipos de barreras de aislamiento reproductivo. Se concluyó que *L. nitida* y *L. ameghinoi* son especies muy relacionadas, mientras que *L. divaricata* sería uno de los progenitores de *L. cuneifolia*. Recientemente, se analizaron híbridos $2n=39$ (*L. ameghinoi* x *L. cuneifolia* y *L. nitida* x *L. cuneifolia*). El análisis de estos datos, junto con la evaluación de los números básicos de la familia en un contexto filogenético, permite elaborar hipótesis acerca de las relaciones interespecíficas y la constitución genómica dentro del género. En este trabajo postulamos que *Larrea* es un paleopoliploide, siendo $x=13$ un número básico derivado de números menores frecuentes en la familia. Se proponen las fórmulas genómicas de las especies sudamericanas del género.

Campos *et al.* (1979) mencionan que la *Larrea tridentata* se caracterizan por ser diferentes en su número cromosómico, ya que las plantas del Desierto Chihuahuense son diploides ($n = 13$), las del Sonorense son tetraploides ($n = 26$) y las del Mojave son hexaploides ($n = 39$) (Figura 9).

Hunziker *et al.*, (1976), estudiaron los compartimientos meiosis en algunas especies individuales de Sudamérica y cinco híbridos interespecíficos, encontraron que *Larrea ameghinoi* tiene una meiosis regular, usualmente con 13 bivalentes, en la primera metafase se observó un comportamiento similar en las otras especies

diploides, *L. nítida* y *L. divaricata*. Otras especies de *L. divaricata* de la misma región o de otra parte de Argentina tales como, Salto, Tucumán, La Rioja y Mendoza, llegan a ser diploides formando 13 bivalentes en la primera metafase.

La tetraploide *L. cuneifolia* mostro 26 bivalentes; otras especies del noroestes de Argentina fueron determinas como tetraploides con $n=26$, de hecho no fueron detectadas especies multivalentes; esto sugiere que existe una aleloploidia.

Los híbridos entre las especies multifoliadas; *L. ameghinoi* y *L. nítida* mostraron una meiosis regular y 13 bivalentes en la primera metafase. En la segunda metafase, más de cien células tuvieron 13 cromosomas, el porcentaje de mericarpios con semillas en estos híbridos alcanzó 71%, lo cual es comparable a las especies parentales. Entre dos especies bifoliadas, *L. cuneifolia* y *L. divaricata*, se encontró el híbrido triploide *L. cuneifolia* X *L. nítida* presentaba células unidas a través del citoplasma en la primera metafase, con diferentes configuraciones y número de cromosomas.

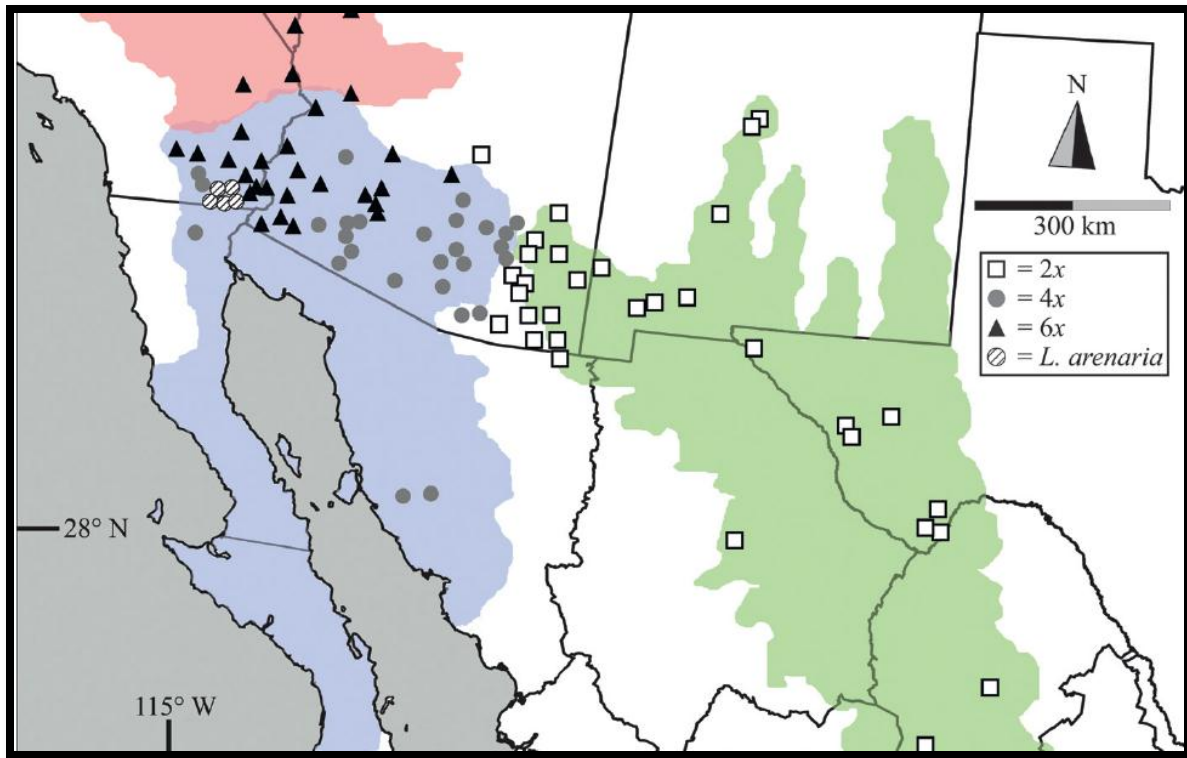


Figura 9. Distribución geográfica de diploide, tetraploide, hexaploide y *L. tridentata*. Las áreas coloreadas identifican el límite aproximado de la Chihuahuense (verde), Sonorense (azul), y Mojave (rojo), las regiones desérticas, como comúnmente son delimitadas por estudios florísticos.

6.Utilización de *Larrea tridentata*

6.1 Industrial

El componente de la planta de más importancia económica es el ácido Nordihidroguayarético (NDGA), que se obtiene por acidificación del extracto alcalino de las hojas y se purifica con solventes orgánicos y que actúa como un antioxidante potente por lo que es utilizado en la industria alimentaria; es apreciado también en la fabricación de productos farmacéuticos, lubricantes y hule. Se utiliza en la industria para disminuir las incrustaciones salinas en calderas y recipientes; para la preparación de polímeros de tipo fenólico y fungicidas e insecticidas orgánicos y elaboración de jabones. Las resinas sirven para la fabricación de grasas para calzado, pegamento (a partir de las hojas) para triplay y cartón comprimido.

6.3 Medicinal

Es una planta que ha formado parte de la riqueza florística medicinal de los nativos de las zonas semiáridas del norte de México y suroeste de los Estados Unidos; se le ha considerado como una planta que “cura todo”, ya que se le han reportado 66 usos en la fitoterapéutica, tales como infecciones genito-urinarias, y del tracto respiratorio, cálculos renales, inflamaciones musculares, daños de la piel, espasmo intestinal, desorden uterino, anticancerígeno, diurético (contra la diabetes), antimicótico y antimicrobial (Brinker, 1993).

CONAFOR (2011), también describe que en el norte del país se utiliza para afecciones de las vías urinarias tales como los cálculos renales, se toma como agua de uso la cocción de toda la planta o las ramas; en el caso del dolor de riñón e inflamación de vejiga, se utilizan las ramas, raíz o corteza en cocimiento, ingeridas en ayunas. En problemas ginecológicos como esterilidad femenina se sugieren lavados vaginales con el cocimiento de las hojas; también se emplea la raíz, ramas o corteza para el postparto y para regularizar la menstruación. La misma infusión es usada en baños para hemorroides, fiebre, paludismo, granos, golpes, favorecer la cicatrización y curar el reumatismo. La infusión de las hojas se usa como remedio para reuma, cálculos en la vesícula y renales, dermatitis, hepatitis y como antiséptico. Se le atribuyen propiedades y acciones contra malestares gástricos, enfermedades venéreas y tuberculosis. Se emplea para tratar micosis. Posee actividad antimibiana.

Pérez (2003), menciona que en la medicina de patente, la gobernadora se ha utilizado para la leucemia y para combatir diferentes tipos de cánceres. Se ha sugerido que la gobernadora puede contener polisacáridos inmuno-estimulantes en su compuesto principal, además de tener algunas propiedades anti-tumorales. En las fuentes de la medicina convencional hay evidencias anecdótica en estudios in vitro, que el Nordihidroguaiarético(NDGA) puede tener actividad citotóxica, y que esta va a depender de su concentración.

Actualmente la gobernadora se comercializa para:

1. La artritis, reuma, y bursitis.
2. Como un antioxidante.
3. La respuesta inmune.
4. Diferentes tipos de cánceres como melanomas, leucemia, cáncer de mama, de ovarios, y sarcoma de Kaposi (KS).

5. Como un limpiador de la sangre y el hígado.
6. Como un diurético.
7. Los resfriados y la gripe.
8. La familia de los virus incluyendo el virus del herpes simple (HSV), cytomegalovirus(CMV), el virus de Epstein-Barr (EBV).
9. El acné y desordenes de la piel.

6.3 Forrajero

Las hojas resinosas son desdeñadas por la mayoría de vertebrados herbívoros, la liebre consume, no obstante, la extremidad tierna de las ramas y las semillas son comidas por los roedores. Sus propiedades alimenticias se equiparan con las de la alfalfa por su alto contenido de proteínas, el cual varía de 11 a 20 % de acuerdo con la época del año y el estado general de la planta. Sin embargo el alto contenido de secreciones resinosas en sus hojas impide su utilización como planta forrajera a gran escala, ya que ni el ganado caprino tolera una alimentación a base de esta especie de acuerdo con Pérez(2003).

De la Fuente (1970), utilizando bovinos encontró aceptación de la gobernadora tratada, preferentemente mezclada con otros alimentos y por épocas cortas, encontrando que la maleza como aditivo es recomendable por su sabor y consistencia. Posteriormente comparó aumento de peso diario utilizando heno de alfalfa en 15 novillos Hereford por 53 días y obtuvo un promedio de ganancia diaria de 452 y 410 gr sin diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) para gobernadora y alfalfa respectivamente. El mismo autor menciona que se requiere mayor investigación sobre alimentación para periodos mayores de 90 días.

7. Manejo de Larrea

En un trabajo realizado por Maldonado y Aguilera (1980), en los terrenos del campo Experimental Forestal de zonas áridas "La sauceda", en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México. Se estableció una investigación con el propósito de encontrar el método de corte más apropiado para no destruir el recurso, por los diferentes usos que se le aplican. El área del experimento se localiza dentro del matorral inerme parvifolio, al establecer las parcelas se procuró la mayor homogeneidad posible para evitar desviaciones, se delimitaron ocho círculos de 10 m de diámetro (78.54 m^2). En cada uno de los círculos se hicieron las mediciones de altura, cobertura, diámetro y vigor de los individuos de gobernadora existentes en cada parcela.

Los tratamientos de métodos de corte fueron los siguientes: Tratamientos I. Corte del 100% de los individuos, Tratamiento II. Corte del 75%, Tratamiento III corte del 50%, Tratamiento IV. Corte del 25%, Tratamiento V. Corte de ramillas, Tratamiento VI. Desenraice, Tratamiento VII. Defoliación total y por ultimo el Tratamiento VIII. Longitudinal.

Los autores agrupan estos tratamientos en tres tipos (A-B-C).

- A. Corte en relación a la altura de la planta: del 100%, 75%, 50%, y 25%.
- B. Corte afectando la altura y cobertura de la planta: de ramillas, defoliación y longitudinal.
- C. Exterminación: de desenraice.

Una vez sorteados los tratamientos, se procedió a efectuar los cortes correspondientes; se separaron al momento del corte para determinar su peso verde, dejando deshidratar al aire para determinar la materia seca y el porcentaje de humedad correspondiente, estos cortes se realizaron durante un período de

cinco años, cortados a fines de otoño, que es cuando se considero ya terminada su actividad.

Por consideraciones de importancia, se hace énfasis en dos tratamientos: III. Corte del 50% y Tratamiento IV. Corte del 25%, ya que ambos autores hacen referencia a los resultados obtenidos.

Resultados de los cortes del grupo "A"

	Por parcela	por hectárea
Corte del 25%	2,980 kg	252.101kg
Corte del 50%	1,595 kg	203.081 kg

A continuación se detallan los procedimientos que siguieron para ambos tratamientos:

Tratamiento III. Corte del 50%.

Originalmente en el área ocupada por este tratamiento existía un total de 29 plantas de gobernadora, con una altura promedio de 85.0 cm, una cobertura del 26.26% y una producción inicial de 3,430 kg en verde; la producción de materia seca fue de 2,930 kg con el 14.6% de humedad. Después de soportar durante el período el corte del 50%, la mortandad fue de una planta, lo que representa el 3% del tratamiento, el 97% restante se regeneró en forma eficiente, el crecimiento anual promedio por individuo fue de 11.06 cm, la producción de materia seca osciló entre 0.911 kg hasta 2,742 kg, con un promedio de 1,595 kg anuales por parcela, lo que equivale a 203.081 kg de materia seca por hectárea al año 5 (Cuadro 8).

Cuadro 9. Resultados del Tratamiento III – 50%

Producción de materia seca en 5 años con un promedio anual de 2,930 kg/ha referido a materia seca al año, con una altura promedio de 85.8 cm. (Maldonado y aguilera, 1980).

Año	Cantidad de individuos	Crecimiento anual cm	Cobertura total %	Producción de materia verde kg	Producción de materia seca kg	Porcentaje de humedad %
1970	29	85.8	26.26	3,430	2,930	14.6
inicio		al inicio	al inicio	al inicio	al inicio	19al inicio
1971	29	12.8	32.22	3,417	2,747	19.7
1972	29	13.8	24.81	2,457	1,976	19.6
1972	29	14.1	17.39	1,496	1,209	19.2
1974	29	13.3	16.38	1,409	1,139	19.2
1976	28	1.7	11.63	1,316	0,911	30.8
Promedio	28.8	11.06	20.48	2,019	1,595	21.7

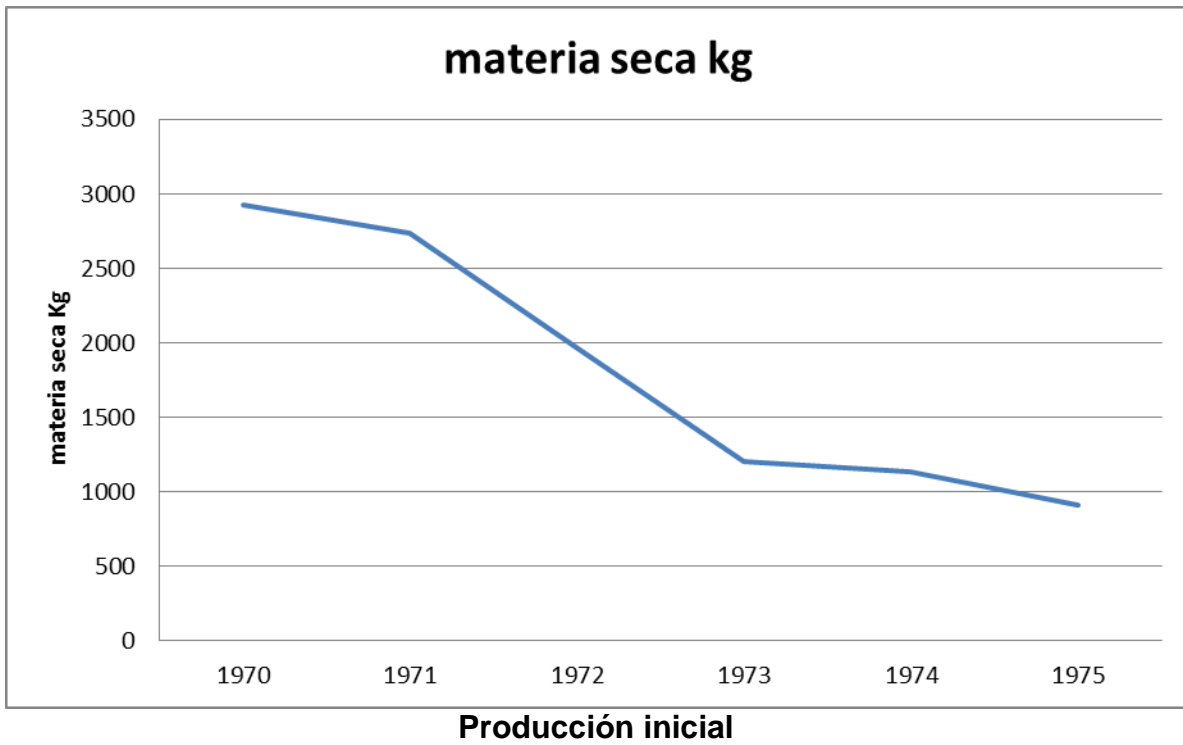


Figura 10. Corte del 50%, 2,930 por porcentaje para un periodo inicial de 5 años. (Maldonado y Aguilera, 1980)

Cuando iniciaron este tratamiento existía un total de 19 plantas de gobernadora, con una altura promedio de 87.1 cm, con una cobertura del 19.47% y una producción verde de 3,425 kg. La producción de materia seca fue de 2,275 kg por parcela, conteniendo el 33.6% de humedad. Después de soportar duramente el periodo de cinco años el corte del 25%, no existió mortalidad, regenerándose en forma eficiente la totalidad de las plantas, el crecimiento anual promedio por planta fue de 12.90 cm, la producción de materia seca osciló entre 0,452 kg hasta 3,615 kg, el promedio durante el periodo de estudio fue de 1.980 kg anuales por parcela, lo que equivale a una producción de 252.101 kg de materia seca por hectárea al año (Cuadro 9).

Se concluyó que el tratamiento 3, corte del 50%, donde la producción fue de 203.081 kg/ha, y la cobertura se redujo en un 5.78%; considerándose así uno de los más óptimos tomando en cuenta la población total de arbustos que fueron 29 y un contenido de humedad de 14.6%, con una cobertura de 26.6% donde se puede observar un porcentaje de mortalidad y un promedio menor (203.081 kg/ha).

En cambio el Tratamiento IV, corte del 25% con una población promedio de 19 plantas, con una cobertura menor al Tratamiento III, con un contenido de humedad mayor (33.6%), tuvo una mayor producción de materia seca de 252.101 kg/ha con menor población de planta y cero por ciento de mortalidad resultando así ser uno de los mejores.

Estos dos métodos son los más recomendables, ya que aparte de su buena producción, la mano de obra requerida es menor y además que se puede utilizar algunos implementos agrícolas a la altura indicada, como las chapoleadoras, por otra parte los tratamientos I y III, corte del 100% y 75% respectivamente, pueden ser empleados cuando se pretende llegar en forma paulatina e inducir algún pastizal o bien mejorar los agostaderos, debido a que al realizar los cortes se provoca disturbio, lo que favorece el desarrollo de especies más deseables,

además, se aprovecha la producción de materia seca de la gobernadora, ya que con estos métodos se ha reducido en un lapso de 5 años en forma considerable la cobertura de la especie. El tratamiento VI de desenraice, nos indica que es un método efectivo cuando se trata de eliminar especies, ya que se demostró que es muy efectivo, en el periodo de estudio la mortandad llegó a 100%, lo cual indica que para eliminar una especie es necesario que destruyan las raíces.

Resultados del tratamiento IV-25%.

Cuadro 10. Producción de materia seca en 5 años con un promedio anual de 2,275 kg/parcela referido a materia seca por año con una altura promedio de 97.1 cm (Maldonado y Aguilera, 1980)

Años	Cantidad de individuos	Crecimiento anual cm	Cobertura total %	Producción de materia verde kg	Producción de materia seca kg	Porcentaje de humedad %
1970 inicio	19	97.1 Al inicio	19.47 Al inicio	3,425 Al inicio	2,275 Al inicio	33.6 Al inicio
1971	19	13.9	40.93	4,465	3,615	19.0
1972	19	15.5	45.40	3,290	2,632	20.0
1973	19	17.0	50.02	2,114	1,648	22.0
1974	19	16.0	47.12	1,990	1,552	22.0
1975	19	2.10	21.61	0,675	0,452	33.0
Promedio	19	13.90	41.02	2,507	1,980	23.2

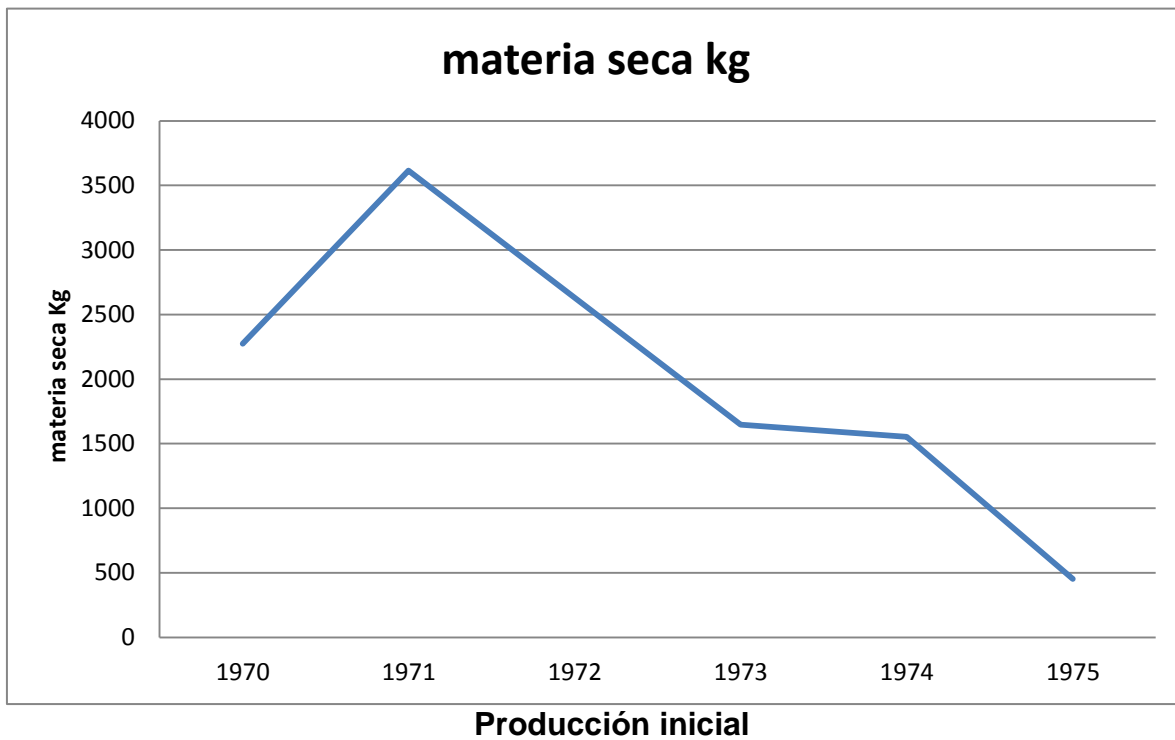


Figura 11. Tratamiento corte del 25%, 2,275 kg de materia seca inicial para un periodo inicial de 5 años

8. Métodos de control para *Larrea*

La gobernadora es considerada como una planta nociva por algunos autores. Allen (1968), describe los efectos indeseables de esta planta y menciona la acción de los extractos acuosos que inhiben la geminación de diferentes plantas, de los que se deduce que dicho extractos pueden contribuir a la degeneración de los pastizales infestados por gobernadora. Algunos agricultores se han visto en la necesidad de destruir este arbusto para abrir nuevas tierras al cultivo, pero desconocen el potencial que esta planta posee, ya sea para reforestar zonas que el hombre ha deteriorado, o bien para la industria, la medicina etc. Algunos investigadores han buscado métodos para eliminar la gobernadora por considerarla nociva e invasora. La gobernadora es una planta fuera de control debido a la perturbación del ambiente natural; esta planta se ha incrementado grandemente durante los últimos 100 a 200 años, principalmente sobre pastizales o zacatales, ya que las plantas de mayor aceptación por el ganado han sido pastoreadas por cabras y ovejas introducidas por la civilización del oeste. Otros factor que ha influido en la proliferación de esta especie son los periodos de sequia, además de los subsecuentes cambios en el arreglo del ecosistema. Actualmente la producción de forraje y ganado en las áreas afectadas ha sido grandemente reducida y dichas áreas están propensas ala erosión.

8.1 Control biológico

Insectos y plantas patógenas ofrecen la posibilidad relativamente barata y efectiva de reducir permanentemente la densidad de *Larrea* en los Estados Unidos y México; sin embargo, la decisión de intentar su control biológico debe tomarse considerando el potencial benéfico o nocivo de *Larrea* tanto en México como en los EUA.

Garner (1969), cita al chapulin (*Boottettix argentatus*) como una posibilidad de control biológico de la gobernadora, dado que en un área de 2 a 0.70 hectáreas, hubo una defoliación completa, observándose de 10 hasta 100 insectos por planta, este insecto se presentó cuando hubo humedad todo el año.

Debach (1974), afirma que de todas las plantas nativas, la gobernadora tiene un alto potencial de control biológico por que es perenne y se cultiva en hábitats estables.

8.2 Control químico

El control se puede llevar a cabo tanto en las hojas como en las raíces por medio de tratamientos con herbicidas.

Hoffman (1969), en un estudio que realizó, utilizó control químico con herbicidas en forma de perdigones, resultando efectivo en poblaciones de 300 plantas por hectáreas. Valentine (1970), usó 2, 4-D, 2, 4, 5, T y diesel en el control de la gobernadora, diluyendo estos herbicidas en 0.2% en agua y diesel, asperjando el follaje por medios mecánicos.

Jacoby *et al.* (1982), informan que perdigones de tebuthiurón aplicado desde avión a razón del 0.5 kg/ha. en los meses de febrero y marzo, redujeron la densidad de *Larrea tridentata* en un 86% y 99%.

8.3 Control mecánico

Algunos autores entre ellos (Hoffman 1969, citado por Tejada 1983), encontró que la gobernadora se puede controlar por medios mecánicos. El control mecánico es efectivo cuando hay poblaciones densas y resistencia del pastizal, utilizándose arados de subsuelos, cadenas y rieles, escardas y arado.

Arados de subsuelos (cuchillas horizontales)

Para controlar las poblaciones de gobernadora en sitios con suelo profundo y con agua de escurrimientos muy profundos, el arado debe llevar "aletas" para voltear las plantas y cadenas para sacarlas, con lo cual es posible obtener buenos resultados.

Cadenas y Rieles

No se obtiene buen control, pero reduce la cubierta aérea de gobernadora, lo que permite que se establezca especies deseables.

Escardas (Uso de azadones o talaches)

Se obtiene buenos resultados en áreas con un máximo de 300 plantas por hectáreas.

Arado

Las puntas del arado de la sembradora cortan las plantas y dejan áreas cubiertas por sembrarse, con otras especies más deseables.

9.4 Control físico

La gobernadora no está bien adaptada al fuego, debido a su limitada capacidad de germinación. Esta planta sobrevive a fuegos que son irregulares o son de baja severidad. Históricamente los incendios pocos frecuentes pueden o han limitado la invasión en los pastizales del desierto.

La mayoría de los incendios en el desierto son poco frecuentes y de gravedad baja, porque la producción de yerbas anuales y perennes, rara vez proporciona una carga de combustible capaz de sostener al fuego. Humphrey (1974), declaró que la comunidad de gobernadora es "esencialmente no inflamable" debido a que los arbustos son demasiados escasos para llevar el fuego. Sin embargo el follaje resinoso de la planta es muy inflamable.

Humphrey (1974), menciona que el fuego puede ser usado para controlar la gobernadora y promover el crecimiento de pastos en las praderas y matorrales desérticos. Se ha demostrado en quemas prescritas que la mortalidad en incendios de alta intensidad puede ser hasta de un 97 %. La quema prescrita debe llevarse a cabo en la primavera o principios del otoño.

III.CONCLUSIONES

La literatura relacionada a la gobernadora *Larrea tridentata* es escasa y esta se encuentra en forma aislada, por lo que este documento cobra mayor valor para los interesados en este recurso forestal.

También se puede concluir que *Larrea tridentata* como recurso forestal no maderable, tiene un uso potencial muy importante en el aspecto medicinal así como en la fabricación de productos de control de plagas y enfermedades agrícolas y también se proyecta como un recurso factible para ser utilizado en plantaciones forestales sobre todo para la recuperación de suelos forestales.

Es necesario un conocimiento más profundo en cuanto al manejo del recurso (control, cortes, arrancado, etc.) para lograr una cosecha óptima y sostenible a través del tiempo.

Por ello la gobernadora debe ser considerada como una alternativa de aprovechamiento sustentable, ya que influye de manera positiva en el aspecto económico y social.

IV. LITERATURA CITADA

- Axelrod, D.J. 1950. Evolutions of desert vegetation in Western. North America Inst. wash publ. 590: 215-306.
- Barragán, T. J. L. 1981. Bioensayo de la actividad fungicida de la resina de gobernadora *Larrea tridentata* Cov. sobre *Alternaria solani* (Ell. y G. Martín) L.R. Jones y Grout. Hojas desplegadas. Seminario. Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (No publicado).
- Balvantín, G.G.F. 2001. Extractos hidrosolubles de *Larrea tridentata* y su efecto inhibitorio en el crecimiento in vitro del hongo *Pythium* sp. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México. 59 p.
- Barbour, M.G. 1969. Age and space distribution of the desert shrub *Larrea divaricata*. Ecology 50:679-685.
- Belmares, H., Barrera, A., Ramos de V., L.F., Castillo, E. y Motomochi, V. 1979. Research and development of *L. tridentata* as a source of row material. pp. 247-276. En: E. Campos, T.J. Mabry, y T.S. Fernández (eds.). LARREA. Serie El Desierto CIQA. Saltillo, Coahuila, México.
- Benson L, Darrow RA. 1945. A manual of southwestern trees and shrubs. Biol. Sci. Bull. 6. [Tucson]: University of Arizona. 411 p.
- Brinker, F. 1993. *Larrea tridentata* (D.C.) Coville (Chaparral or Creosote Bush). British Journal of Phytotherapy 3:10-30.
- Britton, Carlton M. Wright, Henry A. 1983. Brush management with fire. In: McDaniel, Kirk C., ed. Proceedings--brush management symposium; 1983 February 16; Albuquerque, NM. Denver, CO. Society for Range Management: 61-68.
- Botkin, C.W., and P.C. Duisberg. 1949. The ordihydroguajaretic acid content of the creostebush. Bul. 349, New Mexico State College. 15 p.
- Brown, David, E. Minnich, Richard, A. 1986. Fire and changes in creosote bush scrub of the Western Sonoran Desert, California. The American Midland Naturalist. 116(2): 411-422.
- Burk, J., H. and W.A. Dick-Peddie. 1973. Comparative production of *Larrea divaricate* Cav. on three geomorphic surfaces in Southern New México. Ecology 54: 1094-102.
- Campos, L.E., T.J. Mabry, Tavizón, F.S. 1970. Larrea. CIQA. Saltillo, Coahuila, México.

- Clark, D. 1999. Treating herpes naturally with *Larrea tridentata*. Published by U.S. Botanicals. Tempe, Arizona. 42 p.
- CONAFOR. (2011). Sistema nacional de información forestal. <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/>
- CONABIO(2012). http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/70-zygop2m.pdf
- Cunningham, G.L., Syvertsen, J.P., Reynolds, J.F., Willson, J.M. 1979. Some effects of soil-moisture availability on above-ground production and reproductive allocation in *Larrea tridentata*(DC) Coy. *Oecologia* 40:113-123
- Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 87-108.
- Castellanos-Pérez, E., A. de Soyza y G. Dornat.2008. "Photosynthesis and water use efficiency of the association between *Larrea divaricata* (D.C) Cov and *Muhlenbergia porteri* Sribn". International Journal of Experimental Botany PHYTON, 77, pp. 297-320.
- Cortez-Rocha, M. O., Sanchez, M. R.; Garcia, S. G., Villaescusa, M. M. and Cinco, M. F. J. 1993.Plant powders as stored grain protectants against *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). *Southwestern Entomologist* 8(1):73-75.
- Coyle, J. and Roberts, N.C. 1975. A Field Guide to the Common and Interesting Plants of Baja California.Natural History Publisher Company. La Joya, California, USA. 43 p.
- Dalton, P. D. Jr. 1962. Ecology of the creosote bush *Larrea tridentata* (DC.)Cov. Tucson, AZ: University of Arizona. 170 p. In: Dissertation Abstracts International.
- Debach, P. 1974. Biological control by Natural Enemies Cambridge Univ. press.P. 323.
- De Anda, V.J. 2003. Biofumigación con solarización y extracto de resina de *Larrea tridentata*: Una alternativa tecnológica para el control de malezas y nematodos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var: *italica*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 93 p.
- De la Cerda, H.J. 1967."Las tierras Áridas Mexicanas". Imprenta venencia, S.A., México, pp 13-50.
- Downum, K.R., Dole, J. and Rodríguez, E. 1988. Nordihydroguaiaretic acid: inter- and intrapopulational variation in the Sonoran Desert creosote bush

- (*Larreatridentata*, Zygophyllaceae). Biochemical Systematics and Ecology 16:551-555.
- Duisberg, P.C. and J.L. Hay. 1971. Economic botany of arid regions (In: Mc. Ginnies, *et al.* Food, fiber and the arid lands). The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- Duisberg, P.D. 1952. "Desert Plant Utilization". Journal of Science Texas, 4:269.
- Fernández, S., Hurtado, M. L. and Hernández, F. 1979. Fungicidal Components of Creosote Bush Resin. Advances in Pesticide Science Part 2. Press Oxford, USA. p. 351-355
- García, E. 1981. Modificaciones de clasificación de Köppen. 3ª ed. Ed. Larrios. México. 71 p.
- Garner, E., C. Soto y F. Miranda., 1969, posibilidad de control biológico de la gobernadora, sumario de la conferencia sobre gobernadora (*Larrea tridentata*) Sul Ross States College Alpine Texas.
- Giorgetti, H., Z. Manuel, O. Montenegro, G. Rodríguez y C. Busso.(2000). "Phenology of some herbaceous and woody species in central, semiarid Argentina". Journal of Experimental Botany PHYTON, 69, pp. 91-108.
- Gisvold, O. 1947. A preliminary survey of the occurrence of nordihydroguaiaretic acid in *Larrea divaricata*. J AM Pharm Assoc. 37:194-196.
- Garza, L. J. G.; López, C. G. y González, R. V. 1996. Evaluación in vitro de la resina de gobernadora (*Larrea tridentata*) contra *Rhizoctonia solani*, patógeno de papa. Informe de Investigación del Campo Experimental. Saltillo, INIFAP-SAGAR.
- Gonzalez-Coloma, A., Wisdom, C.S., Sharifi, M.R. and Rundel, P.W. 1994. Water and nitrogen manipulations of the desert shrub *Larrea divaricata* subsp. *Tridentata* (Zygophyllaceae). Journal of Arid Environment 28:139-146.
- Gnabre, J.N., Brady, J.L. and Clanton D.J. 1995. Inhibition of human immunodeficiency virus type 1 transcription and replication by NDA sequence-selective plant lignan. Proceedings of the National Academy of Sciences of the U. S. A. 11239-11246.
- Guzmán, G. L. 2001. Efecto fungicida de extractos etanólico y clorofórmico de resina de *Larrea tridentata* de los desiertos Chihuahuense y Sonorense sobre *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Humphrey Robert, R. 1960. Forage production on Arizona ranges. V. Pima, Pinal and Santa Cruz Counties. Bulletin 502. Tucson, AZ: University of Arizona, Agricultural Experiment Station. 137 p.
- Huerta de la, P.A. 1986. Acción nematicida de la resina de gobernadora *Larrea tridentata* Coville en el guayule *Parthenium argentatum* Gray bajo cultivo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 53 p.
- Huss, D. L. 1959. Brush types of the nueces river waterside as related to soil, climatic and geologic factors. Tesis doctorado. Texas A & M. University. P 42.
- Jacoby, P.W. and Ueckert, D.H. 1982. Control of creosote bush (*Larrea tridentata*) with pelleted tebuthiuron. Texas Agric. Weed science U.S.A. p. 303.
- Janzen, D.H., Juster, H.B., and Bell, E.A. 1977. Toxicity of secondary compounds to the seed-eating larvae of the branched beetle *Callosobruchus maculatus*. Phytochemistry 16:223-227.
- Johnson, J.M. 1940. The floristic significance of shrubs common to North and South American Deserts. *Arboretum* 21: 356-63.
- Koo, B.H. 1967. Crude analysis of the main chemical Elements in creosote bush (*Larrea tridentata*) Cav. Thesis South West State College, Alpine Texas.
- Lira-Saldivar, R. H. 2003. Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora [*Larrea tridentata* (D.C) Coville]. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 214-222.
- Lira, S.R.H., G.F. Balvanti-García, F.D. Hernández-Castillo, R. Gamboa-Alvarado and D. Jasso de Rodríguez *et al.* 2003. Evaluation of resin content and the antifungal effect of *Larrea tridentata* (Sesse and Moc. ex D.C.) Coville extracts from two Mexican deserts against *Phytophthora* sp. *Pringsh. Rev. Mex. Fitopatol.*, 21: 97-101.
- Lira, S.R.H., M. Hernández-Suárez, C. Chávez-Betancourt, F.D. Hernández-Castillo and E. Cuellar-Villareal. 2007. Biopesticides and biological control. CIQA.
- Lía, V., Confalonieri, C., Comas, I., Hunziker, J. 2001. Molecular phylogeny of *Larrea* and its allies (Zygophyllaceae): reticulate evolution and the probable time of creosote bush arrival in North America. *Molecular and Phylogenetic Evolution* 21, 309–320.
- MALDONADO A., L. J. 1976. Método de corte en gobernadora (*Larrea tridentata*). INIF. Bol. Tec. N° 54. México, D. F. 32 p.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

- Martínez, M.1994. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas Fondo de Cultura Económica, México.
- Mabry, T.J., DiFeo, D.R.Jr., Sakakibara, M., Bohnstedt, C.F. and Siegler, D. 1977. Biology and chemistry of *Larrea*. pp. 115-134. In: T.J. Mabry, J.H. Hunziker, D.R.Jr. DiFeo (eds.). Creosote Bush Bush-Biology and Chemistry of *Larrea* in New World Deserts.US/IBP Synthesis Series 6.Dowden, Hutchinson and Ross Inc., Stroudsburg, PA, USA.
- Martínez-Vilalta, J. y W. Pockman.2002. "The vulnerability to freezing-induced xylem cavitation of *L. tridentata* (Zygophyllaceae) in the Chihuahuan desert", American Journal of Botany, 89(1), pp. 1916-1924.
- Mooney, H.A. 1972. The carbon balance of plants. Ann. Rev. Ecol. System. 3:315-46.
- Ortiz, T.C. 1972. Proceso de la planta de gobernadora con Cal (CaOH₂) para posible usos en alimentación de ganado. Tesis profesional. ITESM.
- Palacios, R. A., y J.H. Hunziker. 1972. Observaciones sobre la taxonomía del género *Larrea* (zygophyllaceae). Darwiniana 17:473-476.
- Pérez, P. P. 2003. Actividad antioxidante de extractos, fracciones, y compuestos aislados de la planta *Larrea tridentata*. Proyecto de investigación. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México
- Poggio, L. y Lia,V. 2010. Paleopoliploidia en *Larrea* (zygophyllaceae).XIV congreso latinoamericano de genética (ALAG), XXXIX congreso de la sociedad Argentina de genética (SAG).
- Raven, P.H. 1963. Amphitropical relationship in the floras of North and South American.Quant. Rev. Biol. 38: 151-77.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1988. Dos nuevas localidades de *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) en el Centro de México y su interés fitogeográfico. Acta Bot. Mex. 1: 7-9.
- Rzedowski, J., G. Calderón de Rzedowski, y R. Galván. 1996. Nota sobre la vegetación y la flora del noreste del estado de Guanajuato. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo complementario XIV. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán. 22 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México.
- Rzedowski, J. 1983. La vegetación de México. Limusa. México. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1992. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Revista Ciencias No. Especial 6: 47-56.

- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica* 35: 24-44.
- Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México, en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 129-145.
- Shreve, F. and I. L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonora desert. P: 165, 167.
- Seigler, D.S., Jakupcak, J., and Mabry, T.J. 1974. Wax esters from *Larrea divaricata*. *Phytochemistry* 13:983-986.
- Salazar, H. F. J.; García, E. R. y Tlapal, B. B. 1990. Efecto de la incorporación de residuos secos de las plantas gobernadora (*Larrea tridentata*) y epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) en suelos infectados con *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*, en la germinación y crecimiento de plantas de frijol. *Rev. Mex. de Fitopatología* 9 (2).
- Sánchez, O. M. R. 2001. Acción Antifúngica in vitro sobre *Alternaria solani* de cuatro extractos hidrosolubles de *Larrea tridentata* de los Desiertos Chihuahuense y Sonorense. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila. 55 p.
- Sakakibara, M., DiFeo, D.Jr., Nakatani, N., Timmerman, B. and Mabry, T.J. 1976. Flavonoid methyl ethers on the external leaf surface of *Larrea tridentata* and *L. divaricata*. *Phytochemistry* 15:727-731.
- Scott, G.A. 1957. "Los pastizales de Durango". Ediciones del Inst. de Rec. Nat. Renov. S.C. p 294.
- Tejada, S. M. 1983. La Gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.). Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 101 p.
- Pockman, W.T. and J.S. Sperry. 2000. Vulnerability to xylem cavitation and the distribution of Sonoran Desert vegetation. *American Journal of Botany* 87(9): 1,287-1,299.
- Velásquez, M. J. L. 1983. Evaluación del poder bactericida o bacteriostático de la fracción etanólica de la resina de gobernadora contra las bacterias fitopatógenas *Erwinia amylovora*, *E. atroseptica* y *Pseudomonas solanacearum*. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. P 58.
- Velásquez, V. R. 1981. Evaluación de la actividad fungicida de la resina de Gobernadora sobre *Eutypa armeniacae* Hans & Carter. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 51 p.

Whitford, W. G. 2002. Ecology of Desert Systems. Academic Press, San Diego, CA. 343 p.

White, L. D. 1968. Factors affecting susceptibility of creosote bush (*Larrea tridentata* (D.C.) Cov.) to burning. Tucson, Az: University of Arizona. 96 p. Ph.D. dissertation.