

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA**

**SUPERVIVENCIA Y HERBIVORÍA DE CUATRO ESPECIES DE  
PLANTAS FORRAJERAS NATIVAS A CINCO AÑOS DE  
SEMBRADAS EN UN RANCHO GANADERO DE CABORCA  
SONORA MÉXICO**

**TESIS**

**JESÚS EMMANUEL HOYOS GARCÍA**

**SEPTIEMBRE 2015**

# Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos  
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA**

**SUPERVIVENCIA Y HERBIVORÍA DE CUATRO ESPECIES DE  
PLANTAS FORRAJERAS NATIVAS A CINCO AÑOS DE  
SEMBRADAS EN UN RANCHO GANADERO DE CABORCA  
SONORA MÉXICO**

**TESIS**

**JESÚS EMMANUEL HOYOS GARCÍA**

**SEPTIEMBRE 2015**

**SUPERVIVENCIA Y HERBIVORÍA DE CUATRO ESPECIES DE PLANTAS  
FORRAJERAS NATIVAS A CINCO AÑOS DE SEMBRADAS EN UN RANCHO  
GANADERO DE CABORCA SONORA MÉXICO.**

**TESIS**

Sometida a la consideración del

Departamento de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

Por

Jesús Emmanuel Hoyos García

Como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo

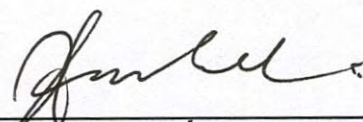
Septiembre de 2015

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del consejo particular y aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**CONSEJO PARTICULAR:**

**Director:**



**DR. HERNÁN CELAYA MICHEL**

**Asesor:**



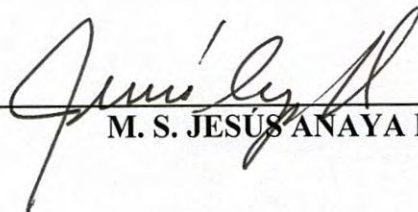
**DR. MIGUEL ÁNGEL BARRERA SILVA**

**Asesor:**



**DRA. MARÍA GUADALUPE LÓPEZ ROBLES**

**Suplente:**



**M. S. JESÚS ANAYA ISLAS**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por darme la oportunidad de crecer en mi vocación y por darme las fuerzas para terminar mis estudios.

### **A MIS PADRES Y HERMANOS**

Jesús Hoyos Salazar e Irma García Cárdenas, Irma Isabel y Julián. Que me dieron su amor, apoyo y paciencia. Gracias por compartir mis horas grises y mis momentos felices. Gracias por ayudarme a salir adelante en la adversidad, no los defraudaré y verán que todos sus sacrificios serán recompensados.

### **A MI DIRECTOR**

Hernán Celaya Michel, por su gran apoyo en el acompañamiento de mi trabajo de tesis y por sus consejos, amistad y por brindarme la oportunidad de adquirir un conocimiento nuevo.

### **A MIS AMIGOS**

Amado Gámez Andrade, Amellali, Miguel Guerra, Manuel Calderón, Chalo, Enrique, Luz, Javier Quiroz Siqueiros gracias por ser mi apoyo y compañía dentro de mis estudios. Y sobre todo por compartir la amistad.

### **A MIS MAESTROS**

Miguel Ángel Barrera Silva y Jesús Anaya Islas, por su disposición y consejos, en el transcurso de toda mi carrera, así como sus recomendaciones.

### **A MI MAESTRO**

Alfredo Serrano Esquer, por su valiosa asesoría y disposición para organizar y formular los datos estadísticos en mi trabajo de investigación.

### **A MI TUTOR**

Sergio Moreno (Tutor) y Patricio Valenzuela, por sus consejos y la guía durante mi carrera y por compartir la amistad en los momentos alegres.

### **A MI DEPARTAMENTO**

Departamento de Agricultura y Ganadería por haberme propiciado el espacio para conocer las cualidades que se necesitan en el trabajo agronómico, dentro del área profesional.

## CONTENIDO

	pag.
<b>CONSEJO PARTICULAR</b>	<i>ii</i>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<i>iii</i>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<i>v</i>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<i>vi</i>
<b>RESUMEN</b>	<i>vii</i>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>LITERATURA REVISADA</b>	2
2.1.El Desierto Sonorense	2
2.1.1.Precipitación en el Desierto Sonorense	3
2.1.2.Plantas forrajeras nativas del Desierto Sonorense	4
2.1.3.Ventajas de contar con árboles y arbustos en ranchos ganaderos de Sonora	5
2.1.4.Descripción de la Sámota	7
2.1.5.Descripción del Mezquite	8
2.1.6.Descripción del Palo verde	10
2.1.7.Descripción de la Jojoba	11
2.2.Supervivencia de plantas en zonas áridas	13
2.2.1.Herbivoría plantas en zonas áridas	14
2.2.2.Velocidad de crecimiento de plantas en zonas áridas	16
2.3.Restauración ecológica de terrenos degradados	17
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	19
3.1.Área de estudio	19
3.2.VARIABLES evaluadas	19
3.3. Análisis Estadístico	21
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	22
4.1. Supervivencia de plantas	22
4.2. Altura de las plantas	23
4.3. Precipitación	27
<b>CONCLUSIONES</b>	30
<b>LITERATURA CITADA</b>	31

## ÍNDICE DE CUADROS

	pag.
<b>Cuadro 1.</b> Porcentaje de proteína cruda de árboles, arbustos y zacates comunes en los ranchos ganaderos de Sonora.	6
<b>Cuadro 2.</b> Especies de plantas sembradas bajo los diferentes tratamientos.	19
<b>Cuadro 3.</b> Porcentaje de supervivencia de cuatro especies forrajeras con y sin protección contra la herbivoría para dos fechas de muestreo.	22
<b>Cuadro 4.</b> Altura de las cuatro especies forrajeras sembradas, analizadas en conjunto, al inicio y en tres fechas de muestreo.	24
<b>Cuadro 5.</b> Altura de las cuatro especies forrajeras sembradas, analizadas por separado, al inicio y en tres fechas de muestreo.	25



## ÍNDICE DE FIGURAS

	pag.
<b>Figura 1.</b> Subdivisiones del Desierto Sonorense.	2
<b>Figura 2.</b> Plantas forrajeras al momento de la siembra.	20
<b>Figura 3.</b> Protección contra la herbivoría de plantas forrajeras.	20
<b>Figura 4.</b> Altura en centímetros de las plantas sembradas sin protección, en cuatro fechas de muestreo.	26
<b>Figura 5.</b> Altura en centímetros de las plantas sembradas con protección, en cuatro fechas de muestreo.	26
<b>Figura 6.</b> Milímetros de precipitación anual presentada en el municipio de Caborca, Sonora del 2009 al 2014.	28
<b>Figura 7.</b> Milímetros de precipitación presentada en el municipio de Caborca Sonora del 2009 al 2014.	29

## RESUMEN

Las reforestaciones de árboles y arbustos representan una buena opción para la recuperación de los agostaderos degradados, destinados al pastoreo del ganado bovino en los ranchos de zonas áridas y semiáridas de Sonora. Dentro de los beneficios que ofrecen las reforestaciones son: la retención de suelo y de materia orgánica de la erosión; además contribuyen con el aumento de la cubierta vegetal de calidad, ya que los árboles y arbustos aportan forraje con niveles altos de nutrientes para el ganado doméstico, especialmente en las épocas de sequía. Sin embargo, la siembra de plantas nativas no ha tenido mucho éxito y es posible que esto sea debido a la herbivoría, por ello el objetivo de este trabajo fue analizar la supervivencia y desarrollo de plantas forrajeras nativas, sembradas en zonas áridas del estado, con y sin protección contra la herbivoría. El presente trabajo se realizó en un rancho ganadero del municipio de Caborca, una región árida al noroeste de Sonora, México. Se trabajó en un área excluida del pastoreo de ganado doméstico, con una superficie de agostadero plano. Se seleccionaron cuatro especies de plantas nativas de la región, Mezquite (*Prosopis velutina*), Palo verde (*Cercidium microphyllum*), Sámota (*Coursetia glandulosa*), y Jojoba (*Simmondsia chinensis*), las cuales fueron propagadas previamente en vivero. Posteriormente, en noviembre de 2009, se sembraron plantas de cada especie en 2 grupos, uno con protección contra la herbivoría y otro sin protección. Durante los siguientes 5 años, se recopilaron datos en 3 puntos de tiempo después de la siembra (1 mes, 1 año, 5 años). Las variables evaluadas fueron la supervivencia de las plantas y la altura en centímetros. La supervivencia se analizó con un análisis de contingencia con la prueba de ji cuadrada ( $\chi^2$ ). El análisis estadístico para la altura de las plantas fue un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey. En cuanto a los resultados de supervivencia, se obtuvo una disminución en todas las especies sin protección al año de sembradas ( $\chi^2 = 26.67$ ,  $p < 0.0001$ ), lo cual se siguió afectando durante los 5 años de la siembra ( $\chi^2 = 17.14$ , valor  $p < 0.0001$ ). En cuanto a la altura, durante el primer mes las plantas sin protección mostraron una reducción en promedio de 36.80 cm, en comparación con las plantas protegidas ( $p < 0.0001$ ), esto podría ser atribuido a la acción de la herbivoría, y al ser recurrente, causar la mortalidad de todas las plantas al año y durante los 5 años. En cambio las plantas protegidas no muestran daño por herbívoros al año, siendo el palo verde protegido el que alcanzó mayor altura a los cinco años. Por lo anterior, se concluye que es necesario proporcionar protección a plantas forrajeras utilizadas para reforestaciones en zonas áridas, pues esto incrementa la probabilidad de éxito en su establecimiento.

**Palabras claves:** *Supervivencia, Herbivoría, Reforestación, Protección, Forrajeras.*

## INTRODUCCIÓN

La mayor parte de Sonora ha tenido un uso ganadero por siglos, se desconoce el impacto a detalle de este uso del suelo en la vegetación del estado, sin embargo hay indicios de degradación de los ranchos, como la pérdida de cobertura vegetal, la disminución en la densidad de plantas forrajeras para el ganado bovino y la erosión del terreno. En esta degradación pueden estar involucrados aspectos climáticos como las sequías interactuando con aspectos antropogénicos como el sobrepastoreo. Es muy importante llevar a cabo acciones para mejorar los ranchos ganaderos, una de ellas podría ser el realizar trasplantes de especies de plantas forrajeras, con el fin de incrementar la densidad y cobertura de las plantas que pudieron haber sido las más perjudicadas por la sobreutilización ganadera.

En el Desierto Sonorense se encuentran especies de árboles y arbustos con gran potencial forrajero y que podrían ser elegibles para el establecimiento en zonas áridas. Plantas nativas como el mezquite (*Prosopis velutina* [Woot.]), sámara (*Coursetia grandulosa* [A. Gray.]), palo verde (*Cercidium microphyllum* [Torr.] Rose y Johnst) y jojoba (*Simmondsia chinensis* [Link] Schneid.), aportan nutrientes al ganado y fauna en sus hojas, flores, frutos y tallos. Las hojas de estas especies son ricas en proteína, con alta palatabilidad, y muy digeribles para los rumiantes (Velázquez-Caudillo, 1997).

La supervivencia de los nuevos reclutamientos de plantas con valor forrajero está limitada principalmente por la disponibilidad de agua, así como otros nutrientes. Asimismo, la acción de la herbivoría en zonas áridas podría estar afectando negativamente el crecimiento de dichos reclutamientos. Es por eso que el objetivo de este trabajo fue analizar la supervivencia y desarrollo de plantas forrajeras nativas, sembradas en zonas áridas del estado, con y sin protección contra la herbivoría. Se pretende que las alternativas propuestas en este trabajo puedan ser implementadas en planes de reforestación de estado de Sonora y a largo plazo beneficiar a las actividades ganaderas incrementando su productividad, calidad de forrajes y conservación de suelo fértil de los agostaderos.

## LITERATURA REVISADA

### 2.1. El Desierto Sonorense

El Desierto Sonorense se extiende aproximadamente 310,000 km<sup>2</sup> sobre la mayor parte del estado de Sonora y de la península de Baja California (Figura 1), junto con las islas del Mar de Cortés, en México, así como en la mitad sur de Arizona y el extremo sureste de California, en Estados Unidos (Shreve, 1951). A su vez, el Desierto Sonorense, cuenta con 7 subdivisiones, las cuales fueron reconocidas por Forrest Shreve en 1951 (Figura 1): 1. Valle del Bajo Colorado, 2. Tierras Altas de Arizona, 3. Llanos de Sonora, 4. Pies de Monte de Sonora, 5. Costas Centrales del Golfo, 6. Región de Vizcaíno y 7. Región de Magdalena. Su altitud no sobrepasa los 600 msnm, donde dominan interminables llanuras con lomeríos (Velasco, 1991).

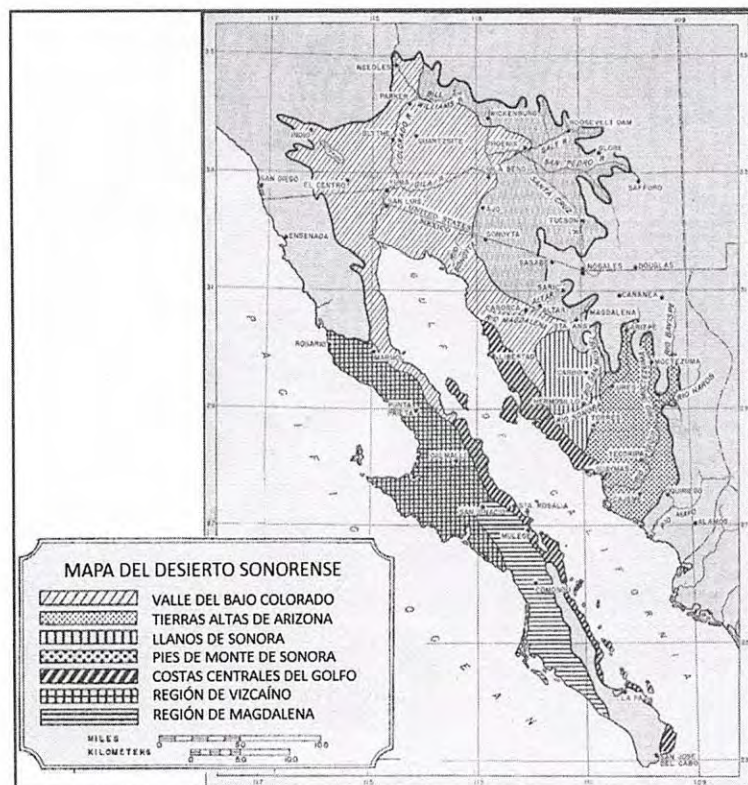


Figura 1. Subdivisiones del Desierto Sonorense (Shreve, F. 1951).

El Desierto Sonorense cuenta con gran diversidad de plantas, se estima que hay 3300 especies vegetales, de las cuales aproximadamente la mitad son endémicas (Hernández, 2006). La vegetación es estructuralmente diversa, incluye cactáceas columnares y leguminosas arbóreas, diferentes de los arbustos que dominan los otros desiertos de Norteamérica, plantas trepadoras, zacates de verano y herbáceas de invierno, por su conexión geográfica y biológica con comunidades tropicales (Van Devender, 2000). En el Desierto Sonorense se ha realizado una variedad amplia de actividades, como la ganadería bovina con pastoreo y ramoneo, extracción de leña, minería, aprovechamiento cinegético, etc. (Camou, 1990; Castellanos *et al.*, 2010).

La aridez es el principal factor que determina el desarrollo de los desiertos. Las regiones desérticas presentan las siguientes características (Hernández, 2006):

- La insuficiencia en la precipitación es el factor controlador dominante de los procesos biológicos.
- La precipitación es muy variable a través del año y se da de manera discreta e infrecuente.
- La variación de la precipitación es impredecible.

### **2.1.1. Precipitación en el Desierto Sonorense**

Las regiones desérticas como lo es el Desierto Sonorense, registran una baja precipitación pluvial anual las cuales son referidas usualmente como áridas, si su precipitación media anual es inferior a 250 mm, y por otra parte como semiáridas si la lluvia varía entre 250 y 450 mm (Nobel, 1998). La cantidad de lluvia que recibe un área desértica varía considerablemente año tras año, entre mayor es la aridez, es más variable e impredecible la precipitación. Las lluvias suelen ser de corta duración y afectar áreas limitadas. La mayor parte del año puede no haber precipitación, sin embargo se presentan tormentas esporádicas que al asociarse con lo poco denso de la cobertura vegetal puede haber desbordamientos de arroyos, deslizamientos de terreno y erosión; una cantidad importante de precipitación no se infiltra y posteriormente se evapora con rapidez (Whitford, 2002). La precipitación promedio anual del estado de Sonora varía de 76 mm en las zonas más secas

hasta 400 mm en las zonas más húmedas. Presenta un padrón biestacional de precipitación y a diferencia de los demás desiertos de Norteamérica, los inviernos del desierto Sonorense son prácticamente libres de heladas (Whitford, 2002).

Los pulsos de precipitación son esenciales para la regeneración de los terrenos áridos y han sido relacionadas con anomalías oceanográficas, como es el caso del fenómeno el niño, se reporta incremento en las precipitaciones en el noroeste de México, cuando se presenta este fenómeno. El niño produce un marcado incremento en precipitaciones de invierno arriba de los 22 grados de latitud (Caso *et al.*, 2007).

En Sonora el clima es más seco cerca de la costa del Golfo de California y se vuelve más húmedo en elevaciones mayores, hacia los límites con el estado de Chihuahua. En las lluvias de verano, la cantidad y porcentaje de lluvia aumenta de norte a sur y de oeste a este. En general, las heladas del invierno tienen temperaturas más bajas, duran más tiempo y son más frecuentes en el norte y en elevaciones más altas. El límite norte de plantas y animales tropicales reflejan la presencia de heladas. Los incendios no son muy comunes en los tipos de vegetación natural de Sonora (Van Devender, 2005).

### **2.1.2. Plantas forrajeras nativas del Desierto Sonorense**

Las condiciones para el desarrollo de la vida en el Desierto Sonorense están limitadas a la disponibilidad de agua (Noy-Meir, 1973). Sin embargo, en el Desierto Sonorense existe una diversidad amplia de plantas forrajeras, desde zacates y hierbas que en épocas de lluvias producen gran cantidad de biomasa de forraje; árboles y arbustos con una productividad escalonada; hasta cactáceas de las cuales se consume sus frutos o incluso parte de sus tejidos (Whitford, 2002). Esta diversidad amplia se debe a que las plantas pueden evadir las condiciones de sequía con la dormancia. Por ejemplo, los zacates pueden tolerar la sequía, así como las cactáceas que acumulan agua en sus tejidos o pueden resistir mediante mecanismos de obtención de agua, por ejemplo con raíces muy profundas (Whitford, 2002). Algunos árboles de zonas áridas, a pesar de las condiciones desfavorables, aumentan su capacidad de aprovechamiento del recurso agua, llegando

hasta los acuíferos profundos donde se encuentran los mantos hídricos subterráneos, lo que favorece sus posibilidades de supervivencia (Morales, *et al.* 1986; Royo, 1988; Robles, 2001). Asimismo, existe limitación de nutrientes como el nitrógeno del suelo, por ello, algunas leguminosas incorporan nitrógeno mediante simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno (Whitford, 2002).

Los árboles y arbustos de la familia de Leguminosae (ahora Fabaceae), se encuentran presentes en gran cantidad de tipos de vegetación, y con buen contenido nutricional para la alimentación del ganado bovino, muchas de ellas con niveles de hasta 34% de proteína. La solubilidad, degradabilidad y la digestibilidad son muy favorables para los animales rumiantes que las consuman y son muy atractivas para el ganado, además son buenas fuentes de alimento suplementario en zonas áridas (Chongo y Galindo, 1995; Simón, 1996).

Las leguminosas son plantas que se consideran que suministran mayor cantidad de forraje, tanto para el ganado doméstico como para la fauna silvestre. En zonas semiáridas estas plantas, constituyen una fuente importante de proteína y energía para rumiantes en pastoreo, parte importante de estas cualidades son dadas por la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno (Mendoza, 1996; Flebes *et al.*, 1995).

En las zonas semiáridas y principalmente en las regiones dedicadas al pastoreo, los árboles forrajeros, las semillas y las vainas presentan, en gran medida, un fuerte potencial de alimentos proteicos que pueden ser usados como suplemento para proveer nitrógeno soluble y minerales; al ser consumidos crean un ambiente en el rumen que favorece una mejor fermentación y digestión de los forrajes de baja calidad, además en las zonas secas representan la mayor fuente de vitamina A (Leng *et al.*, 1995).

### **2.1.3. Ventajas de contar con árboles y arbustos en ranchos ganaderos de Sonora**

Las regiones áridas y semiáridas de Sonora cuenta con una gran biodiversidad de plantas, destacando las especies arbóreas y arbustivas (Turner *et al.*, 1995), posiblemente

debido a la presencia de un régimen de lluvias biestacional (verano e invierno), que les permite sobrevivir y tener nuevos reclutamientos de individuos (Castellanos, 1992; Rzedowski, 1978). La cobertura vegetal de árboles y arbustos en el Desierto Sonorense confiere a sus ecosistemas diversidad biológica y resiliencia a los disturbios naturales (Hernández, 2006). En los ranchos ganaderos de Sonora los árboles y arbustos nativos, tienen una producción de forraje muy favorable para el ganado y la fauna, debido a su calidad, cantidad y a la oferta escalonada a lo largo del año (Brenner, 2011).

En el Cuadro 1 se resumen datos de la literatura sobre el contenido nutricional de árboles, arbustos y zacates, estimado con la proteína cruda. En la primavera, la época típica de sequía en los ranchos de Sonora, algunos árboles forrajeros cuentan con valores de proteína cruda en sus hojas superiores al 13%, mientras que los zacates presentan menos del 7%. En el verano, con las lluvias, los zacates alcanzan su máximo de contenido de nutrientes, sin superar a especies arbóreas como el mezquite. En otoño e invierno hay una tendencia a disminuir los nutrientes, siendo más marcado para los zacates nativos, sin embargo continúan siendo mayores los valores de proteína de algunos árboles forrajeros. Los ecosistemas dominados por pastos, presentan el inconveniente de que una vez que maduran estos forrajes se incrementa su nivel de lignina reduciendo su valor nutricional para el ganado y fauna (Jaramillo, 1994). La producción de forraje, en cantidad y calidad, durante el lapso más crítico como la sequía en los agostaderos, representa un beneficio muy importante en la alimentación del ganado (Norton, 1993).

**Cuadro 1.** Porcentaje de proteína cruda de árboles, arbustos y zacates comunes en los ranchos ganaderos de Sonora.

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Promedio	Fuente:
Palo verde	13.28	13.25	15.90	13.97	14.10	Velásquez, 1990
Mezquite	28.39	19.89	17.72	14.76	20.19	Velásquez, 1990
Sámota	nd	nd	nd	nd	20.00	Sánchez, 2004
Jojoba	nd	nd	nd	nd	10.00	Bakhashwain et al., 2010
Zacates nativos	6.29	9.43	5.22	4.70	6.41	Velásquez, 1990
Zacate buffel	6.90	13.32	10.12	12.55	10.72	Velásquez, 1990

<sup>1</sup> nd: no disponible



Los árboles y arbustos pueden resistir temporadas en donde las lluvias anuales y estacionales escasean, debido a sus raíces más profundas (Norton, 1993), lo que les permite tener hojas verdes por más tiempo y ofertar forraje de calidad al ganado y fauna. Además de las hojas como forraje de calidad, la producción de flor y vainas son de gran valor nutricional para el ganado. El periodo de floración del matorrales del Desierto Sonorense y el inicio del verdor de su follaje, coincide con los periodos de sequía del rancho, en los meses de abril a junio (Velásquez, 1990). En esta época se inicia la suplementación proteica y energética en los ranchos por la falta de comida para el ganado. La flor del palo verde cuenta con 18% de proteína y 17% la flor del mezquite (Velásquez, 1990). Arbustos como la jojoba producen una semilla concentrada en nutrientes con 29% de proteína y 49% de lípidos (Gayol, *et al.*, 2004).

Los ganaderos de la región saben que el mantenimiento de la condición corporal buena del ganado en las estaciones secas, se debe mayormente al ramoneo de los árboles, arbustos (de buena calidad) y combinado con el pastoreo de los zacates secos, de mala calidad por sus bajos niveles de proteína y alta lignina (Velásquez, 1990). En el ganado se percibe una mayor preferencia por el forraje verde de los árboles y arbustos, esto se debe a que en las temporadas de sequía los pastos están secos y con pocos nutrientes, en cambio las especies arbóreas y arbustivas desarrollan rebrotes en sus tallos. Esta calidad nutricional de árboles y arbustos forrajeros ocasiona que sean tan apetecibles para el ganado y la fauna, incluyendo fauna menor (Whitford, 2002), y es parte del problema que puede limitar el reclutamiento natural y en reforestaciones de plantas forrajeras. De ahí la importancia para el ganadero tenga conocimiento y herramientas para incrementar en éxito en las reforestaciones con árboles y arbustos forrajeros (Sánchez, 1996).

#### **2.1.4. Descripción de la Sámota**

La sámota es una especie de matorral en el Desierto Sonorense, con presencia en el matorral arbosufrutescente, el matorral arborescente y en el matorral mediano parvifolio (COTECOCA, 1974). La sámota, pertenece a la familia de las leguminosas, con el nombre científico de *Coursetia grandulosa* (A. Gray). En el Estado de Sonora es reconocida como

la mejor especie dentro de las arbustivas, cuya utilización es valorada para el consumo de los animales domésticos y silvestres. Su distribución se extiende por el Noroeste de México y Suroeste de los Estados Unidos, a nivel nacional se localiza principalmente en los Estados de Sonora, Chihuahua y Baja California Sur, también se encuentra establecida en los Estados Unidos en los Estados de Arizona y California (Jaramillo, 1994).

La sámtota son arbustos o pequeños árboles sin espinas, que presentan flores en racimos y con vaina de forma lineal, constrictas entre las semillas (Turner *et al*, 1995). Se presentan como arbustos abiertos, variando de uno a cinco metros de alto, con muchas ramas algunas veces juveniles (Shreve y Wiggins, 1964). Es una de las plantas más valiosas, por la gran aceptación en el ganado doméstico, del desierto de Sonora y se le conoce como “la alfalfa del desierto”, las plantas se establecen en las zonas húmedas de los arroyos y en las faldas de los cerros. Las plantas son resistentes a las bajas temperaturas y necesitan las lluvias de verano. Las flores aparecen junto con las nuevas hojas a inicios de febrero, siendo en marzo y abril su pico de floración (Turner *et al*, 1995).

Una de sus ventajas ha sido el alto valor nutricional, que es aprovechado para el ganado doméstico, aportando un valor de 30% de proteína cruda en sus etapas de desarrollo y al no contar con espinas, el ganado puede consumirla con facilidad (Jaramillo, 1994). Su presencia en los agostaderos es valiosa porque es un forraje que proporciona alimento de calidad, junto con otras gramíneas y hierbas, sobre todo en las épocas del año donde la sequía reduce la cantidad de vegetación. Por lo anterior sería ideal contar con mayor cobertura de sámtota en los ranchos, sin embargo el uso inadecuado de los hatos ganaderos, el sobrepastoreo, los desmontes mal planeados, reducen su densidad y cobertura (Alanís, 1990).

#### **2.1.5. Descripción del Mezquite**

El mezquite es un árbol o arbusto espinoso, de establecimiento perenne, que se encuentra distribuido ampliamente por la parte central del Estado de Sonora, cuyo desarrollo dependen de las condiciones del suelo (Martínez, 1979). Su distribución a nivel

mundial es en Norteamérica comprendiendo Noroeste de México y Sur de Estados Unidos y Sudamericano principalmente Argentina, Paraguay y Chile (Habit, 1988).

Esta especie se le clasifica taxonómicamente con el nombre *Prosopis velutina*, Swartz, pertenece a la familia Fabaceae. Se dice que esta especie tiene muchas variaciones morfológicas originadas por las variadas condiciones ambientales en que se desarrolla, lo que da lugar a cruzamientos naturales, dificultando su determinación taxonómica (CONAZA, 1994). Los tipos de vegetación asociadas al mezquite, son los matorrales. El mezquite es una de las plantas más valiosas de leguminosas arbustivas forrajeras en el Estado de Sonora, por su contenido nutricional y valor ecológico, por su importancia en la dieta del ganado doméstico en las épocas de sequía (Velásquez, 1990). Dadas las condiciones extremas de humedad, temperatura y nutrientes del suelo en los desiertos, el mezquite puede facilitar el establecimiento de otras especies bajo su dosel (Whitford, 2002).

Se describe mayormente como árboles que pueden llegar a medir hasta 10 metros de altura (Martínez, 1979). Se caracteriza por poseer raíces profundas alcanzando más de 50 metros, lo que se le facilita el aprovechamiento de los mantos acuíferos profundos. Sus raíces profundas le permite a esta planta establecer hojas nuevas y verdes alrededor del mes de abril, cuando las condiciones más comunes son de sequía y posteriormente iniciar su floración para mayo y producción de vainas para junio (Whitford, 2002). Sus troncos son gruesos y leñosos en estado adultos, sus ramas delgadas son muy espinosas y poseen hojas compuestas, con frutos en forma de vainas con un sabor dulce palatable al ganado, durante los meses de agosto hasta octubre (Habit, 1988). Debido a sus cualidades como leñosas y de mejor calidad se hace un uso desmedido de su explotación como madera y carbón, eso ha conducido a una deforestación de los agostaderos y degradación de la cubierta vegetal (Galindo y García, 1986).

Es una planta menos xerófila dentro del género *Prosopis*, puesto que prospera en las áreas de 350 a 1,500 mm de precipitación anual y con una temperatura media anual de 20 a 29°C, por lo que tiene amplia distribución (CONAZA, 1994). La valiosa contribución

del mezquite como forrajera se le atribuye principalmente al nivel nutrimental de la semilla, vaina e inclusive las ramas tiernas que son gustosas para el ganado. Por lo que su uso en la alimentación racional para el ganado, baja costos en las zonas áridas y semiáridas del país (Galindo y García, 1986). Se menciona que los meses en que el ganado muestra mayor apetencia por el mezquite son en abril a junio (Velásquez, 1990).

#### **2.1.6. Descripción del Palo verde**

Esta especie es originaria de las zonas áridas, a nivel nacional se localiza al Noroeste de México, y en los Estados Unidos se establece al Suroeste de Arizona y California, cubriendo así desde el Desierto de Sonora hasta Baja California. Los tipos de vegetación al cual se le asocia son tanto en matorral xerófilo como en bosque espinoso (Turner *et al.*, 2005). En su taxonomía fue clasificado con el nombre científico de *Cercidium microphyllum* (Torr.) Rose y Johnst. El cual es un miembro de la familia Fabaceae (Turner *et al.*, 2005). La planta de palo verde es una especie rústica y resistente a las zonas áridas y semiáridas, además presenta cualidades valiosas como alimento para el ganado bovino y la fauna silvestre. Por lo anterior el palo verde se ha utilizado para la restauración de zonas áridas degradadas por la desertificación, con buenos resultados de supervivencia y su establecimiento sin problemas, superando a otras especies de matorral con propiedades arbóreas. Además poseen una cobertura foliar que puede reducir las altas temperaturas, dentro del diámetro que cubre la superficie de suelo, lo que provee las condiciones favorables para que se puedan desarrollar pastos de baja altura dentro de su sombra, por lo que se le puede atribuir su comportamiento de planta nodriza (Whitford, 2002).

El palo verde es considerado un arbusto o un árbol pequeño, logrando alcanzar una altura de hasta 8 metros, en condiciones óptimas su tronco llega a tener diámetros de 30 cm. Es una de las plantas con mayor capacidad para soportar las condiciones áridas de los desiertos, los mecanismos para sobrevivir están ligados a sus propiedades fotosintéticas, raíces profundas y la posibilidad de establecer simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno (Whitford, 2002). Las hojas son agrupadas en racimo y son de color amarillo.

Los frutos se encuentran dispuestos en vainas y constricciones entre las semillas (Turner, *et al.*, 2005).

El palo verde puede vivir en zonas donde escasea el agua, en altitudes de 150 a 1,000 msnm, aunque predominan en zonas bajas y pendientes y en planicie, cerca de las zonas costeras. Por lo que prefiere suelos con buen drenaje para desarrollarse y con temperaturas óptima que oscilan entre 17 a 29 °C. En cuanto al requerimiento hídrico, su establecimiento es aceptable en las zonas donde la precipitación varía de 350 a 1,200 mm anual. Es una planta que aporta valor forrajero a los agostaderos del Desierto Sonorense, además que mejora la biodiversidad de la vegetación en zonas donde los pastos no perduran. Es por eso que mantiene sus bondades para el pastoreo del ganado, ya que sus flores y hojas contienen nutrientes energéticos en forma de aceite y proteína. Como todas las plantas forrajeras establecidas en campo abierto, el palo verde está expuesta a problemas de sobrepastoreo y también al daño contra la herbivoría, provocando una disminución de las poblaciones en los agostaderos de zonas áridas y semiáridas (Turner *et al.*, 2005).

La simbiosis de algunas leguminosas con bacterias fijadoras de nitrógeno representa un importante ingreso de un elemento limitante para la productividad (Whitford, 2002). El género *Cercidium* no es conocido que forme nódulos con bacterias fijadoras de nitrógeno, sin embargo llama la atención que puede dominar regiones infértiles, presenta contenidos de proteína en los tejidos similar a otras leguminosas formadoras de nódulos, Bryan y Gordon en 1996 sugieren un posible mecanismo primitivo en la fijación, ellos detectaron actividad de la enzima nitrogenasa, de manera indirecta, aunque a tasas menores que especies formadoras de nódulos.

#### **2.1.7. Descripción de la Jojoba**

La Jojoba tiene distribución nacional en Baja California Sur, Baja California y Sonora. En el Estados se establece en una población de 320 km a lo largo de la línea costera de Sonora, en los municipios desde Sonoyta, Caborca, Tubutama, Pitiquito,

Hermosillo, Guaymas, hasta Huatabampo, sin embargo crece en tierras adentro a latitudes de 300 msnm (Alcaraz *et al.*, 2011).

La jojoba es un arbusto que es dióico, planta perenne y es endémica del desierto sonoreño. Abarca la región del Noroeste de México y el Suroeste de Estados Unidos (Gentry, 1958). Esta especie es de la familia Simmondsiaceae, su nombre científico es *Simmondsia chinensis*, el cual se le atribuye su clasificación a Link y Schneider. La importancia de la jojoba radica en ser la especie vegetal caracterizada por producir una semilla a la cual se le extrae una cera líquida hidrogenada, que puede ser utilizada en la industria cosmética, farmacéutica y lubricantes, además de tener importancia en el rubro pecuario por su aceptable valor forrajero y su contenido nutricional para el consumo del ganado doméstico y de la fauna silvestre (Lynn, 1978; Sepúlveda, 1987; Solis *et al.*, 1992; Escobar, 1995).

Debido al interés comercial la planta, en años pasados, se extendió como cultivo en varios países como Argentina, Estados Unidos, Israel, Australia, Perú, Egipto, México y ya reciente Chile (DECOFRUT, 2003).

Los tipos de vegetación donde se asocia la jojoba, son los matorrales. Las vegetaciones asociadas son: matorral desértico micrófilo, matorral carcocaule, matorral sarcocrasicaule, y mezquital. Gran parte de las especies que constituyen las anteriores comunidades vegetales, son valoradas dentro de las actividades pecuarias como en la utilización de la ganadería extensiva. Es lamentable mencionar que algunas actividades han degradado en algunas áreas, los ecosistemas donde está presente la jojoba, por la elaboración de carbón, la tala para obtener postes para cercos, mal manejo de los agostaderos, por sobrepastoreo, invasión de zacates y presencia de fuegos estacionales (Alcaraz *et al.*, 2011).

La planta de jojoba se presenta como un arbusto de 1m a 3.5 m de altura, en ocasiones se visualiza como arbustos bajos, frondosos con ramas bajas cerca del suelo, o también en forma de árbol alto de tronco único, con madera dura y follaje semicircular

(Thomson, 1978). De hojas duras, pubescentes, ovaladas, verde pálido. Con flores pequeñas de color blanco (Gentry, 1958). Las condiciones para su desarrollo serán en zonas de más baja precipitación o desérticas, por lo que comunidades con mayor población se establecen en zonas de 200mm a 450mm de precipitación anual y libres de heladas. Aunque resisten temperaturas hasta  $-6^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$  (Mc Ginnies y Arnold, 1939). Tienen una diversidad de suelos donde desarrollarse, en general en arenosos-rocosos y de textura media; bajo éste registro se puede decir que las extensiones con jojoba abarcan el Noroeste de Sonora, así los agostaderos de Caborca se encuentran dentro de las áreas con aptitud para el desarrollo de sus poblaciones (Alcaraz *et al.*, 2011).

## 2.2. Supervivencia de plantas en zonas áridas

El Diccionario de la lengua española define la supervivencia como la “Acción y efecto de sobrevivir”, y sobrevivir como vivir después de la muerte de otro” individuo similar, después de un evento (Real Academia Española, 2001). Podría entenderse como supervivencia de plantas, al hecho de que estas vivan a pesar de eventos de estrés que ponga en riesgo la capacidad de supervivencia de la planta, como la sequía, heladas, escases de nutrientes del suelo, o como la depredación de tejidos de la planta (Granados, *et al.*, 2008). En cada factor que influye en la actividad de la planta, como puede ser el suelo (estructura, densidad, nutrientes, etc.) el agua, la luz, la materia orgánica, las plantas utilizan diferentes estrategias para sobrevivir y reproducirse. Se puede decir que se crea un dinamismo entre los herbívoros y la vegetación, ya que los animales también luchan por su vida al alimentarse de las plantas y poder reproducirse, a la vez que luchan con otras especies (Schowalter, 1981).

Las plantas del Desierto Sonorense tienen características para sobrevivir a las condiciones extremas, que pueden ser evasoras como las plantas anuales que por medio de las semillas evitan estar presente la época seca. También las plantas perennes deciduas en periodos de sequía. Tolerar la escases de agua es otra estrategia de las plantas como el contar con un sistema radicular profundo de las plantas freatofitas, que les permite obtener

humedad la mayor parte del año, hojas y tallos con cubiertas cerosa para evitar la pérdida de humedad. La succulencia es otra estrategia que permite almacenar grandes cantidades de agua en tallos, hojas o raíz de plantas carnosas, lo cual ocurre en periodos cortos de tiempo (Whitford, 2002).

El mezquite (*Prosopis velutina*), palo verde (*Cercidium microphyllum*) y palo fierro (*Olneya tesota*), entre otros árboles y arbustos del desierto Sonorense se consideran plantas freatofitas, es decir plantas con raíces profundas que pueden llegar a los 50 metros de profundidad, llegando a la superficie freática con disponibilidad de agua (Smith *et al.*, 1997). Por esa característica los individuos de mayor talla se encuentran en ríos y arroyos secos. Algunas de estas especies exhiben productividad muy similar tanto en años húmedos como en secos.

Estas plantas de raíces profundas pueden realizar levantamiento hidráulico, consiste en transportar agua de la parte profunda del suelo a la parte superficial más seca a través del sistema radicular, ocurre principalmente en la noche cuando los estomas están cerrados y la planta está en equilibrio con el potencial hídrico de las raíces, en la noche las características térmicas del suelo favorecen la difusión fuera del sistema radicular. Durante las horas del día esa agua es absorbida por las raíces superficiales y es usada para la apertura estomática por un periodo corto de tiempo. Eso permite que ocurra algo de fotosíntesis la parte superficial del suelo está demasiado seca para que las raíces absorban humedad. El levantamiento hidráulico por las plantas de raíces profundas aumenta la humedad del suelo y favorecer el crecimiento de plantas adyacentes (Lambers *et al.*, 1998).

### **2.2.1. Herbivoría plantas en zonas áridas**

La herbivoría es la relación que existe entre especies donde animales o insectos se alimentan de partes vivas, o semillas y fruto de plantas. Las partes de las plantas que pueden ser consumidas son hojas, tallos, corteza, raíces, flores, frutos o semillas (Valdés y Cano, 2005). Además hay herbívoros como los insectos chupadores, que se enfocan en



consumir savia o tejidos vasculares perforando la superficie del tallo (Noguera, 2002). Los herbívoros obtienen de las plantas principalmente agua, energía y nutrientes. Es muy importante el agua que obtienen los herbívoros de las plantas, en las zonas áridas, al ser terrenos muy limitadas por la disponibilidad de agua (Whitford, 2002).

La herbivoría puede beneficiar o perjudicar a las plantas. Algunos de los beneficios que ejerce la herbivoría, en primer lugar disminuye la competencia entre plantas, cuando los herbívoros se alimentan de una sola especie pueden acabar con las plantas que generan competencia; estimula el crecimiento de las plantas pastoreadas, la plantas compensan la pérdida de hojas activando la producción de nuevos tejidos fotosintéticos y estimulan el crecimiento de meristemas que se encuentran latentes; otro beneficio es aportado por los insectos al consumir polen o néctar de las flores polinizando a las plantas; por último los herbívoros favorecen a la distribución de las semillas al consumir los frutos ya que en las heces fecales las semillas encuentran medio adecuados para su germinación (Valdés y Cano, 2005).

Los perjuicios que produce la herbivoría sobre las plantas son la reducción del crecimiento, causado por la cantidad de tejido vegetal consumido; reducción en la reproducción de las plantas, esto depende del tipo de tejido removido por ejemplo cuando los herbívoros consumen hojas o las semillas; y en el peor de los casos provocan la muerte de las plantas. Por ejemplo las plántulas pequeñas, con mucha frecuencia mueren después de ser atacadas por un herbívoro (Valdés y Cano, 2005).

Los herbívoros se alimentan de los diferentes tejidos de las plantas para llenar sus necesidades de energía y nutrientes. Los herbívoros situados en el flujo de energía, de la cadena alimenticia, constituyen un factor limitante, ya que ellos influyen tanto niveles por encima o por debajo de ellos, como las plantas y los carnívoros (Dyer *et al.*, 1993).

Herbívoros como el venado o el ganado bovino, se alimentan pastando y ramoneando, en algunas ocasiones causan la muerte a ciertas hierbas que consumen. El ramoneo lo llevan a cabo recortando hojas y ramas de los arbustos y los árboles palatables.

Los herbívoros juegan un papel importante ya que su presencia en los ecosistemas ejerce una fuerte presión selectiva para que las plantas puedan coexistir (Granados *et al.*, 2008).

Todos los herbívoros tratan de rechazar aquellas plantas con follaje viejo y lignificado. Este comportamiento de la fauna, de enfocarse sólo en el consumo de los retoños juveniles, reduce significativamente las reservas de nutrientes necesarias para el desarrollo positivo de las plantas (Granados *et al.*, 2008).

La vegetación ha evolucionado de tal manera que se protege contra la herbivoría usando mecanismos defensivos, en primer lugar utilizan defensas físicas como hojas modificadas o conocidas como espinas, aguijones, pelos urticantes, etc. Como segunda herramienta utiliza defensas químicas, como la producción de sustancias tóxicas llamadas metabolitos secundarios. Por último la planta puede hacer simbiosis con herbívoros como en el caso de las hormigas, éstas se alimentan del néctar que produce una arbusto tropical a la vez que encuentran refugio entre sus espinas y la planta obtienen protección de las hormigas cuando algún herbívoro, principalmente insectos, quieren alimentarse de ella (Valdés y Cano, 2005).

Las plantas forrajeras de zonas áridas son consumidas por la fauna, en busca de agua durante la sequía, como ejemplo se ha estudiado el ataque a tallos de mezquite por conejos y ratas, en algunos casos causando la muerte del meristemo (Whitford, 2002).

### **2.2.2. Velocidad de crecimiento de plantas en zonas áridas**

El patrón de crecimiento y su velocidad, es una herramienta fundamental para entender el comportamiento de una o varias especies de plantas, para lo cual arroja información valiosa para entender su capacidad de sobrevivir contra los factores adversos que se encuentran, por ejemplo en las zonas áridas. En sus períodos iniciales las plantas son más vulnerables, las plantas deben acelerar su crecimiento y rápidamente profundizar sus raíces, con esto accede a mas área en busca de agua y compite con otras especies por los nutrientes, el espacio y rayos solares, de manera que pueda armarse de herramientas

que le puedan generar resistencia y sobrevivir (Villar *et al.*, 2004). Las etapas con mayor riesgo de mortalidad son cuando la planta crece sus primeros centímetros, todo ello luchando para su establecimiento, en el caso de los árboles, arbustos hierbas y zacates que se encuentran en ecosistemas de zonas áridas y semiáridas (Royo, 1988).

El crecimiento entre las plantas es altamente variable, esto resulta de diferentes adaptaciones y revela las estrategias que tiene la planta para sobrevivir. Por lo tanto cuando la planta presenta una tasa de crecimiento rápida, trata de manifestar una ventaja metabólica natural y aprovechar, todas las condiciones favorables para alcanzar crecimientos mayores en el menor tiempo posible; a este comportamiento se le refieren como acción de competencia entre plantas (Grime, 1979). Por el contrario, cuando las plantas responden al medio externo con un crecimiento aletargado, significa que las condiciones donde habita no son tan favorables y que implican un mayor gasto de energía bajo condiciones extremas, por lo que su crecimiento lento evita el estrés y garantiza su supervivencia, para éste tipo de plantas se les atribuye la capacidad de ser tolerantes (Grime, 1979). De forma general la velocidad de crecimiento de las plantas en zonas áridas es lenta, al igual que su capacidad de supervivencia. Para el establecimiento de algunos árboles y arbustos se requiere contar con años donde coincida la precipitación abundante en verano e invierno (Whitford, 2002), lo cual no ocurre todos los años.

### **2.3. Restauración ecológica de terrenos degradados**

El manejo inadecuado de los recursos naturales de zonas áridas y semiáridas es una de las causas principales de la degradación del terreno y del incremento en el riesgo de la desertificación (MEA, 2005). Por ello se plantea la necesidad, casi inmediata, de reforestación de tales áreas, complementada con un manejo racional de los recursos arbóreos (UNCCD, 1994). Sin embargo, la falta de conocimientos básicos sobre la ecología, genética y fisiología de las especies, así como también de aspectos sociológicos de los asentamientos humanos de estas áreas ha llevado al fracaso a numerosos intentos de reforestación en diversas partes del mundo (Whitford, 2002). Se presentan entonces

una serie de recomendaciones y discusiones sobre los diversos criterios que deben ser considerados antes de iniciar emprendimientos de resiembras de árboles y arbustos, los cuales se integran a una estrategia de reforestación de este tipo de áreas, tanto a corto como a largo plazo (Conafor, 2000). La elección de especies nativas de plantas, adecuadas para cada zona, así como también del origen de su germoplasma, resultan dos de los aspectos más importantes a tener en cuenta (Whitford, 2002).

En las diferentes áreas del Desierto Sonorense hace falta investigación regional referente a la reforestación con especies forrajeras nativas, para contrarrestar la degradación del terreno, aumentar su productividad y resiliencia, y así reducir el riesgo de desertificación. Por eso, el objetivo de este trabajo fue analizar la supervivencia y desarrollo de plantas forrajeras nativas, sembradas en zonas áridas del estado, con y sin protección contra la herbivoría.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Área de estudio

El área de estudio fue en la región noroeste de Sonora, en el municipio de la Heroica Caborca (30°47'15'' lat. N y 112°8'15'' long. O), con clima seco semicálido, precipitación media anual de 164 mm (CNA, 2005). La vegetación natural consiste en matorral xerófilo (INEGI, 1988), aunque porciones importantes de la superficie de esta región se han modificado por agricultura y ganadería.

### 3.2. Variables evaluadas

Se seleccionaron cuatro especies de plantas de la región (Cuadro 2), mismas que se propagaron en vivero con semillas. Posteriormente se transplantaron en el agostadero, en una área plana y excluida del pastoreo de bovinos (Figura 2).

**Cuadro 2.** Especies de plantas sembradas bajo los diferentes tratamientos.

Nombre Científico	Nombre Común	Protección	
		Con	Sin
<i>Cercidium microphyllum</i>	Palo verde	5	5
<i>Prosopis velutina</i>	Mezquite	5	5
<i>Coursetia glandulosa</i>	Sámota	5	5
<i>Simmondsia chinensis</i>	Jojoba	5	5

Se sembraron 5 plantas de cada especie con protección contra la herbivoría y otras 5 plantas sin protección en noviembre de 2009. La protección consistió en rodear la planta a 10 cm de la base con material espinoso de plantas nativas a una altura de 50 cm (Figura 3). Se aplicó un riego al establecimiento en campo y dos riegos de auxilio mensuales.



**Figura 2.** Plantas forrajeras al momento de la siembra. Se trasplantaron las platas de vivero al suelo, se aplicó riego inmediatamente.

Las variables evaluadas fueron: supervivencia y altura. La sobrevivencia se evaluó considerando como datos que involucran la concurrencia del evento “vivo” dentro de una población en particular, en este caso se estimó tomando como referencia las plantas vivas encontradas, con respecto al número de plantas que inicialmente se establecieron.



**Figura 3.** Protección contra la herbivoría de las plantas forrajeras. Vista al momento de la siembra, riego y establecidas las protecciones contra la herbivoría.

Para determinar la altura se hicieron mediciones en campo usando una cinta métrica, y se comparó la altura inicial de las plántulas con respecto a la diferencia de la altura final de las plantas establecidas, al término del período de muestreo.

Considerando como factor determinante de la disminución de la altura, el período de estrés provocado por el daño discrecional de la fauna silvestre (herbivoría) existente en el entorno ecológico donde se realizó el experimento. Las determinaciones de las alturas se realizaron al mes de la siembra, posteriormente al año y finalmente a los 5 años.

### **3.3. Análisis Estadístico**

Se utilizó un modelo completamente al azar con dos tratamientos (con protección y sin protección) con veinte repeticiones, se realizó un análisis de varianza para las mediciones de altura de la planta y se hizo una comparación de medias por medio de la prueba de Tukey. Cuando la altura de todas las plantas de un tratamiento fue cero, se decidió no hacer la comparación *a posteriori*. La supervivencia se analizó con un análisis de contingencia con la prueba de ji cuadrada (Infante y Zarate de Lara, 2000). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con los programas JMP versión 10 (SAS Institute, 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Supervivencia de plantas

Analizando todas las especies de plantas protegidas en comparación con las plantas sin protección, se observó una mayor supervivencia en todas las especies con protección al año de sembradas (80% vs 0%;  $\chi^2 = 26.67$ , valor  $p < 0.0001$ ), y a los cinco años de la siembra (60% vs 0%;  $\chi^2 = 17.14$ , valor  $p < 0.0001$ ).

En el cuadro 3, se puede apreciar como la supervivencia por especie de planta sembrada, fue mayor para todas las especies que tuvieron protección contra la herbivoría, esta diferencia es numérica, debido a que el número de repeticiones por especie no justifica el uso del análisis estadístico de los datos por la prueba de Ji cuadrada. Sin embargo, ninguna especie sin protección logró sobrevivir al año. Reforestaciones hechas en México han registrado altos índices de mortalidad similares a nuestros resultados de las plantas sin protección (CONAFOR, 2011).

**Cuadro 3.** Porcentaje de supervivencia de cuatro especies forrajeras con y sin protección contra la herbivoría para dos fechas de muestreo.

Tratamiento	Nombre científico	Especie	al año (%)	a 5 años (%)
Protegido	<i>Prosopis velutina</i>	Mezquite	100	80
	<i>Coursetia glandulosa</i>	Sámota	100	40
	<i>Cercidium microphyllum</i>	Palo Verde	100	100
	<i>Simmondsia chinensis</i>	Jojoba	20	20
Sin protección	<i>Prosopis velutina</i>	Mezquite	0	0
	<i>Coursetia glandulosa</i>	Sámota	0	0
	<i>Cercidium microphyllum</i>	Palo Verde	0	0
	<i>Simmondsia chinensis</i>	Jojoba	0	0

<sup>1.</sup> n=5



El presente trabajo, destaca a la actividad de la herbivoría como el principal problema de los nuevos reclutamientos de plantas forrajeras. La siembra directa de plantas forrajeras en campo puede tener bajo porcentaje de éxito, posiblemente debido a la depredación por animales silvestres y la sequía estival, (Ruíz y Robles, 2006). Holl y Nietzen (1999), afirman que es ampliamente reconocido que los herbívoros pueden causar alta mortalidad de plántulas y reducción del crecimiento en las plantaciones forestales en las zonas áridas. El empleo de protectores individuales favorece el incrementar el porcentaje de supervivencia de árboles y arbustos sembrados en ranchos (Ruíz y Robles, 2006).

#### **4.2. Altura de las plantas**

Los resultados de las alturas de las plantas (Cuadro 4) indican que la altura inicial no era diferente estadísticamente entre las plantas con y sin protección. Sin embargo al mes de haberse sembrado, la altura de las plantas sin protección disminuyó ( $p < 0.0001$ ) en promedio 36.80 cm, esto pudo deberse a la acción de la herbivoría de animales silvestres debido a que se observó el corte de tallos en las plantas sin protección (Holl y Nietzen, 1999), y para este estudio no lo atribuimos a ganado bovino, debido a que esta área estaba excluida del pastoreo de bovinos. También se apreció en campo el rebrote de las plantas con daño por herbivoría y su posterior consumo por los herbívoros. Esto, de manera recurrente, pudo haber causado mortalidad de plantas al no haber dejado recuperarse (Whitford, 2002).

La altura a partir del año de haberse sembrado fue cero para todas las plantas sin protección, debido a que habían muerto (Cuadro 3). Varios autores mencionan a las características fisiológicas y morfológicas como las que condicionan la supervivencia y desarrollo de las plantas en agostaderos (Duryea, 1985; Rodríguez, 2008), en nuestro caso todas las especies eran atractivas para los herbívoros por lo cual la protección funciona muy bien. Para otros estudios se recomienda incluir especies con características diferentes que les permitan sobrevivir sin protección.

**Cuadro 4.** Altura de las cuatro especies forrajeras sembradas, analizadas en conjunto, al inicio y en tres fechas de muestreo.

Variable	Tratamiento	Número	Media	DE	Valor p
Altura inicial	Protegido	20	42.40	± 29.60	a
	Sin protección	20	41.50	± 24.80	a
Altura al mes	Protegido	20	42.40	± 29.60	a
	Sin protección	20	4.65	± 3.55	b
Altura al año	Protegido	20	34.50	± 20.70	ND
	Sin protección	20	0.00	± 0.00	
Altura a 5 años	Protegido	20	31.70	± 32.50	ND
	Sin protección	20	0.00	± 0.00	

1. Media de la altura (cm) ± desviación estándar (DE) de las cuatro especies forrajeras sembradas, al inicio y en tres fechas de muestreo.
2. Las literales, representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para cada fecha de muestreo con la prueba de Tukey.
3. ND: no determinado, por ser cero todos los resultados sin protección.

Davel *et al.*, (2001) argumenta que la desaparición de la yema apical por herbivoría y efecto de la sequía, ocasiona un retardo importante del crecimiento en altura. En nuestro caso, el efecto de la herbivoría contra las plántulas no solo fue el retraso de su crecimiento sino que provocó la muerte de las especies sin protección y su efecto se vio reflejado al transcurso de un año de haberse sembrado (Cuadro 3).

En el Cuadro 5 se presentan las alturas para cada especie utilizada de este estudio. Ninguna especie presentó diferencia en su altura inicial, sin embargo todas las especies sin protección, presentaron una reducción en su altura producto de la herbivoría. Y debido a que a partir del año no hubo supervivencia de plantas sin protección, la altura fue cero para las plantas sin protección a partir del primer año.

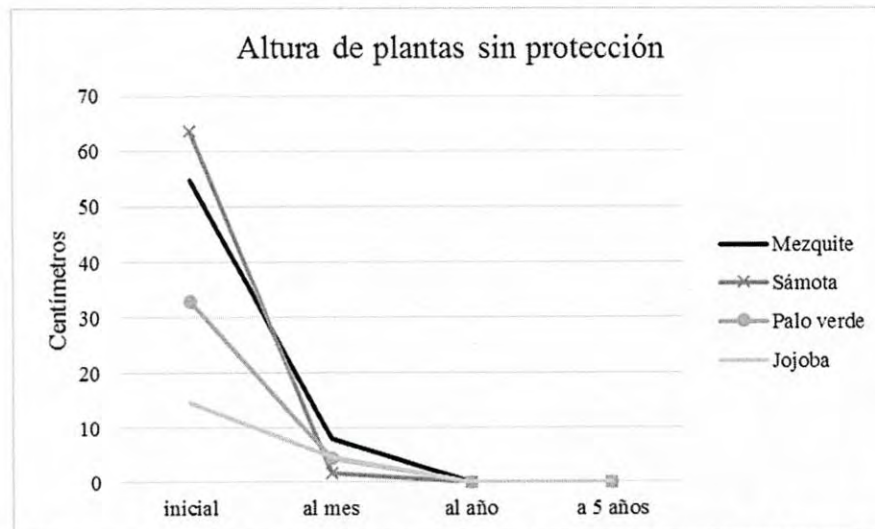
La Figura 4 muestra el comportamiento de crecimiento de las plantas sin protección. Se puede apreciar que la altura de las plantas al momento de la siembra fue adecuado y disminuyó con respecto al tiempo, desde el primer mes en donde ninguna planta medía más de 10 cm y al año ya no habían logrado la supervivencia por lo que se tomó el valor cero para representar su crecimiento.

**Cuadro 5.** Altura de las cuatro especies forrajeras sembradas, analizadas por separado, al inicio y en tres fechas de muestreo.

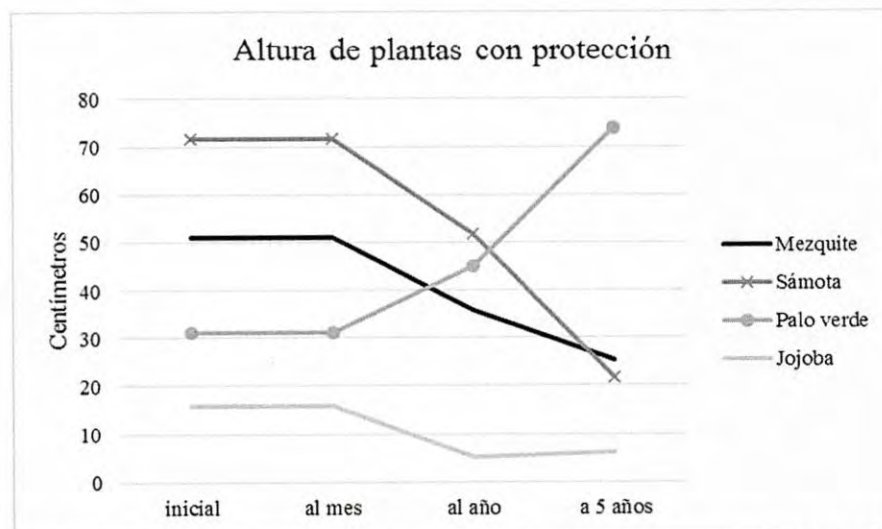
Especie	Variable	Tratamiento	Número	Media	DE	Valor p
Mesquite	Altura inicial	Protegido	5	51.00 ± 13.42	a	0.6763
		Sin protección	5	54.80 ± 14.31	a	
Sámota	Altura inicial	Protegido	5	71.60 ± 42.07	a	0.7369
		Sin protección	5	63.60 ± 29.54	a	
Palo Verde	Altura inicial	Protegido	5	31.20 ± 3.03	a	0.4665
		Sin protección	5	32.80 ± 3.56	a	
Jojoba	Altura inicial	Protegido	5	15.80 ± 1.48	a	0.4419
		Sin protección	5	14.60 ± 2.97	a	
Mesquite	Altura al mes	Protegido	5	51.00 ± 13.42	a	0.0001
		Sin protección	5	8.00 ± 4.18	b	
Sámota	Altura al mes	Protegido	5	71.60 ± 42.07	a	0.0059
		Sin protección	5	1.60 ± 0.96	b	
Palo Verde	Altura al mes	Protegido	5	31.20 ± 3.03	a	0.0001
		Sin protección	5	4.40 ± 3.36	b	
Jojoba	Altura al mes	Protegido	5	15.80 ± 1.48	a	0.0001
		Sin protección	5	4.60 ± 2.07	b	
Mesquite	Altura al año	Protegido	5	35.80 ± 16.25		ND
		Sin protección	5	0.00 ± 0.00		
Sámota	Altura al año	Protegido	5	51.80 ± 2.86		ND
		Sin protección	5	0.00 ± 0.00		
Palo Verde	Altura al año	Protegido	5	45.00 ± 6.04		ND
		Sin protección	5	0.00 ± 0.00		
Jojoba	Altura al año	Protegido	5	5.20 ± 11.63		ND
		Sin protección	5	0.00 ± 0.00		
Mesquite	Altura a 5 años	Protegido	5	25.40 ± 21.57		ND
		Sin protección	5	0.00 ± 0.00		
Sámota	Altura a 5 años	Protegido	5	21.60 ± 29.71		ND
		Sin protección	5	0.00 ± 0.00		
Palo Verde	Altura a 5 años	Protegido	5	73.80 ± 16.56		ND
		Sin protección	5	0.00 ± 0.00		
Jojoba	Altura a 5 años	Protegido	5	6.00 ± 13.42		ND
		Sin protección	5	0.00 ± 0.00		

1. Media de la altura (cm) ± desviación estándar (DE) de las cuatro especies forrajeras sembradas, al inicio y entre fechas de muestreo.
2. Las literales, representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para cada fecha de muestreo con la prueba de Tukey.
3. ND= no determinado, por ser cero todos los resultados sin protección.

En la Figura 5 presenta la altura de las plantas con protección. Desde el inicio hasta el mes de su establecimiento parecen no haber sufrido consumo por los herbívoros porque muestran un crecimiento constante, sin embargo a partir del año sí redujeron sus tamaños, en promedio 15 cm. A los 5 años siguieron bajando su crecimiento pero las cuatro plantas lograron sobrevivir. El palo verde fue la única especie que logró un crecimiento ascendente, con una altura que sobrepasa los 70 cm.



**Figura 4.** Altura en centímetros de las plantas sembradas sin protección, en cuatro fechas de muestreo.



**Figura 5.** Altura en centímetros de las plantas sembradas con protección, en cuatro fechas de muestreo.

Una observación de campo fue que con los años se fue deteriorada la protección y cada vez más plantas quedaban vulnerables a la acción de los herbívoros, como es el caso de mezquite, sámtota y jojoba. Por el contrario, palo verde si logro un crecimiento al año y a los cinco años (Figura 5).

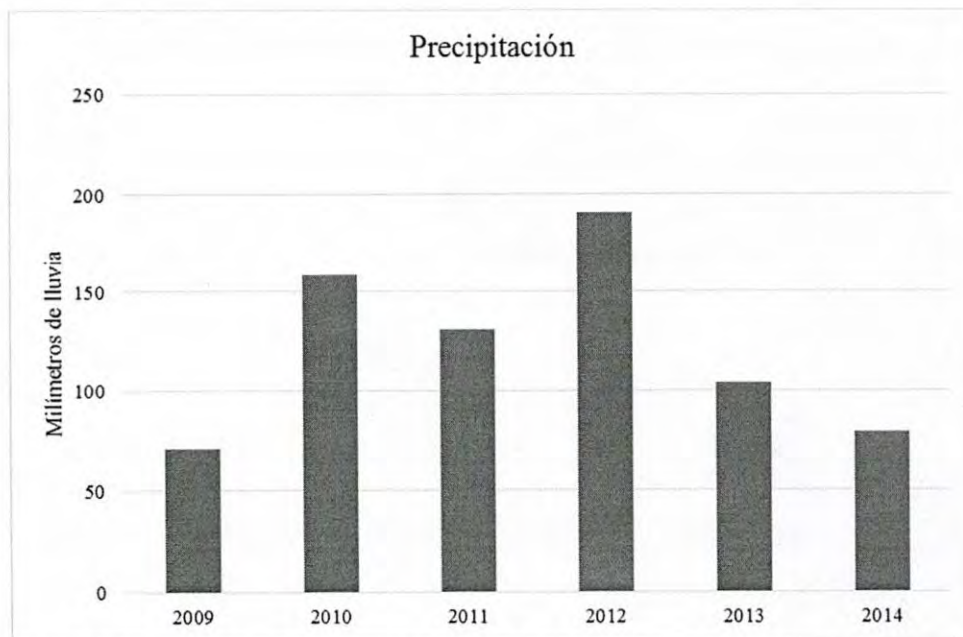
De acuerdo a los resultados obtenidos, dentro de las especies protegidas el palo verde presentó el mayor crecimiento al final del muestreo (Figura 5), por lo que demostró mayor resistencia al ataque contra la herbivoría. Y en contra parte, la planta que tuvo la menor altura al finalizar el experimento fue: la jojoba, con respecto a las demás plantas que recibieron protección. Las especies que presentan mayor contenido de nutrientes son más susceptibles de ser atacadas por la fauna silvestre, por ser generalmente más palatables para los animales (Holter *et al.*, 1977), esto coincide con nuestros resultados de altura para las especies de mezquite y sámtota, con contenidos superiores de proteína citados en la literatura (Cuadro 1), en comparación con palo verde. En el caso de jojoba, otros aspectos de su morfología (ej. Ausencia de espinas) y fisiología (ej. Lento crecimiento; Thomson, 1978) pueden estar afectando su altura y supervivencia con el paso de los años.

### 4.3. Precipitación

Las precipitaciones que se presentaron anualmente, durante los cinco años del periodo de estudio estuvieron dentro del rango de los 70 a 191 mm, solamente en un año fue ligeramente por arriba de la media anual de 164 mm (2012; Figura 6), y los dos años más secos fueron con menos del 50% de la precipitación anual (2009 y 2014). Sin embargo las plantas que se sembraron el año 2009 no sufrieron sequía extrema ese año, porque se les aplicaron tres riegos (al establecimiento y mensual los dos meses siguientes), además de que se sembraron a finales del 2009. Del 2010 al 2013 la precipitación fue muy cercana a la media anual, y aunado a que las plantas sembradas toleran condiciones de sequía, lograron sobrevivir, pero solamente cuando tuvieron protección contra la herbivoría. Se ha reconocido a la disponibilidad de agua como el factor más limitante para la

productividad de las zonas áridas (Noy-Meir, 1973). La sequía reduce el vigor de las plantas, lo que puede llegar hasta su muerte y la reducción de forraje disponible. Las sequías consecutivas tienen un mayor impacto negativo, comparado con un año de sequía al que le sigue otro normal de precipitación (Holechek, 1995). Las condiciones de nuestro experimento de campo, en este periodo de 5 años no fueron muy drásticas relativo a la sequía para las plantas sembradas.

Según Herrera *et al.* (1994) y Rey y Alcántara (2000), los periodos de sequía de duración muy variable pueden limitar seriamente el reclutamiento de las plantas causando mortalidad masiva durante su primer año de vida. En cuanto a nuestros resultados, al transcurrir un año de su siembra, solo las planta que no recibieron protección fueron las que tuvieron una mortalidad total, por el contrario las especies protegidas presentaron una supervivencia de un cien por ciento con alturas diversas debido a la herbivoría, a pesar del periodo de sequía.



**Figura 6.** Milímetros de precipitación anual presentada en el municipio de Caborca Sonora del 2009 al 2014. Datos obtenidos de la estación meteorológica CECH – Inifap.



## CONCLUSIONES

La herbivoría debe ser un factor a considerar, de tanta importancia como la disponibilidad de agua, para el reclutamiento de nuevos individuos de plantas forrajeras en ranchos de regiones áridas de Sonora. Se puede incrementar el porcentaje de supervivencia de plantas forrajeras tales como: sámoa, mezquite, palo verde, y jojoba en agostaderos ganaderos de zonas áridas, proporcionándoles protecciones individuales contra herbivoría. Las protecciones colocadas a las plántulas recién sembradas no entorpecen el crecimiento de las mismas, sino que promueven su desarrollo.

La velocidad de crecimiento de árboles y arbustos forrajeros en zonas áridas de Sonora es lenta, en zonas planas, y difícilmente se logra obtener plantas adultas en un lustro. Es recomendable incluir en reforestaciones de zonas planas de agostaderos de zonas áridas de Sonora, la especie *Cercidium microphyllum*, de nombre común palo verde, ya que presentó la mayor supervivencia y mayor velocidad de crecimiento, de las especies evaluadas.



## LITERATURA CITADA

- Alcaraz, M. L., D. Valdez, S. M. Real, M. Rodríguez, R. Meza, y A. Orduño. 2011. Diagnóstico de la jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) C.K. Schneider), en México. 1<sup>ra</sup> ed. SNICS, México D.F. 64-87p.
- Alanís, F. G. 1990. Los desmontes mal planeados, su efecto en deterioro de los recursos naturales en el norte de la República Mexicana, Revista de manejo de pastizales. 4 (1): 7-8.
- Bakhashwain, A. A., Sallam, S. M. A., y Allam, A. M. 2010. Nutritive value assessment of some Saudi Arabian foliages by gas production technique in vitro. Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Sciences, 21(1).
- Brenner, J. C. 2011. Pasture conversion, private ranchers, and the invasive exotic buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) in Mexico's Sonoran Desert. Ann. Assoc. Am. Geogr. 101(1):84-106.
- Camou Healy, E. 1990. Sonora: una ganadería para la exportación. Revista de El Colegio de Sonora 2: 126-132.
- Camou Healy, E. 1998. De rancheros, poquiteros, orejanos y criollos: los productores ganaderos de Sonora y el mercado internacional. El Colegio de Michoacán AC. CIAD, Zamora, Michoacán, México.
- Caso M., C. Gonzales-Abraham y E. Ezcurra. 2007. Divergent ecological effects of oceanographic anomalies on terrestrial ecosystems of the Mexican Pacific coast. Proceedings of the National academy of science of the United States of America.
- Castellanos, A.E. 1992. Ecología, Utilización y conservación de las comunidades vegetales en el estado de Sonora. Un análisis. p. 25-37. En: J.L. Moreno (ed). Los Recursos Naturales del Estado de Sonora. SIUE - El Colegio de Sonora. Hermosillo Sonora, México.
- Castellanos, A. E., L. C. Bravo, G. W. Koch, J. M. Llano, D. López, R. Méndez, J. C. Rodríguez, J. R. Romo, T. Sisk, G. Yanes. 2010. Impactos Ecológicos por el Uso del Terreno en el Funcionamiento de Ecosistemas Áridos y Semi-Áridos de Sonora. En F. Molina-Freaner, T. R. Van Devender (eds.). Diversidad Biológica del Estado de Sonora. CONABIO - UNAM., Hermosillo Sonora, México.
- Chapin, F.S., P.A. Matson y H.A. Mooney. 2002. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. New York, USA. Springer. 202-211 p.

T- 160,006

- Chongo, B., y Galindo, J. 1995. Bases fisiológicas del uso de las leguminosas en Cuba. Resúmenes. Seminario Científico Internacional XXX Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba, 73 pp.
- Comisión Nacional del Agua. 2005. Datos meteorológicos del municipio de la Colorada Sonora. Gerencia regional Hermosillo, Sonora.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2011. Indicadores de gestión de desempeño del programa PROCOREF durante el ejercicio fiscal 2010. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). En línea. Disponible
- CONAZA. 1994. Mezquite (*Prosopis spp.*) cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. México D.F. INE, CONAZA. 5-21 pp.
- COTECOCA. SAG. 1974. Coeficientes de agostaderos de la República Mexicana: estado de Sonora. S.A.G. México D.F.
- Davel, M.; M.F Urretavizcaya; L. Lugano.; L. Contradí, De María.; y G. V. Mondito, 2001. Establecimiento y evaluación de plantaciones de especies nativas de Madera de calidad en el noreste de la provincia del Chubut. Proyecto PIA 05 /98 SAGPYA. Chile, Valdivia. 23 p.
- DECOFRUT, 2003. Evaluación de proyectos de inversión para el Valle de Huasco. Chile. 441 pp.
- Dyer, M. I., Turner, C. L., y Seastedt, T. R. 1993. Herbivory and its consequences. Ecological Applications, 10-16.
- Escobar H., A. 1995. Autoecología de la jojoba: (*Simmondsia chinensis (Link) Schneider*). Monografía 5. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México. 49 pp.
- Febles, G., Ruiz, T. E., y Simón, L. 1996. Consideraciones acerca de la integración de los sistemas silvopastoriles a la ganadería tropical y subtropical. XXX Aniversario Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 55-61 pp.
- Galindo, A. S. y E. García M. 1986. Usos del mezquite (*Prosopis laevigata*) en el altiplano potosino. Agrociencia. Chapingo, México. Ed. Colegio de Posgraduados. 7-15 pp.
- García-Moya, E. y C.M. McKell. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. Ecology, 51: 81-88.
- Gayol, M. F., Labuckas, D. O., Oberti, J. C., y Guzmán, C. A. 2004. Chemical characterization of jojoba seeds (*Simmondsia Chinensis (Link) Schneider*), proceeding from "Bañado de los Pantanos", La Rioja, Argentina. In Anales de la Asociación Química Argentina (Vol. 92, No. 4-6, pp. 59-63). Asociación Química Argentina.

- Gentry, H. S. 1958. The natural history of jojoba (*Simmondsia chinensis*) and its cultural aspects. *Economic Botany*, 12(3), 261-295.
- Godínez-Álvarez H., Valverde T. y Ortega-Baes P. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. *The Botanical Review*.69.
- Granados, D.S., P.P. Ruíz, y H. E. Barrera, 2008. Ecología de la herbivoría. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 14(1): 51-63.
- Grime, J. P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley and Sons. New York, 222 pp.
- Grime J. P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*. 111: 1169-1194.
- Habit, M. A. 1988. *The Current State of Knowledge on (Prosopis juliflora)*. FAO, plant production and protection division. Rome, Italy.
- Hernández, H.M. 2006. *La vida en los desiertos mexicanos*. Fondo de Cultura Económica. México D.F. México. 63-82 p.
- Herrera C.M., P. Jordano, L. López-Soria y J.A. Amat, 1994. Recruitment of a mast fruiting, bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecological Monographs*. 64.
- Holechek, J. 1995. Grazing influences on watering point vegetation in the Chihuahuan desert. *Journal of Range Management*. 32.
- Holl, K. D., y E. Q. Nietzen, 1999. The effect of rabbit herbivory on reforestation of abandoned pasture in southern Costa Rica. *Biological Conservation*. 87(3): 391-395.
- Holter, J.B.; W.E. Urban; y J.J. Hayes; 1977. Nutrition of northern white-tailed deerthroughout the year. *J. Anim. Sci.*45, 365-376 pp.
- INEGI. 1988. *Carta de tipos de vegetación. Atlas nacional del medio físico*. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- Infante G., S., y Zarate de Lara, G. P. 2000. *Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario*. Sexta reimpresión. Editorial Trillas. México.
- IPCC. 1996. *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge.572 p.
- Jaramillo, V. V. 1994. *Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas en las zonas áridas y semiáridas de México*. COTECOCA. SARH. Mexico, D.F. 48 pp.

- Lambers, H. F.S. Chapin III y T.L. Pons. 1998. Plant Physiological Ecology. New York: Springer-Verlag. 505-527 p.
- Leng, R. A., Choo, B. S., y Arreaza, C. 1995. Tecnologías prácticas para optimizar la utilización de alimentos en rumiantes. *Pastos y Forrajes*, 18(1).
- Lynn, S. P. 1978. Jojoba in a Nutshell: The Natural History, Cultivation and Market Demand of Jojoba (*Simmondsia Chinensis*). 2ª ed. Scarlett-Trotter Assoc. USA. 59 pp.
- Martínez, M. 1979. Plantas mexicanas. Ed. Fondo de cultura económica. México D.F. 599 pp.
- Mendoza, G. 1996. Suplementación nitrogenada para bovinos en crecimiento. Memorias curso internacional avanzado de nutrición de rumiantes. Suplementación en pasturas, 177-194 pp.
- McGinnies, W. G., y Arnold, J. F. 1939. Relative water requirement of Arizona range plants. Arizona Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin. 80.
- Morales, N., C. R., A. Melgoza C. y M. H. Esqueda C. 1986. Patrones de crecimiento de cinco zacates forrajeros importantes en resiembras de agostaderos. Pastizales. INIFAP-SARI-I. 17z 41-52.
- Nobel P.S. 1998. Los Incomparables Agaves y Cactus. Trillas, México, D.F.
- Noguera, F. A. 2002. Historia natural de Chamela. 1ª Ed. UNAM, p. 517-524.
- Northon, B. 1993. Necesidades de información para el manejo de arbustivas en terrenos de agostadero. IX Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. Manejo Integral y Sostenible del Pastizal SOMMAP. Hermosillo, Sonora.
- Noy-Meir, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. Annual review of ecology and systematics, 4: 25-51.
- Real Academia Española. 2001. Diccionario de la Lengua Española. 22 edición. Disponible en: <http://lema.rae.es/drae/>
- Rey, P. J., y Alcantara, J. M. 2000. Recruitment dynamics of a fleshy-fruited plant (*Olea europaea*): connecting patterns of seed dispersal to seedling establishment. Journal of Ecology, 88(4), 622-633.
- Robles, U. S. 2001. Patrones de crecimiento de los zacates banderilla (*Bouteloua curtipendula* (Mich.) Torr.) y garrapata (*Eragrostis superba* Peyr.) Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. Facultad de Zootecnia. UACH. Chihuahua, México. 34pp.

- Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. México, D. F. 156 p.
- Royo, M. M. H. 1988. Contribución a la autoecología del zacate africano (*Eragrostis ehmanniana* Nees.) Doctoral dissertation, Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, NL 87 pp.
- Ruiz, M. J. y C.A.B. Robles, 2006. Establecimiento y desarrollo de (*Atriplex halimus L.*): técnicas de implantación y efecto del pastoreo. Granada, España. Artículo de investigación. 14 pp.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, México.
- Sánchez, A. J. G. 2004. La zámota; Reina de los arbustos. Revista Rancho, Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora. 22: 23-27.
- Sánchez, A. J. G. 1996. Multiplicación artificial de zámota para potencial establecimiento en agostadero. Boletín Rancho. Hermosillo, Sonora. PATROCIPES. 78.
- SAS Institute. 2000. SAS statistical software. Versión 5. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Sepúlveda, B. J. I. 1987. Response of (*Simmondsia Chinensis (link) Schneider*) to Protection, Vegetation Removal, and Water Catchment Development. Arizona State University. USA. Thesis master of science. 51 pp.
- Schowalter, T. D. 1981. Insect herbivore relationship to the state of the host plant: Biotic regulation of ecosystem nutrient cycling through ecological succession. Oikos 37: 126-130.
- Shreve, F. y I.L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert Stanford University Press. Stanford, Calif. 2 vol.
- Shreve, F. 1973. The role of the grasses in the vegetation of Arizona. Grasses of the southwestern United States. The University of Arizona Press. Tucson, Ariz.
- Shreve, F. 1929. Changes in desert vegetation. Ecology, 10: 364-373.
- Shreve, F. 1951. Vegetation of the Sonoran Desert. Carnegie Institution of Washington Publication no. 591. Washington, D.C.
- Simón, 1996. Rol de los árboles y arbustos multipropósitos en las fincas ganaderas. Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Ed. Tyrone, Clavero. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela, 41-47 pp.
- Smith, S. D., Monson, R. K., y Anderson, J. E. 1997. Physiological ecology of north American desert plants. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 286p. ISBN, 3(540), 53113.

- Solís G., G.; F. J. González V. y G. A. Fierros L. 1992. La jojoba en la costa de Hermosillo. SARH-INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Costa de Hermosillo. 8.
- Turner, R. M., Bowers, J. E., y Burgess, T. L. 1995. Sonoran Desert Plants. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- Turner, R. M., J. E. Bowers, y T. L. Burgess, 2005. Sonoran Desert plants: an ecological atlas. University of Arizona Press.
- Thomson, P. H. 1978. "Jojoba Horticulture". En: jojoba handbook. Bonsall publications, Bonsall Calif. 57-156 pp.
- UNCCD. 1994. United Nations Convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. A/AC.241/27, Paris.
- Valdés, T. V., y Cano-Santana, Z. 2005. Ecología y medio ambiente. Pearson Educación, 61-66p.
- Van Devender T. R. 2005. La Vegetación y Plantas de Sonora. Xoop caacöl. Boletín de la Asociación para las Plantas Nativas de Sonora, A.C. <http://boletin.apnsac.org/?p=7>
- Van Devender T. 2000. En: Phillips S. J. y P. Wentworth. A natural history of the Sonoran desert. Tucson: Arizona-Sonora Desert Museum. 61 – 62.
- Velasco, M. H.A. 1991. Las zonas áridas y semiáridas sus características y manejo. 1<sup>ra</sup>ed. LIMUSA. 27-50p.
- Velázquez-Caudillo, J. 1997. Importancia y valor nutricional de las especies forrajeras de Sonora. Patrocines, Universidad de Sonora, México, 1.
- Villar R., J.L. Ruíz –Robleto, J.L. Quero, H. Porter, F. Valladares y T. Marañón. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. 191-227 En: F. Valladares. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de medio ambiente, EGRAF, S.A., Madrid. 552pp.
- Whitford, W. G. 2002. Ecology of desert systems. Ed Academic Press. 258-266 y 288 p.