

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO



***Atriplex canescens*, UNA ALTERNATIVA DE DESARROLLO
SUSTENTABLE EN SUELOS SALINO SÓDICOS DE LA CUENCA DE
SAYULA, JALISCO**

JUAN BOJÓRQUEZ MARTÍNEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE LA

MAESTRÍA EN MANEJO DE AREAS DE TEMPORAL

ZAPOPAN, JALISCO
MAYO DE 2007

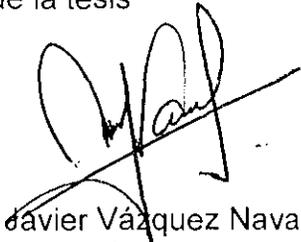
La presente tesis: ***Atriplex canescens***, Una alternativa de desarrollo sustentable en suelos salinos sódicos de la cuenca de Sayula, Jalisco. Se desarrolló bajo la dirección del Consejo Particular señalado. Ha sido aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de la Maestría en Manejo de Áreas de Temporal:



Dr. Salvador Méndez Munguía
Director de la Tesis



Dra. Mónica Elizabeth Riojas López
Asesor de la tesis



M en C. Javier Vázquez Navarro
Asesor de la tesis

Zapopan, Jalisco a 8 de mayo de 2007

INDICE

RESUMEN	3
1 INTRODUCCIÓN	4
2 ANTECEDENTES	6
2.1 Descripción de <i>Atriplex canescens</i>	6
2.1.1 Morfología	6
2.1.2 Especies y Distribución	7
2.1.3 Adaptaciones ecológicas	7
2.1.4 Usos, valor forrajero y valor ecológico	8
2.1.5 Manejo	10
2.1.6 Reproducción	10
2.2 La Cuenca de la Laguna de Sayula	11
3 JUSTIFICACIÓN	14
3.1 Hipótesis	16
3.2 Objetivo general	16
3.3 Objetivos específicos	16
4 MATERIALES Y MÉTODOS	17
4.1 Descripción del Área de Estudio	17
4.1.1 Ubicación geográfica y extensión	17
4.1.2 Clima	17
4.1.3 Geomorfología	17
4.1.4 Vegetación	18
4.1.4.1 Vegetación halófila	18
4.1.4.2 Bosque espinoso	18
4.2 Parcela demostrativa	19
4.2.1. Vigor del chamizo a 20 años de la plantación	19
4.2.2 Variación de las características químicas del suelo y retención	20
4.2.3 Plantas asociadas con el chamizo	20
4.2.4 Fauna presente en la parcela demostrativa	21
4.3 Análisis de Resultados	22
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1 Supervivencia y Vigor de las Plantas de Chamizo	23
5.2 Características del Suelo	25
5.3 Flora	26
5.4 Fauna	31
5.5 Discusión General	35
6 CONCLUSIONES	38
7 RECOMENDACIONES	39
8 LITERATURA CITADA	40

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Página
Cuadro 1. Vigor de las diez plantas de chamizo (<i>Atriplex canescens</i>) y altura de los pedestales de suelo retenido en el cepellón a 20 años del establecimiento de la parcela demostrativa en la cuenca de Sayula, Jalisco. C.V.: coeficiente de variación.	24
Cuadro 2. Características fisicoquímicas del suelo en los parches de chamizo (<i>A. canescens</i>) y de testigo. C.E.= conductividad eléctrica; C.T.= cationes totales; R.A.S.= relación de adsorción sodio; P.S.I.= porcentaje de sodio intercambiable.	25
Cuadro 3. Diversidad de especies de plantas asociadas con chamizo (<i>Atriplex canescens</i>) en la parcela demostrativa en la cuenca de Sayula, Jalisco. Las columnas de la derecha muestran la abundancia relativa conforme a las categorías definidas. 1:rara; 2: escasa; 3: común; 4: abundante; 5: muy abundante	28
Cuadro 4. Diversidad de especies de plantas asociadas con el testigo. Las columnas de la derecha muestran la abundancia relativa conforme a las categorías definidas. 1= rara; 2= escasa; 3= común; 4= abundante; 5= muy abundante.	29
Cuadro 5. Fauna registrada en asociación con los arbustos de chamizo (<i>A. canescens</i>) en la parcela demostrativa en la cuenca de Sayula, Jalisco.	32
Figura 1. Plantas asociadas a chamizo en la parcela demostrativa en la laguna de Sayula, Jalisco. A: verdolagilla (Portulacaceae); B: nopal (Cactaceae); C: jaltomate (Solanaceae); D: zacate (Poaceae).	27
Figura 2. Mezquites asociados a chamizo en la parcela demostrativa en la laguna de Sayula, Jalisco. A: planta de chamizo de 20 años; B: plántula de mezquite bajo el dosel de chamizo.	30
Figura 3. Evidencias de la presencia de mamíferos en la parcela	

demonstrativa de chamizo en la cuenca de la laguna de Sayula, Jalisco. A: madriguera de tlacuache bajo el dosel de chamizo; B: Excretas de zorra; C: Huellas de tlacuache; D: Huellas de zorrillo.

33

Figura 4. Excretas (A) y huellas (B) de conejo en la parcela demostrativa de chamizo en la laguna de Sayula, Jalisco.

33

Figura 5. *Pogonomirmex barbatus* acarreado semilla de Chamizo al hormiguero.

34

Figura 6. Agostadero con cercos de mezquite

37

AGRADECIMIENTOS

PERSONALES

A mi esposa y mis hijas por su amor, apoyo y comprensión, que a diario me respalda y en particular durante este tiempo para culminar esta meta.

Martha, Ivonne, Ahtziri.

Al Doctor Salvador Mena Munguía, Director de esta tesis, por su constante apoyo y por su amistad.

A mis asesores, Dra. Mónica Elizabeth Riojas López, M en C. Javier Vázquez Navarro, por el esfuerzo y dedicación constante durante este proceso.

A los Doctores I. Alfredo Feria Velasco, y Eric Mellink Bijtel, sinodales de tesis y constantes motivadores para obtener este logro, y por ser ejemplo de entrega y constancia.

LOGÍSTICOS

Al Ing. Agr. Juan Prado Toledo, por las facilidades otorgadas durante todos estos años en la realización del trabajo de campo, así como para la obtención de la parcela de estudio.

Al Ing. Agr. Israel Mejía Núñez, por el apoyo brindado en recorridos de campo, A Claudia Peña Quintanilla, por su apoyo en la captura de documentos; a Liliana Lara Bejines por su incondicional apoyo y estímulo en traducciones y en trabajo de campo.

A mis amigos y permanentes compañeros de trabajo de campo y gabinete, por ser ejemplo de constancia, disciplina y entrega, M en C. Javier Vázquez Navarro, Dra. Mónica Elizabeth Riojas López y Dr. Eric Mellink Bijtel.

INSTITUCIONALES

Al Laboratorio de Agrología, de la División de Ciencias Agronómicas del CUCBA, a través de su Titular la M en C. Leticia Fragoso Franco, quien me apoyó con dedicación en el análisis de las muestras de suelo.

Al Instituto de Botánica, del Departamento de Botánica y Zoología, de la División de Ciencias Biológicas y Ambientales del CUCBA, a través de sus Investigadores M en C. Raymundo Ramírez Delgadillo; M en C, Jacqueline Reynoso Dueñas; Dr. Aarón Rodríguez Contreras, y Lic. en Botánica Mollie Favorite Harker Shumway, quienes dedicaron su valioso tiempo en la identificación de las especies vegetales colectadas.

Al Laboratorio de Entomología, del Departamento de Botánica y Zoología de la División de Ciencias Biológicas y Ambientales, del CUCBA. Que a través del M en C. Hugo Eduardo Fierros López, apoyó en la identificación de los ejemplares colectados de invertebrados.

RESUMEN

El chamizo (*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. 1818) es un arbusto forrajero que se desarrolla favorablemente en suelos salinos. En 1987 se estableció una parcela demostrativa en la Laguna de Sayula con la finalidad de observar su desarrollo en los suelos salino sódicos, para valorar la factibilidad de establecerlo como un alternativa para mejorar la condición de agostadero. A 20 años del establecimiento de la parcela sobreviven 10 de las 50 plantas originales, cuya cobertura y altura de plantas y la proporción de suelo retenido varió ampliamente, lo sugiere que hay una diversidad genética en las plantas que podría utilizarse como base para la selección de material vegetal. También causó una reducción en la concentración de sodio intercambiable en suelo.

El valor de diversidad de Shannon de la comunidad vegetal fue de 3.28 debajo del dosel de chamizo y de 2.32 para los testigos. Las familias más abundantes fueron Portulacaceae, Poaceae y Asteraceae. Respecto de la fauna silvestre, en total se registraron 20 especies de vertebrados terrestres y ocho de invertebrados, que parecieran hacer uso de la planta ya sea como refugio, alimento o percha.

Del presente trabajo se concluye que:

En un periodo de 20 años el chamizo removió una cantidad significativa de sales y sodio del suelo, mejorando su condición.

- La combinación de microclima y mejoramiento de condiciones edáficas facilitó el establecimiento de otras especies de plantas bajo el dosel de chamizo, lo que aumentó significativamente la diversidad vegetal del sitio de estudio.
- En la parcela demostrativa, asociado con el chamizo, se registró un porcentaje importante de la fauna reportada para la región.
- El chamizo es una opción viable para mejorar la producción ganadera en los suelos salino sódicos de la cuenca de Sayula, y contribuir a la conservación de la diversidad biológica.

INTRODUCCIÓN

El género *Atriplex* presenta una amplia distribución mundial, comprende cerca de 250 especies de herbáceas anuales y perennes, sub arbustos y arbustos.

El chamizo, costilla de vaca o cenizo (*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. 1818) pertenece a la familia Chenopoideacea, es un arbusto de valor forrajero que permanece verde durante todo el año, y se le ha considerado como la alfalfa del desierto por su alta palatabilidad, ya que contiene del 14% a 18% de proteína en peso seco (Soltero y Fierro, 1981; Meyer, 2003). Además de ser aprovechada como planta forrajera, es un arbusto que retiene el suelo donde se le establece y un facilitador para el establecimiento de otras especies vegetales. Así mismo, favorece a la fauna silvestre como refugio, sitio de percha y alimento (Mackie, et al, 2006). En México se aprovecha en los estados de Chihuahua, Sonora, Coahuila y Zacatecas para la alimentación de ovinos caprinos y bovinos (Soltero y Fierro, 1981; Romero-Paredes y Urrutia, 2004).

La Laguna de Sayula (19° 46' 15" y 20° 12' 30" N, 103° 10' 40" y 103° 41' 33" O, con una altitud que oscila desde los 1300 msnm, en la parte baja de la exlaguna hasta los 1800 msnm, en los parteaguas de las serranías que la limitan), es una cuenca endorreica en la parte media del estado de Jalisco. Sus recursos naturales se han aprovechado desde la época prehispánica, particularmente, la sal y la vegetación que crecía en las márgenes de la laguna (Paso y Troncoso, 1902 en Liot, 2000). El impacto humano se acrecentó a partir de la segunda mitad del siglo XX, con la apertura de zonas agrícolas y ganaderas. Las laderas y llanos con bosques espinosos se convirtieron en parcelas agrícolas que en pocos años perdieron su productividad y se tornaron en terrenos ganaderos. Dado que estos agostaderos en tierras cerriles son de baja calidad, vastas zonas de pastizales que rodean la laguna están sobrepastoreadas, por la ganadería en pequeño (ejidatarios, por lo general) (Silva, 1985).

Entre 1988 y 1992, la Universidad de Guadalajara, como parte del proyecto "Adaptación tecnológica de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. para la recuperación de suelos improductivos de la cuenca Zacoalco-Sayula" (CONACYT), realizo

estudios de suelo, vegetación y agroclimatología de la parte baja de la cuenca (De La Torre y Jiménez, 1992; Arámbula y Preciado, 1989; Bernache, 1989;) y evaluó un método de germinación de este arbusto (Bojórquez, 1988) y estableció una parcela demostrativa con la finalidad de observar su desarrollo en años posteriores, a fin de valorar la factibilidad de establecer la arbustiva forrajera en los suelos salino sódicos de la Laguna de Sayula, como un alternativa para mejorar la condición de agostadero. Con el paso del tiempo además, esta parcela demostrativa ofreció una oportunidad de generar información sobre los efectos de esta especie en la zona, ya que aunque es bien sabido que la introducción de arbustivas en agostaderos aumenta la diversidad del sitio (Mackie et al, 2006; Teague y Decker, 1979; Schemnitz, 1980; Brittingham, 1998), no había literatura para México donde se indicara el papel ecológico de *Atriplex* spp.

El presente trabajo contiene los resultados de una evaluación que se hizo en 2006 de una parcela demostrativa (proyecto citado arriba) de chamizo, en tanto a la supervivencia y crecimiento de las plantas, el papel de éstas en la retención de suelo, así como las especies vegetales y animales que parecen asociarse con el. Lo anterior con el fin de evaluar la planta como una alternativa de uso pecuario en suelos salino sódicos carentes de vegetación con valor forrajero.

2 ANTECEDENTES

El género *Atriplex* tiene una amplia distribución mundial, encontrándose en países como Israel, Australia, Estados Unidos, Chile, México, entre otros.

El estado de Zacatecas en México era el único estado que para el año dos mil cuatro estaba reproduciendo *A. canescens* mismo que constituyó 27% de la planta utilizada (Anónimo, 2005).

2.1 Descripción de *Atriplex canescens*

2.1.1 Morfología

El chamizo, costilla de vaca ó cenizo, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., es una Chenopideacea arbustiva, erecta, perenne, de color cenizo o grisáceo, de mediana altura (1 a 3 m), característica que varía con las condiciones del sitio y el genotipo. Las raíces son profundas, y algunas veces penetran en el suelo hasta 6 m. Los tallos son abundantes y se ramifican casi desde la superficie del suelo (Forest Service, 1937 en Quiñones, 1987), variando de forma cilíndrica a cónica, y están cubiertos una corteza escamosa (Vines, 1960). Las hojas son numerosas, casi sésiles o pecioladas, de posición alterna, de forma lineal o elíptica, ápice generalmente en forma obtusa, con base estrecha. Llegan a medir 5 cm de longitud y de 2 a 9 mm de ancho; a lo largo de la hoja corre una nervadura gruesa. Las flores masculinas y femeninas nacen al término de las ramas en espigas separadas, en diferentes plantas, como es el caso de las dioicas, o en la misma planta como sucede en las monoicas. Las flores masculinas no poseen brácteas; se encuentran agrupadas en largas panículas formadas por agrupaciones de espigas; las flores femeninas poseen dos brácteas persistentes (Forest Service, 1937, en Quiñones, 1987), El fruto o utrículo es duro, de paredes gruesas, con cuatro alas o brácteas; varía de tamaño entre una planta y otra y aun dentro de la misma planta de acuerdo a las condiciones climáticas (Vines, 1960). La semilla es pequeña, de 1 a 3 mm de longitud (Springfield, 1970). La duración del ciclo vegetativo depende de las condiciones climáticas. *A. canescens* comienza su crecimiento al inicio de la época de lluvias y declina al final de la misma (Esparza,

1980). La floración ocurre entre junio y agosto, y el fruto se forma de agosto a septiembre. La actividad más baja de la planta se presenta de enero a mayo, periodo en el cual utiliza las reservas de sus raíces para su mantenimiento. (Springfield, 1970; Ibarra y Garza, 1979).

2.1.2 Especies y Distribución

El género *Atriplex* es cosmopolita y comprende cerca de 250 especies de herbáceas anuales y perennes, sub arbustos y arbustos (McArthur, 1984). Las especies arbustivas se distribuyen en zonas áridas y semiáridas. Algunos de los centros de diversidad están en Asia, Australia, regiones templadas de Sudamérica y oeste de los Estados Unidos de Norteamérica. Esta última es un área particularmente de alta diversidad genética, con más de 20 especies, que se distribuyen en todos los estados de esa región.

En México, *A. canescens* es uno de los arbustos más ampliamente distribuidos y se le encuentra en los Desiertos Chihuahuense y Sonorense en los estados de Chihuahua, Sonora, Zacatecas, Coahuila, Tamaulipas, San Luis Potosí, Durango y en la península de Baja California, al igual que en las comunidades desarrolladas en regiones correspondientes al clima del pastizal; y (Martin et al, 1951). En la cuenca de Sayula, el género *Atriplex* crece en las partes bajas en suelos arenosos y salitrosos cercanos a los espejos de agua, donde forma pequeños parches de *Atriplex muricata* Humb. & Bonpl. (Jiménez, 1983) y *Atriplex semibaccata* R.Br. (Arámbula y Preciado, 1989; Villegas, 1995; Macias, 2004).

2.1.3 Adaptaciones ecológicas

El chamizo está bien adaptado a una amplia gama de condiciones ambientales en altitudes que van desde los 10 hasta 2 400 msnm. Dada su alta tolerancia a la sequía y a los cambios de temperatura, es una especie que ocurre en casi todos los hábitats áridos y semiáridos donde la precipitación media anual es de entre 150 y 355 mm.

El chamizo crece en diferentes tipos de suelos, está bien adaptada a la salinidad y alcalinidad, lo mismo se desarrolla en dunas de arena que en gravillas,

mesas y planos aluviales, forma grandes poblaciones o comunidades de matorrales en asociación con otras plantas arbustivas (*Prosopis juliflora*, *Larrea tridentata*, entre otras) y/o herbáceas (*Sporobulus* spp., entre otras) (Romero-Paredes y Urrutia, 2004; Anónimo, 2002). Sin embargo el chamizo prefiere suelos ligeramente sódicos (1 a 5 % de tasa de sodio intercambiable), suelos no salinos a ligeramente salinos (de 1 a 4 mmhos/ cm²) y medianamente alcalinos (ph 7.7 a 7.8) (Hodgkinson, 1987).

La versatilidad del chamizo para progresar en hábitats tan variados resulta del inusual comportamiento de la especie, para adaptarse e hibridarse con otras especies de *Atriplex*, lo que facilita la selección *in situ* durante la revegetación, lo que hace de éste uno de los grupos de plantas de más rápida evolución en el mundo (Stutz, 1978, 1982).

2.1.4 Usos, valor forrajero y valor ecológico

Esta planta es considerada como una pastura o forraje para bovinos borregos y caballos y puede usarse en fresco o para heno (Ensminger, 1978; Aronson y Moliner, 1985).

En cabras en lactancia, se ha propuesto suplementar con chamizo y vaina de mezquite, ya que el chamizo constituye una buena fuente de proteína para el ganado, mientras que la vaina de mezquite constituye una excelente fuente de energía, aportando azúcares solubles. Ambos nutrientes se complementan para ofrecer a los animales un suplemento nutritivo y económico (Romero-Paredes y Urrutia, 2004).

En estudios realizados con bovinos en pastoreo en Chihuahua, se concluyó que el chamizo era importante ya que constituyó la mayor parte de la dieta de los animales, sobre todo en los meses de sequía (de enero a junio), variando del 75% en enero hasta un 50% en junio (Soltero y Fierro, 1981). En otro trabajo en Sudáfrica varias especies de *Atriplex* y *Cassia sturtii* se evaluaron en relación con sus características cualitativas con fines forrajeros. *Atriplex canescens* demostró tener un potencial bueno como forraje verde, por su alta concentración de proteína cruda y de materia orgánica digerible *in vitro*, así como valores bajos de fibra detergente neutra (Niekerk et al, 2004).

Sangines et al, (1992) compararon el valor nutritivo de 4 especies de *Atriplex Atriplex* (*A. canescens*, *A. barclayana*, *A. lentiformis* y *A. nummularia*), y obtuvieron como resultados que para proteína cruda (PC) de las diferentes especies en el primer caso, estuvieron entre 7.6 y 11.5%, mientras que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) fue de 49.0 a 58.8 %. Las muestras desaladas presentaron pérdidas de PC y disminución de la digestibilidad; siendo la más afectada *A. nummularia* (22.1 % y 50.78 %, respectivamente). Se encontró que la concentración de los distintos factores antinutricionales o tóxicos considerados no representan peligro para el animal. y concluyeron que las cuatro especies de *Atriplex* analizadas representan un forraje con potencial para la alimentación de rumiantes en las zonas áridas y semiáridas de México.

El chamizo es altamente palatable para la fauna de caza mayor (venados); por permanecer siempre verde es usado primordialmente como fuente de alimento en el invierno y la temporada de sequía. Además, sirve como fuente de alimento y abrigo para diversas aves, conejos, y pequeños mamíferos (Martin, et al, 1951; Anónimo, 1998).

Así mismo, y dado su sistema radicular es usado en el control de erosión, ya que forma excelentes setos y cortinas: por ello se ha comenzado a plantar en camellones de autopistas, en los taludes de carreteras y en áreas disturbadas cercanas a caminos. Por otra parte, se utiliza en proyectos de restauración de sitios degradados por minas, minas de tierra y/o pozos de exploración (Anónimo 2003); así como en cortinas rompevientos, cubiertas de caminos y para ornamental (Anónimo, 1998).

Atriplex se usa también para la obtención de leña (Lailhacar et al, 1996). *A. canescens* tiene una gran capacidad productiva de leña, ya que su sobrevivencia es alta (cercana al 100%) y crece en altura y en diámetro. La hojarasca obtenida del corte de las ramas se puede utilizar deshidratada como complemento alimenticio del ganado en época seca.

2.1.5 Manejo

Es posible establecer el chamizo en sitios en que la agricultura no ha prosperado o en los potreros que se puedan destinar exclusivamente a este fin (Romero Paredes y Urrutia, 2004). Saucedo et al, (1989), propuso un método de resiembra de trasplante en bordos a nivel, ya que con esta técnica obtuvo valores de sobrevivencia de hasta 80%. En un trabajo posterior de Saucedo y Chacón, (1999) lograron valores de sobrevivencia de 71% a los 6 meses del establecimiento de la plantación. Además sugirieron una distancia de 1 m entre plantas, ya que no encontraron competencia en dosel vegetal ni en raíces, para incrementar la disponibilidad de forraje.

Para poder utilizar el chamizo como suplemento alimenticio del ganado es necesario el establecimiento de una plantación con alta densidad de plantas en un potrero pequeño cercado, para que quede excluido del pastoreo y se conserve para su uso en las épocas requeridas. Estas plantaciones son también conocidas como bancos de proteína y constituyen una de las formas más económicas de suplementar al ganado (Romero-Paredes y Urrutia, 2004).

Las áreas de plantación deben estar libres de maleza durante el primer año del establecimiento. El uso adecuado del forraje debe ser del 40% del total anual en su etapa de desarrollo, y del 50 % durante la dormancia de la planta. Esta planta se adapta bien a su uso en invierno. Pero es necesario su manejo y cuidado usando rotación de praderas, o pastoreos de auxilio cuando la planta esta en su máxima producción de forraje. El Chamizo no es afectado seriamente por plagas. Solo los conejos y roedores pequeños son especialmente dañinos para las plántulas (Anónimo, 2003).

2.1.6 Reproducción

La reproducción de Chamizo puede ser sexual o vegetativa. Para la reproducción sexual se deben considerar diversos factores presentes en la planta como uno el polimorfismo, una estrategia evolutiva de supervivencia característica de las especies de zonas áridas y que implica una distribución espacial y temporal de su germinación, un elevado contenido de saponinas en los frutos; la presencia

de frutos vanos; y el periodo de reposo que requiere la semilla para germinar (Harper et al, 1970).

Si se quiere establecer una plantación a partir de semilla es necesario escarificar. Uno de los métodos empleados es la inmersión en ácido sulfúrico. En un estudio se obtuvo 31.6 % de germinación en un periodo de 20 días, posterior a un inmersión en ácido sulfúrico al 13% durante 5 minutos (Bojorquez, 1988). Por lo contrario se encontró que la escarificación con de peroxido de hidrógeno no incrementó la germinación de las semillas de chamizo, con respecto del grupo de control (Riffle y Springfield, 1968).

(Anónimo, 1998) En Texas se menciona que es difícil su reproducción por semilla, debido al bajo porcentaje de germinación. Springfield (1970) establece que las especies de *Atriplex* requieren un periodo de post maduración de entre 3 a 10 meses para alcanzar un nivel adecuado de germinación, y que presenta su máxima germinación entre los 13 y 24 °C mientras que la luz no tiene efecto sobre ésta.

En siembras directas la profundidad ha sido variable desde siembras superficiales (hasta 1.3 cm) hasta mucho mas profundo con emergencias satisfactorias, pero se debe cuidar mantener constante la humedad (Slayback et al, 1995).

En Texas USA; y en Zapopan, Jalisco, reprodujeron especies de *Atriplex* incrementado su reproducción por cortes y esquejes con uso de promotores de crecimiento de la raíz (hormonas). (Anónimo, 1998; Vázquez, 2007).

2.2 La Cuenca de la Laguna de Sayula

La laguna de Sayula se ubica en la porción centro-sur del estado de Jalisco abarca seis municipios: Atoyac, Amacueca, Techaluta, Teocuitatlán, Sayula y Zacoalco. Desde la época prehispánica, la Laguna de Sayula fue habitada y explotada por grupos humanos que aprovechaban la sal que la cuenca les proveía y la vegetación que crecía alrededor del vaso. La vegetación que rodeaba a la laguna se aprovechaba de manera intensiva como combustible para la cocción de vasijas de barro necesarias en la obtención de la sal y su traslado (Liot, 2000).

Posterior a la conquista, la producción de sal en la cuenca se intensificó y proveía hasta la Ciudad de México. Los escritos de esa época refieren que en la laguna había muchos peces, que se producía mucha sal en forma de panes, y que se hacían hornos en las partes cercanas a la laguna de donde se extraía agua salada para obtener la sal; además en las partes que se secaban temporalmente se juntaba el salitre o tequezquite (Liot, 2000). Algunos documentos posteriores a la conquista dan cuenta de que esta cuenca no tenía vocación ganadera. Muestra de ello se anota lo siguiente:

Sayula. (Paso y Troncoso, 56 en Liot, 2000) cursivas del autor:

“Este pueblo es seco, no tiene regadio, beben de pozos, tiene buenas vegas, dan trigo. Tiene una laguna de que hazer sal en cantidad, y ay mucho pescado en tiempo de aguas; *no tienen tierras para ganado*. Son los demas tratantes porque es gente rica; no es tierra de minas; es tierra fria, esta asentado en llano. Tiene buenos montes aunque a siete leguas en la estancia de Xiquilistla los ay buenos de pinos y robles; ay minas de cobre y parece averlas tambien de plata”

Taxeluta (Techaluta) (Paso y Troncoso, 1902 en Liot, 2000)

“Tiene tierra de riego; dase algodón. Tiene dos leguas de monte, laguna... con cantidad de sal... muchas granjerías de tunas... es tierra buena para el cultivo de trigo... *no es tierra para ganado*”

No obstante, históricamente la región de la laguna ha tenido explotación ganadera intensa (Ramírez, 2004). A partir en la segunda mitad del siglo XX, con la apertura de zonas agrícola y ganadera, el impacto humano se acrecentó. Como consecuencia la cobertura vegetal de la cuenca ha disminuido de forma drástica por diversos factores, como la sobreutilización de leña como combustible, de madera para vigas y postes para lienzos y el sobrepastoreo. Actualmente, la región cuentan con 150,000 cabezas de ganado bovino (INEGI, 1999) el cuál en su mayoría pasta en las laderas de los cerros que rodean la laguna. Un gran número de productores que cuentan con pocas cabezas de ganado y que no tienen terrenos cerriles, lleva a su ganado a los pastizales halófitos que rodean la

laguna en el periodo de secas que se encuentran sobrepastoreados (SEDER, 2007).

Los municipios de Amacueca, Atoyac, Sayula, Techaluta, y Teocuitatlan y Zacoalco conforman la laguna de Sayula, en su conjunto suman aproximadamente 12,600 hectáreas improductivas ubicadas en la parte baja de la cuenca. La mayoría de éstas se consideran así por tener suelos salinos que no permiten el desarrollo de agricultura, y debido a que cuentan solo con escasa vegetación de pastizal halófilo (*Distichlys spicata*) de bajo valor nutricional y de baja palatabilidad. (Anónimo, 1995).

Las opciones de forraje en la cuenca son muy limitadas, una de ellas son los mezquites, cuya cobertura ha disminuido notablemente, y aunque también hay dos especies de *Atriplex* nativas a la región, pero no tienen valor forrajero. No obstante, los mismos municipios contaban para 1995 con aproximadamente 146,000 cabezas de bovinos (propósito engorda y leche), 3 200 cabras (propósito carne y leche) y 2 800 ovinos (Anónimo 1995)

3 JUSTIFICACIÓN

En los últimos 25 años se ha comenzado a ver a las lagunas de Atotonilco, San Marcos, Zacoalco y Sayula como un sistema ecológico frágil y valioso, desde el punto de vista de paleontológico y faunístico (Jiménez, 1983; Estrada, 1993; Barba, 2000; y Liot, 2000). En 2004 la cuenca fue nominada sitio RAMSAR por sus humedales y aves acuáticas migratorias. Sin embargo, es necesario reconocer que los pobladores de la cuenca históricamente han realizado y realizan actividades de producción agrícola y ganadera para su subsistencia. La región cuenta con alto número de cabezas de ganado bovino, en menor número de caprino y ovino.

Por tal motivo se hace necesario diseñar propuestas de desarrollo sustentable, que ofrezcan alternativas de aprovechamiento productivo con el menor impacto posible al sistema ecológico. Si bien en la zona se han llevado a cabo algunos intentos de forestación y reforestación para aumentar la cobertura vegetal en las zonas sobrepastoreadas (Velásquez, 1983; Hernández, 1986; SEDER, 2006) estos esfuerzos no tuvieron el éxito esperado en cuanto a supervivencia de las especies elegidas, además, algunas de éstas eran exóticas (*Eucalyptus* spp.) y no tenían un valor productivo. (Mejía, com. pers., 2007).

El Programa ambiental de ONU (UNEP, 1993) recomienda lo siguiente para que un proyecto de restauración productiva sea exitoso:

- 1) Que las especies de plantas sean resistentes a las condiciones iniciales de un lugar con alto impacto, i.e. resistentes a la sequía, suelos empobrecidos y/o salinos.
- 2) Que sean especies nativas y/o naturalizadas en la región.
- 3) Que sean de rápido crecimiento.

Atriplex canescens es una excelente planta forrajera que se desarrolla en suelos salino sódicos y de crecimiento rápido que puede ser utilizado para revegetar en los suelos halófilos y servir como pastura por ramoneo a un considerable porcentaje de ganado presente en la zona. Villanueva y Hernández (2001) obtuvieron una producción de materia seca de 0.549 kg/planta, rendimiento

anualizado de 2340 kg/ha en el primer año y 1.43 kg/planta, al segundo año lo que representa una producción media anual de 5600 kg/ha. Adicionalmente, la utilización del chamizo tiene ventajas ecológicas. Por ejemplo, retiene suelo aminorando el problema de la erosión, es un facilitador para el establecimiento de otras especies vegetales y ofrece refugio y/o alimento para algunas especies de fauna silvestre (Mackie et al, 2006; Bernays y Chapman, 1994; Ezcurra y Mellink, 2005).

La literatura publicada acerca del chamizo (*Atriplex* spp.) en su mayoría está relacionada con la fisiología de la planta (Glenn y Brown, 1998; Islam y Adams, 2000), propagación (Askam y Cornellius, 1970; Springfield 1964, 1970; Ciano 2004; Nazari, 1998), variabilidad genética (Stutz et al, 1975), y valor forrajero (Konig 1993; Cibils et al, 2003; Aganga et al, 2003 ; Saucedo 1999; Lailhacar y Torres, 2000; Romero-Paredes 2003, 2004; Soltero y Fierro 1981.). Sin embargo, los trabajos relacionados con el efecto que tiene el chamizo en la recuperación de la productividad y la rehabilitación de suelos son bastante mas escasos (Nazari, 1998; Hinojosa y Barrera, 2005) y la mayoría son informes técnicos de agencias especializadas como el US Department of Agriculture o el US Game, Fish and Wildlife Service. Para México hay pocos estudios sobre *Atriplex* y su valor como especies para recuperar productividad (Cuevas 1980; Soltero y Fierro, 1981; Meza y Reygadas, 2001; Villanueva y Hernández, 2001; Saucedo, 2003; Hinojosa y Barrera 2005).

Entre 1988 y 1992, la Universidad de Guadalajara desarrolló el proyecto "Adaptación tecnológica de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. para la recuperación de suelos improductivos de la cuenca Zacoalco-Sayula (CONACYT,) en el cual se evaluó un método para propiciar la germinación de *Atriplex canescens* estableció una parcela demostrativa para observar su desarrollo en años posteriores (Bojórquez, 1988), a fin de valorar la factibilidad de establecer la arbustiva forrajera en los suelos salino sódicos de la Laguna de Sayula, como un alternativa para mejorar la condición de agostadero. Por otra parte, la introducción de arbustivas en agostaderos aumenta la diversidad del sitio (Schulz, 2006; Ezcurra y

Meilink 2005), y no hay literatura donde se haga una mención específica de *Atriplex* spp. para tal fin.

3.1 Hipótesis

El establecimiento de chamizo (*Atriplex canescens*) como alternativa forrajera en los suelos salinos de Sayula, Jalisco, modifica favorablemente la condición de suelo y facilita la colonización de flora y fauna, lo que podría mejorar la productividad de la zona.

3.2 Objetivo general

Valorar el papel que tiene el chamizo (*Atriplex canescens*) como un alternativa para la recuperación y aprovechamiento ganadero de suelos salinos de baja productividad en la cuenca de Sayula, Jalisco.

3.3 Objetivos específicos

Determinar el vigor de las plantas de *chamizo* a 20 años del establecimiento de una parcela demostrativa en la cuenca de la laguna de Zacoalco-Sayula, Jalisco.

Cuantificar la retención de suelo y la variación de las características químicas dentro y fuera de la parcela demostrativa de chamizo.

Identificar las especies de plantas y animales en la parcela demostrativa asociadas con el chamizo.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del Área de Estudio

4.1.1 Ubicación geográfica y extensión

La Cuenca endorreica Zacoalco-Sayula está situada en el sur suroeste del Estado de Jalisco, entre las coordenadas 19° 46' 15" y 20° 12' 30" de latitud Norte, y 103° 10' 40" y 103° 41' 33" de longitud Oeste, a una altitud que oscila entre los 1300 msnm en la parte baja de la cuenca, hasta los 1800 msnm en los parteaguas de las serranías que la limitan: al Este la Sierra del Tigre y al Oeste la Sierra de Tapalpa (Estrada, 1993). La cuenca tiene una extensión aproximada de 80,000 hectáreas y la exlaguna Zacoalco-Sayula de 34,725 ha (CETENAL 1988), que comprende seis municipios, pero en Atoyac se encuentra la mayor superficie. El resto está distribuida en los municipios de Zacoalco de Torres y Teocuitatlán de Corona (porción Norte), Techaluta y Amacueca (Oeste) y Sayula (Sur) (Macias, 2004).

4.1.2 Clima

El clima de la región lacustre corresponde, según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), al tipo estepario semiseco semicálido, con poca oscilación térmica, con lluvias en verano y algunas invernales (BS hw(w)(i)g). La precipitación media anual de 681.5 mm con lluvias en verano, 5% en invierno. Se presentan hasta dos granizadas anuales. La temperatura media anual varía entre 18 y 22° C, con la máxima en el mes de mayo y la mínima en el mes de enero. Las heladas suceden en enero y febrero, y pueden ser hasta 20 por temporada (Medina y Hernández, 1993).

4.1.3 Geomorfología

La región forma parte de la provincia biogeográfica del Eje Neovolcánico transversal. La zona Zacoalco-Sayula es una fosa tectónica (graben) indicadora de una intensa actividad. Se originó sobre sedimentos marinos del cretácico, seguida de vulcanismo intenso del Mioceno al Plioceno y aún durante el Pleistoceno. Esto último añadió nuevos elementos estructurales a la configuración actual. La Laguna

Zacoalco-Sayula representa un sinclinal entre los anticlinales de la sierra del Tigre y la sierra de Tapalpa, serranías en las que también se advierte el efecto del Cretácico ya que en ambas se han encontrado fósiles de invertebrados marinos de este período. Las rocas más abundantes son las riolitas, basaltos y brechas volcánicas (Estrada, 1983).

4.1.4 Vegetación

La vegetación de la Laguna de Sayula no es homogénea, sino que exhibe cuatro tipos de comunidades vegetales: vegetación acuática, y subacuática, vegetación halófila, bosque espinoso y bosque tropical caducifolio. Éstas se distribuyen de manera discontinua formando muchas veces pequeños manchones (Villegas, 1995). A continuación solo se describen brevemente dos tipos de vegetación donde potencialmente se podría desarrollar *A. canescens* y que son de interés de este estudio.

4.1.4.1 Vegetación halófila

La vegetación halófila es la que ocupa la mayor área de distribución y se localiza en casi todo el cuerpo del vaso (Villegas, 1995). Las familias mejor representadas son *Poaceae* y *Chenopidaceae*; y las especies más abundantes las de pastos salados (*Distichlis spicata*, *Eragrostis cilianensis* y *Sporobolus pyramidatus*), además de especies como el romerito (*Suaeda torreyana*), cenicilla (*Sessuvium portulacastrum*), el tule (*Scirpus sp.*), verdolaga de puerco (*Trianthema portulacastrum*); *Distichlis spicata* y *Suaeda torreyana* se adaptan muy bien a sustratos salinos y son indicadoras de suelos con contenido alto de sales. Algunas de las otras especies son aparentemente halófitas obligadas aunque con tolerancias diversas, y algunas otras pueden prosperar también en suelos sin exceso de sales. A menudo el zacatal está entremezclado con manchones de bosque espinoso de mezquite (*Prosopis laevigata*), nopal (*Opuntia atropes*), granjeno (*Celtis pallida*) y *Lycium carolinianum* (Macias, 2004).

4.1.4.2 Bosque espinoso

Esta comunidad ocupa el segundo lugar en extensión en la laguna. Se distribuye en terrenos planos o poco inclinados con suelos arcillosos, pH alcalino,

drenaje deficiente, por lo que a menudo se inundan periódicamente (Rzedowski, 1987). En su mayor parte está constituida por árboles espinosos de baja altura (4 a 5 m), Las especies que constituyen a esta comunidad son principalmente mezquite (*Prosopis laevigata*), nopal (*Opuntia atropes* y *O. Fuliginosa*), granjeno (*Celtis pallida*), con menor frecuencia guamúchil (*Pithecellobium dulce*), alfilerillo (*Pereskiaopsis diguetii*), huizache (*Acacia farnesiana*) y tomatillo (*Solanum ferrugineum*) (Macias, 2004).

4.2 Parcela demostrativa

Como parte del proyecto "Adaptación tecnológica de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt para la recuperación de suelos improductivos de la cuenca Zacoalco-Sayula, en 1987 se estableció una parcela demostrativa de 3 500 m² de *Atriplex canescens* con el objetivo de evaluar su desarrollo en los suelos salino sódicos de la cuenca. La parcela se ubica en Verdía, municipio de Zacoalco de Torres, Jalisco (20° 09' 22" Norte y 103° 30'16" Oeste) a una altitud de 1 320 metros sobre el nivel del mar. El terreno se eligió en la zona llamada "de la playa", donde no existían plantas arbustivas, y la vegetación era de zacates salados. En la época de secas el ganado libre pastoreaba el escaso pastizal presente. En ésta parcela se plantaron 50 plantas de chamizo de 28 cm de altura promedio se establecieron a una distancia de 4 m entre planta y 4 m entre líneas. La plantación se realizó en el mes de junio después de la primera lluvia. Las plantas utilizadas se produjeron en el pueblo de Verdía, 4 meses antes y se pasaron a bolsa negra de plástico utilizando una mezcla de suelo de tierra de campo agrícola (75 %), con arena de la parcela de estudio (25%). La parcela se excluyó del ganado por 10 años. Por problemas relacionados con el financiamiento del proyecto no fue posible darle seguimiento sino hasta 2006.

Para valorar el papel que tiene *A. canescens* como una alternativa para la recuperación y aprovechamiento ganadero de suelos salinos de baja productividad, en la parcela demostrativa se cuantificaron las siguientes variables:

4.2.1. Vigor del chamizo a 20 años de la plantación

Éste se determinó en función de lo siguiente:

- a) Altura de cada planta medida de la base a la punta de la rama más alta, para lo que se usó una cinta métrica y estadal.
- b) Cobertura aérea. De cada planta se midieron la longitud de los diámetros mayor y menor. La cobertura se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$C = \pi (a b) / 4$$

Donde: **a**= diámetro 1

b= diámetro 2

4.2.2 Variación de las características químicas del suelo y retención

a) Para determinar las características químicas del suelo se tomó una muestra de suelo a una profundidad de 30 cm bajo el dosel de tres plantas de *Atriplex* y una muestra testigo de suelo desnudo dentro de la misma parcela. De éstas se cuantificó pH, conductividad eléctrica (C.E.), cationes totales (C.T), relación de absorción de sodio (R.A.S.), y porcentaje de sodio intercambiable (P.S.I.). Los análisis se realizaron en el laboratorio de Agrología de la División de Ciencias Agronómicas del CUCBA, de la Universidad de Guadalajara.

b) Se estimó la retención de suelo con base en la altura de los pedestales formados alrededor de las plantas de *Atriplex* tomando como referencia el punto más bajo de la parcela, donde se ha perdido mayor cantidad de suelo por erosión hídrica y eólica. Para esto se utilizó la técnica de nivel de agua, donde se usa una manguera transparente cuyos extremos se colocaron, uno al pie de cada planta de *Atriplex* a nivel del suelo, y otro en el punto mas bajo de la parcela. La altura se calculó en función de la diferencia de niveles. Como testigo se usaron cuatro sitios (pedestales) que mostraban retención de suelo por algún factor biótico: pedestal de un hormiguero, pedestal con zacate salado (*Distichlis spicata*), pedestal con *Atriplex* sp (herbácea), y pedestal con escasa vegetación de gramíneas.

4.2.3 Plantas asociadas con el chamizo

Se consideraron como plantas asociadas con el chamizo todas aquellas que crecían bajo el dosel o alrededor de la planta a menos de 2 m de la planta. Para medir la distancia se tomó como centro de la circunferencia el punto de ramificación del chamizo. En esa superficie se contó el número de especies diferentes de plantas (riqueza de especies). Así mismo se hizo una estimación

visual de la abundancia relativa de cada especie mediante, con base en las siguientes categorías:

Valor	Abundancia
0	Ausente
1	Rara
2	Escasa
3	Común
4	Abundante
5	Muy abundante

Como testigo se escogieron cinco puntos al azar fuera del dosel del chamizo en los que se siguió el mismo procedimiento.

La determinación en campo de la especie se realizó con ayuda de la Guía Vegetación y flora de la laguna de Sayula (Macias, 2006). Las plantas que no se pudieron determinar en campo, se colectaron y se llevaron al Herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara.

4.2.4 Fauna presente en la parcela demostrativa

El estudio de fauna se centró en vertebrados terrestres y artrópodos. Para identificar los vertebrados terrestres se utilizaron los siguientes métodos:

Anfibios y reptiles: Se realizó una búsqueda intensa de individuos y rastros dentro de la parcela durante las primeras horas de la mañana cuando su actividad es baja y es más fácil capturarlos, así como también, durante las de mayor actividad de estos grupos, a mediodía. Los individuos observados se identificaron con ayuda de la guía de Stebbins (1985).

Aves: La observación de aves en la parcela demostrativa se realizó a partir de las 7:30 hasta las 15:00 horas, periodo durante el cual se hicieron observaciones continuas con binoculares 8X40 y 10X40. La identificación de las especies se hizo con la ayuda de Field Guide to the Birds of North America Nacional Geographic Society (2002).

Mamíferos: Para la captura de roedores nocturnos se utilizaron 80 trampas Sherman, 40 dentro de la parcela demostrativa y 40 fuera de ella. Las trampas se

cebaron con una mezcla de avena y vainilla. Dentro de la parcela se colocaron 5 trampas en 8 lugares diferentes. De estos, 5 lugares eran parches de vegetación que incluía chamizo, y los 3 restantes se seleccionaron al azar. Las trampas fuera de la parcela se colocaron en parches de vegetación herbácea y arbustiva y en áreas con suelo desnudo. Se dejaron activas por una noche. Los individuos capturados se identificaron a nivel de especie y se liberaron en el sitio de captura. La presencia de otros mamíferos se determinó mediante la búsqueda de rastros, huellas y excretas presentes dentro de las parcela. Para identificar las huellas se utilizó la guía de Murie (1974).

Invertebrados (Artrópodos): Se capturaron los insectos posados sobre o bajo chamizos con redes de golpe y con la mano. Los invertebrados se fijaron en frascos con alcohol diluido al 10 %, para su posterior identificación en el laboratorio de entomología del CUCBA de la UDG.

4.3 Análisis de Resultados

Para probar si había diferencias significativas en la altura de los pedestales de suelo y características físico-químicas en el cepellón de chamizo, así como en la diversidad vegetal bajo el dosel de las plantas en comparación con los puntos control, se usó la prueba de J_i^2 . Para establecer si había una relación entre el vigor de las plantas y el suelo retenido se usó una regresión múltiple, donde altura y cobertura fueron tomadas como variables independientes. Para probar las diferencias significativas entre la altura de los pedestales del suelo retenido en el cepellón de chamizo y los puntos al azar se utilizó una prueba de t. Todas las pruebas estadísticas se hicieron con $\alpha = 0.05$.

Para comparar la diversidad de plantas asociadas con el chamizo se usó el índice de Shannon, que considera tanto la riqueza de especies como la abundancia de éstas (Krebs, 1999):

$$H' = -\sum (p_i \ln p_i)$$

Donde:

p_i = proporción de abundancia de la especie i

$\ln p_i$ = logaritmo natural de la abundancia de la especie i

retenido. Por otra parte, esta variabilidad en vigor sugiere que hay una diversidad genética en las plantas de chamizo que podría utilizarse como base para la selección de material vegetal para cultivares.

Cuadro 1. Vigor de las diez plantas de chamizo (*Atriplex canescens*) y altura de los pedestales de suelo retenido en el cepellón a 20 años del establecimiento de la parcela demostrativa en la cuenca de Sayula, Jalisco. C.V.: coeficiente de variación.

Plantas de chamizo	Cobertura (m ²)	Altura (m)	Suelo retenido (cm)
1	2.74907	1.3	85
2	0.06123	1.16	24
3	5.35056	1.87	80
4	0.30615	1.46	34
5	1.076706	1.12	70
6	0.08164	0.42	39
7	5.2043145	1.24	68
8	6.586464	1.7	57
9	6.06177	1.39	69
10	35.3326145	2.9	65
C. V	157.64	0.438297	0.34349

El promedio de la altura de pedestales de suelo en puntos azar (n=4) dentro de la parcela demostrativa fue de 37.75±28.54. Si bien en cuanto a la altura de pedestales no se encontraron diferencias significativas entre los sitios bajo chamizo y al azar, en cuanto a altura, los pedestales bajo chamizo parecían ser de mayor superficie. Además, la planta pudiera ofrecer mayor protección contra la erosión eólica e hídrica, en comparación con sitios de menor cobertura vegetal, donde el suelo se pierde más fácilmente.

5.2 Características del Suelo

En todos los parámetros cuantificados del suelo hubo diferencias significativas entre el testigo y los parches con chamizo, excepto en pH (cuadro 2).

Cuadro 2. Características fisicoquímicas del suelo en los parches de chamizo (*A. canescens*) y de testigo. C.E.= conductividad eléctrica; C.T.= cationes totales; R.A.S.= relación de adsorción sodio; P.S.I.= porcentaje de sodio intercambiable.

Sitio de Muestreo	pH	C.E.		Sodio		
		(mmhos/cm ²)	C.T.	(Meq/l)	R.A.S.	P.S.I.
Planta 10	9.58	0.36	3.6	6.08	5.5	6
Planta 9	10.1	0.56	5.6	4.34	4	3.9
Planta 6	11.33	1.12	11.2	18.69	10	13
Suelo desnudo	11.13	6.2	62	108.69	25	23

La conductividad natural alta del suelo bajo estudio, como se evidenció en el testigo, se puede explicar por la concentración de diferentes sales disueltas (cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos). El valor actual es similar al registrado en 1990 (De la Torre y Jiménez, 1992). Notablemente, la presencia de chamizo causó una reducción estadísticamente significativa en la conductividad eléctrica de los suelos (cuadro 2). No obstante la concentración significativamente más baja de sodio en los parches de chamizo, no hubo diferencias significativas en el pH. Los valores elevados de pH en todas las muestras se pueden explicar por una concentración alta Ca, K, Mg y Na, ligada a la capacidad de amortiguamiento del suelo (Blanco, 2003).

La concentración significativamente más baja de sodio intercambiable en suelo debajo del chamizo se explica por la absorción de este elemento por la planta o por el aumento del complejo de intercambio, debido a la descomposición de la materia orgánica. Ésta, en parte, es producto de las plantas que se establecen bajo el dosel de chamizo, lo que desencadena un efecto diluyente (Balnokin et al, 2005). Incluso en salinidades relativamente bajas el chamizo

acumula cantidades más altas de Na⁺ para el ajuste osmótico de K⁺ (Glenn, 1994).

Otros estudios (Sharman y Tongway, 1970) encontraron que se forma una zona de acumulación de sales (0-7.5 cm de profundidad del suelo) inmediatamente bajo el dosel de diferentes especies de *Atriplex* en un periodo de cuatro años, debido a la acumulación de materia orgánica del chamizo. La concentración baja de sodio bajo el dosel del chamizo en la parcela demostrativa sugiere que en la laguna de Sayula no se forma esta capa de acumulación de sales. Hasta el 3% de la biomasa foliar del chamizo pueden ser sales (Aiazzi et al, 2005), por lo que es posible eliminar sales del complejo edáfico removiendo las hojas. Los vientos fuertes del área de Sayula pueden remover efectivamente la sales exudadas por la planta a través de los estomas, mientras que las lluvias pueden arrastrar las hojas y los frutos que caen al suelo. De esta manera, como se detectó en el presente estudio, el chamizo puede mejorar el suelo después de 20 años de establecido, bajo las condiciones ambientales de la zona.

5.3 Flora

En la parcela demostrativa se registraron 36 especies de plantas asociadas con el chamizo (cuadro 3) agrupadas en 15 familias; y 15 en los puntos testigo (cuadro 4) incluidas en 6 familias. El número de especies asociadas con el chamizo es significativamente más alto que en los testigos, al igual que el número de familias representadas. No necesariamente las plantas de chamizo con mayor cobertura fueron las que tuvieron una riqueza y abundancia significativamente mayor. (Figura 1)



A



B



C



D

Figura 1. Plantas asociadas a chamizo en la parcela demostrativa en la laguna de Sayula, Jalisco. A: verdolagilla (Portulacaceae); B: nopal (Cactaceae); C: jaltomate (Solanaceae); D: zacate (Poaceae).

Las familias asociadas con chamizo significativamente más abundantes fueron Portulacaceae, Poaceae y Asteraceae, mientras que en los testigos lo fueron Poaceae y Asteraceae. Estas dos últimas familias contienen un gran número de especies pioneras, que se caracterizan por su distribución en diversos biomas y por ser resistentes a condiciones ambientales extremas. Este grupo de plantas generalmente son las primeras en colonizar hábitats estresantes (Ramírez-Marcial et al, 1998), lo que explica el que hayan sido unas de las más abundantes en ambas condiciones de la parcela demostrativa. En el caso de Asteraceae, muchas de las especies calificadas como malezas pertenecen a esta familia (Villaseñor y Espinosa, 1998). El hecho de que Portulacaceae fuera la familia más abundante asociada con el chamizo, podría estar relacionado con condiciones de insolación más baja y humedad más alta.

Cuadro 3. Diversidad de especies de plantas asociadas con chamizo (*Atriplex canescens*) en la parcela demostrativa en la cuenca de Sayula, Jalisco. Las columnas de la derecha muestran la abundancia relativa conforme a las categorías definidas. 1= rara; 2= escasa; 3= común; 4= abundante; 5= muy abundante

Familia	Especies	Plantas de chamizo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acanthaceae	<i>Dicliptera peduncularis</i>								1	1	
	<i>Sessuvium</i>										
Aizoaceae	<i>Portulacastrum</i>								1		
Asclepiadaceae	<i>Cynanchum</i> sp			2	2						
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i>	2	1	2	1			2			
	<i>Dyssochia porophyllum</i>			2		4		2			
	<i>Heterosperma pinnatum</i>		1								
	<i>Pectis próstata</i>					1		4			
	<i>Pluchea symphitifolia</i>								3		
	<i>Sanchus oleraceus</i>				1	1		1	1		
	<i>Tridax balbisioides</i>		1		1	4		1	1		
Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.								1		1
	<i>Pereskiaopsis diguetii</i>			1						1	
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium graveolens</i>	2									
	<i>Comelina jaliscana</i>										
Commelinaceae	<i>Matuda</i>				1						
Convolvuleaceae	<i>Cuscuta umbellata</i>			2	2						
Euphorbiaceae	<i>Acalypha phleoides</i>										1
	<i>Euphorbia radians</i>			1	1	1					
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>				3						
	<i>Prosopis laevigata</i>	1								1	
Lamiaceae	<i>Salvia</i> sp.										1
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i>			1	1			1			
	<i>Dactyloctenium aegypticum</i>						2				
	<i>Distichlis spicata</i>	5	2	3	4						
	<i>Muhlenbergia</i> sp.	3		3	1	5	1	1	1		
	<i>Sporobolus pyramidatus</i> .				1	4	2	3	2		
	<i>Chloris</i> sp.	1		2							
	<i>Pennisetum ciliare</i>										1
	<i>Rhynchelytrum repens</i>										1
Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i>	1	2	1		1	3	1		1	
Solanaceae	<i>Lycium carolinianum</i>										1
	<i>Physalis aff. agragata</i>			3	3						
	<i>Physalis layaseae</i>	2		3						1	
	<i>Solanum americanum</i>	1		2							
	<i>Solanum lycopersicum</i>										
	var. <i>Cerasiforme</i>	4									
Turneraceae	<i>Turnera</i> sp.	1		1	2	1	1	1			1
	Morfoespecie 1			1	2	1		1	1		
Riqueza por sitio		11	4	16	15	10	5	11	9	5	7

Cuadro 4. Diversidad de especies de plantas asociadas con el testigo. Las columnas de la derecha muestran la abundancia relativa conforme a las categorías definidas. 1= rara; 2= escasa; 3= común; 4= abundante; 5= muy abundante.

Familia	Especies	Puntos al azar				
		1	2	3	4	5
Aizoaceae	<i>Sessuvium portulacastrum</i>	3	1	1	2	
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i>					1
	<i>Dyssochia porophyllum</i>			1	2	
	<i>Pectis prostata</i>			1		
	<i>Tridax balbisioides</i>	1	1	3	2	
Convolvuleaceae	<i>Cuscuta umbellata</i>			1		
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia radians</i>		1			
Poaceae	<i>Dactyloctenium aegypticum</i>			1		
	<i>Distichlis spicata</i>	4	5		2	
	<i>Muhlenbergia</i> sp.			1		
	<i>Sporobolus pyramidatus</i>			4		
	<i>Chloris</i> sp.			1		
	<i>Eragrostis</i> sp.				1	3
	<i>Rhynchelytrum repens</i>				1	1
Turneraceae	<i>Morfoespecie 1</i>			1		
Riqueza total		3	4	11	6	3

El valor de diversidad de Shannon fue de 3.28 debajo del dosel de chamizo y de 2.32 para los testigos, la varianza se dio muy alta. El microclima (sombra, humedad y temperatura) y los cambios en la condición del suelo debidos a la presencia de chamizo definitivamente favorecen una mayor diversidad de plantas. En el norte de Chile los arbustos de *Atriplex* contribuyeron a mejorar la calidad del estrato herbáceo asociado, mismo que estuvo constituido por especie de mejor palatabilidad, como poaceas y fabaceas; además de que parecía haber favorecido el establecimiento de otras especies con valor forrajero como el mezquite (*Prosopis* sp.) (Lailhacar y Torres, 2000). En la parcela demostrativa las plantas

más vigorosas de chamizo tuvieron mezquites asociados, los que no estaban presentes cuando se estableció la parcela en 1987 (Figura 2). Esto sugiere que también en Sayula, el chamizo puede comportarse como facilitador para el establecimiento de mezquite, especie que cuenta con una aceptación amplia como forraje de calidad. (Galindo y García, 1986).



A



B

Figura 2. Mezquites asociados a chamizo en la parcela demostrativa en la laguna de Sayula, Jalisco. A: planta de chamizo de 20 años; B: plántula de mezquite bajo el dosel de chamizo.

5.4 Fauna

En total se registraron 20 especies de vertebrados terrestres y ocho de invertebrados (cuadro 5).

Dado que las observaciones se realizaron en otoño, tiempo en que los reptiles declinan su actividad, solo encontramos 2 especies. Además de que varios de los días de observación las condiciones fueron de nublados con vientos fríos y o con lluvia, lo que no favorece la actividad de los reptiles. Trabajos anteriores para la zona (Delgadillo, 1995) no reportan iguanas. En la parcela demostrativa se observó un rastro de iguana, el cual posteriormente se identificó, por la gente del lugar, como de iguana verde (*Iguana iguana*). Esta especie de reptil no es nativa de la zona, y los pobladores refieren que llegaron a bordo del tren de la ruta Colima a Guadalajara.

De las 25 especies de mamíferos no voladores (Quirópteros) que se reportan para la región (Delgadillo,1995), en este estudio se registraron ocho en las parcela de demostrativa, algunas de las cuales se detectaron solo por rastros (huellas, madrigueras, heces) (Figura 3). Algunas observaciones de la actividad de tlacuaches y conejos en la parcela sugieren que usan las plantas de chamizo como refugio y como alimento (Obs. Per.).(Figura 4)

Las especies de conejo y liebre consignadas en este estudio, forman parte de la fauna nativa de la cuenca. Sin embargo pueden ser un problema para el establecimiento futuro de chamizo pues en Chihuahua, el ramoneo excesivo de liebres disminuyó la altura de las plantas (Saucedo, 1999). En la parcela demostrativa se ha tenido la presencia constante de conejos y liebres, pero se desconoce si éstas tuvieron una influencia en el establecimiento y vigor de las plantas.

Cuadro 5. Fauna registrada en asociación con los arbustos de chamizo (*A. canescens*) en la parcela demostrativa en la cuenca de Sayula, Jalisco.

Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común
		Artrópoda	
	Aracnidae	Especie 1	Araña
	Aracnidae	Especie 2	Araña
	Armadillidiidae	<i>Armadillidium vulgare</i>	Puerquito
Insecta	Formicidae	<i>Pogonomirmex barbatus</i>	Hormiga
	Sphecidae	<i>Stenolia mexicana</i>	Avispa
	Acrididae,		Chapulín
	Cyrtacanthacridinae	Especie 1	
	Coreidae		Chinche
	Curculionidae	Especie 1	Picudo
		Especie 2	Polilla
		Vertebrata	
Reptilia	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde
		<i>Sceloporus</i> sp.	Lagartija
Aves	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Aura
	Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tórtola
	Tyrannidae	<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano
		<i>Pytanguis sulfuratus</i>	Papamoscas
		<i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugo
		<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Verduguillo
	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina
		<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina
	Muscicapidae	<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo
	Fringilidae	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Gorrión mexicano
Mammalia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre
		<i>Sylvilagus</i> sp.	Conejo
	Sciuridae	<i>Spermophilus variegatus</i>	Ardilla
	Cricetidae	<i>Mus musculus</i>	Ratón
	Mustelidae	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado
		<i>Mustela frenata</i>	Tlalcoyote
	Canidae	<i>Urocyon cinereargenteus</i>	Zorra

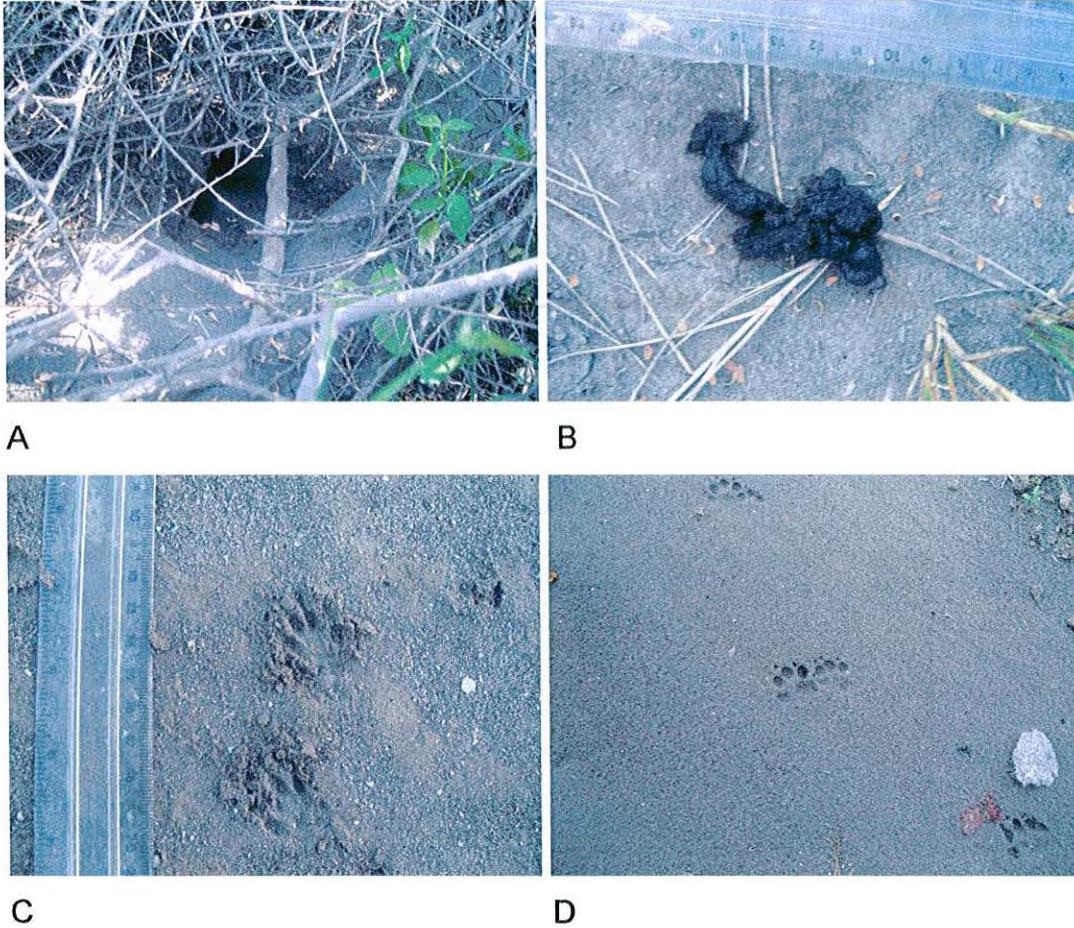


Figura 3. Evidencias de la presencia de mamíferos en la parcela demostrativa de chamizo en la cuenca de la laguna de Sayula, Jalisco. A: Madriguera de tlacuache bajo el dosel de chamizo; B: Excretas de zorra; C: Huellas de tlacuache; D: Huellas de zorrillo.

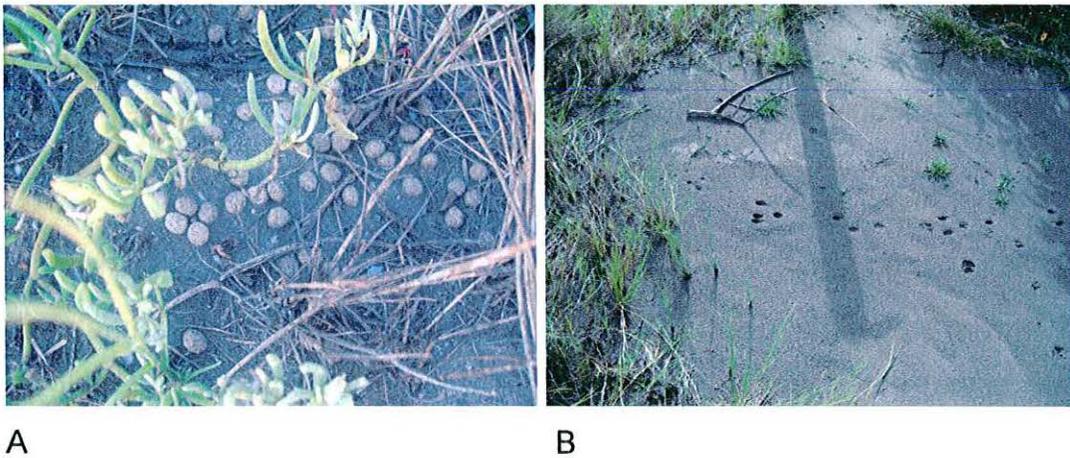


Figura 4. Excretas (A) y huellas (B) de conejo en la parcela demostrativa de chamizo en la laguna de Sayula, Jalisco.

En cuanto a aves, se identificaron 10 especies terrestres de las 46 reportadas para la zona (Delgadillo, 1995), Todas las especies salvo el Aura, cuando menos durante la época de crianza, varias lo son todo el año.

Los invertebrados fueron menos numerosos (cuadro 5). De las ocho especies capturadas, solo se pudieron identificar tres hasta especie, el resto quedó a nivel de familia. Todos los invertebrados aquí reportados se capturaron sobre chamizo. Incluso se observó a las hormigas (*Pogonomirmex barbatus*) acarreando semillas de chamizo a su nido (Figura 5).



Figura 5. Hormiga acarreando semilla de chamizo al hormiguero en la parcela demostrativa en la laguna de Sayula, Jalisco.

El chapulín que se capturó en la parcela demostrativa estaba alimentándose de hojas de chamizo. Este artrópodo es de la misma familia (Acrididae) que *Ligurotettix coquilletti*, especie de chapulín que habita desde el suroeste de Estados Unidos hasta México y se alimenta de gobernadora (*Larrea* sp.) su hospedero natural, pero que en algunas poblaciones ocurre en lugares

donde, además de la gobernadora, está presente *Atriplex* sp., prefieren a este arbusto sobre la gobernadora (Bernays, 1994).

5.5 Discusión General

En la cuenca de Sayula, el chamizo, como especie halófila, puede ser una opción forrajera para los suelos salino-sódicos, que además de ofrecer una alternativa productiva, mejoraría la condición del suelo y propiciaría el establecimiento de otras especies de plantas, que no solamente podrían servir como forraje, sino que también, contribuirían a la conservación biológica de la región. La ausencia de ramoneo de *Atriplex* puede causar un aumento en los niveles de sales en el suelo, a la vez permitir un efecto de sombra, que eventualmente podría disminuir la riqueza vegetal bajo el dosel de la planta (Lailhacar y Torres, 2000). Por lo contrario, el ramoneo puede disminuir la concentración de sales bajo el dosel de *Atriplex*, al remover las hojas saturadas de sal, y también abrir espacios que permitan la entrada de radiación solar, con lo que se favorecería la diversidad vegetal asociada (Riveros, 1985). En Libia se han forestado casi 60,000 ha en zonas desérticas y de escasa vegetación principalmente con *Acacia* y *Atriplex*. Más del 70% de estos arbustos forrajeros se encuentra en su etapa óptima de producción y está siendo explotado por el ganado ovino y camélidos (Riveros, 1985). Los arbustos forrajeros de *Atriplex* han jugado un papel importante en la ganadería del secano árido de la zona centro-norte de Chile y contribuido a aumentar la fertilidad del suelo subyacente a través de la depositación de su propio mantillo (Lailhacar y Torres, 2000). Como resultado de estudios realizados durante 20 años en el estado de San Luis Potosí, se ha demostrado que el chamizo (*A. canescens*), por su adaptación a condiciones de precipitación limitada y su tolerancia a sitios con problemas de salinidad, es una opción de forraje viable para este tipo de hábitats (Villanueva y Hernández, 2001).

La tendencia actual para mejorar las condiciones de suelo y aumentar la productividad, es buscar plantas halófilas y no tratar de modificar las condiciones de suelo (Nazari, 1998; Feuchter, 2000; Villanueva y Hernández, 2001; Yensen,

2001.), y menos en suelos que son naturalmente salinos y no producto de una agricultura mal empleada, como es el caso de Sayula.

La precipitación en cuenca de Sayula es más elevada que la de regiones áridas y semiáridas del norte del país, donde se ha utilizado al chamizo como opción forrajera (Chihuahua, (Santos y Echevarria 2004) Coahuila, Nuevo León (Cuevas 1980), San Luís Potosí, (Villanueva y Hernández 2001.) Sonora y Baja California (Yensen, 2001), por lo que la plantas de chamizo estarían sometidas a un estrés hídrico menor durante el año.

El chamizo no desaliniza totalmente el suelo. Sin embargo, remueve una cantidad importante de sales, mejorando la condición edáfica. Esta condición en conjunto con un microclima menos estresante que se genera bajo su dosel, permite el establecimiento de otras plantas, lo que a su vez favorece la fauna de la zona, ofreciendo refugio y alimento.

En Sayula, a mediano plazo, el chamizo podría servir como nodriza para reforestar con mezquite, cuyas poblaciones han disminuido debido a su extracción para leña y para cercos (Figura 6). Esto también brinda una oportunidad para explorar el papel del chamizo como nodriza para el establecimiento de especies nativas con potencial económico, por ejemplo, orégano (*Lippia* spp.), jaltomate (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*), que de hecho, se encontró en la parcela demostrativa asociado con chamizo.

En México ya se realizan reproducciones masivas de *Atriplex canescens* para revegetación y aprovechamiento de forraje, Zacatecas en el año 2004 mediante el Programa de Conservación de Recursos Forestales PROCOREF la utilizo, siendo esta la segunda especie reproducida y establecida con el 27.3 %.

El Proyecto Agrosalino del Delta del Río Colorado en Sonora, se basa en la inclusión progresiva de plantas nativas como pastos biosalinos y arbustos halófilos. En principio, el destino de pastos y arbustos será la ganadería, después se sembrarán mezquites para apoyar a la misma y para producir postes de madera para cercos. Posteriormente, se buscará la oportunidad de participar en el mercado de carbono y la promoción del ecoturismo (Hinojosa y Barrera, 2005).



Figura 6. Agostadero con cercos de mezquite

6 CONCLUSIONES

Del presente trabajo se concluye que:

- En un periodo de 20 años el chamizo removió una cantidad significativa de sales y sodio del suelo, mejorando su condición.
- La combinación de microclima y mejoramiento de condiciones edáficas facilitó el establecimiento de otras especies de plantas bajo el dosel de chamizo, lo que aumentó significativamente la diversidad vegetal del sitio de estudio.
- En la parcela demostrativa, asociado con el chamizo, se registró un porcentaje importante de la fauna reportada para la región.
- El chamizo es una opción viable para mejorar la producción ganadera en los suelos salino sódicos de la cuenca de Sayula, y contribuir a la conservación de la diversidad biológica.

7 RECOMENDACIONES

Se recomienda la producción de plantas de Chamizo (en vivero) para implementación de programas de revegetación de matorrales, utilizando semilla y /o esquejes de las plantas de chamizo que ya están establecidas en la laguna de Sayula.

La reproducción de *Atriplex canescens*, se recomienda insertarla en el Programa de Desarrollo Regional Sustentable PRODER 2007, que considera a Sayula como región prioritaria en el país y puede otorgar apoyos directos para restauración del suelo y del habitat, así como para reforestación. La restauración de suelo, la restauración del habitat, además de la forestación y reforestación son actividades que se deben realizar de manera integral, respaldadas constantemente con actividades de capacitación y de educación ambiental dirigidas a los habitantes de la región con el fin de obtener el éxito esperado en la conclusión de estos programas.

Se requiere estudiar más acerca de los efectos de chamizo en superficies mayores y la relación que guarda con especies nativas de flora y fauna.

8 LITERATURA CITADA

- Aiazzi M.T., P Carpiani, C Deza. 2005. Efecto de la salinidad, sobre el crecimiento de plantas de *Atriplex cordobensis* Gandoger et Stuckert originadas de semillas de distintas procedencias. Revista Multequina 14:39-46 Instituto Argentino de Investigación de las Zonas Áridas. Mendoza, Argentina.
- Aganga, A.A., J. K. Mthetho, y S Tshwenyane. 2003. *Atriplex nummularia* (Old Man Saltbush): A Potential Forage Crop For Arid Regions Of Botswana. Pakistan Journal of Nutrition 2 (2):72-75. Pakistan.
- [http:// extensión.usu.edu/rangeplants/Woody/fourwingsaltbush.htm](http://extensión.usu.edu/rangeplants/Woody/fourwingsaltbush.htm) USA
- Anónimo, 1995. Sistema de información geográfica. Cédulas municipales. Jalisco, México. <http://sig.jalisco.gob.mx/cedulas/> .
- Anónimo. 1998. An evaluation of saltbushes (*Atriplex spp.*) for restoration of alkaline and saline sites in South Texas. Technical note v1(1) Kika de la Garza. Plant Materials Center. Kingsville, Texas. USA.
- Anónimo, 2001. Plant Fact. Sheet Armed Saltbush *Atriplex acanthocarpa*. Kika de la Garza. Plant Materials Center. Kingsville, Texas. USA.
- Anónimo, 2002. Fourwing Saltbush. Range Plants of Utah. Utah State University. USA [http:// extensión.usu.edu/rangeplants/Woody/fourwingsaltbush.htm](http://extensión.usu.edu/rangeplants/Woody/fourwingsaltbush.htm)
- Anónimo, 2003. Fourwing saltbush. ScienceViews.com. Calvin & Rossana Hamilton. USA. <http://www.scienceviews.com/plants/fuorwingsaltbush.html>
- Anónimo 2005. Evaluación del programa de conservación y restauración de ecosistemas forestales PROCOREF 2004. SEMARNAT. México.
- Arámbula, C. N., y S:R. Preciado. 1989. Uso potencial de la vegetación Halófito de la región de Zacoalco-Sayula en el Estado de Jalisco. Tesis de licenciatura, Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara. México.
- Aronson y Moliner. 1985. Economic Halophytes- a global review. Plant for arid lands. Ed. G. E. Wickens 1985:177-188
- Askam, L. R., y D. R. Cornelius, 1970. Influence of desert saltbush on germination. Cooperative investigation of the Crops Research Division. U.S.D.A. pp. 439 a 441. Berkeley, California. USA.

- Balnokin, Y., N. Myasoedov, Z. Shamsutdinov, y N Shamsutdinov, 2005. Significance of Na⁺ and K⁺ for Sustained Hydration of Organ Tissues in Ecologically Distinct Halophytes of the Family Chenopodiaceae. Russian Journal of plant Physiology. Vol. 52:6 . 779-787 (9) Rusia.
- Barba Calvillo, G. 2000. Estudio biológico y social de la laguna de Sayula, para establecer una propuesta de educación ambiental. Tesis de Maestría CUCBA. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México,
- Bernache Pérez, F. J, 1989. Caracterización agroclimática de la Cuenca Zacoalco Sayula. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. México
- Bernays E.A. y R.F. Chapman. 1994. Host-plant selection by Phytophagus Insects. Edit. International Thomson Publishing Company Edit Chapman & Hall USA.
- Blanco Sandoval J. O. 2003. Manejo integral de suelos con énfasis en el cultivo de arroz. Edit. La Opinión. Pp 126. Colombia.
- Bojórquez Martínez, J. 1988. Evaluación de escarificadores químicos en la germinación de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Tesis de licenciatura Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara. México.
- Brittingham, M.C. 1998. Management practices for enhancing wildlife habitat. Pennsylvania State University. USA
- CETENAL 1988. Cartas edafológicas: Jocotepec F13D-75, Zacoalco de Torres F13D-85, Sayula E13B-15. Centro de Estudios del Territorio Nacional México.
- Ciano, N. 2004. Producción de plantines de arbustos nativos para recuperación de áreas degradadas de la Patagonia extrandina . Patagonia forestal- año X No. 2 Chile.
- Cibils, A. F., D. Md. Swif. y R. H. Hart. 2003. Female- Biased herbivory in fourwing saltbush browsed by cattle. Journal of Range Management Vol 56: 47-51.
- Cossalter C. 1989; Árboles y arbustos resistentes a la sequía, para la plantación de secano en Bahrain. FAO/PNUD BAH 087/0 Roma, Italia.
- Cuevas Mier, L. 1980. Adaptación de 3 especies de *Atriplex* en el Municipio de Marín Nuevo León. Tesis licenciatura Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

- Delgadillo Vázquez, A. M., 1995. Identificación y censo de la avifauna migratoria y residente de la laguna de Sayula, Jalisco. Tesis licenciatura. Facultad de Biología, Universidad de Guadalajara. México.
- De la Torre Haro., M. A., L. E. Jiménez Sánchez., 1992. Caracterización del ex-lago de Sayula con vistas a implantar *Atriplex canescens* (costilla de vaca). Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. México.
- Ensminger, M. E. 1978. Stockman's Handbook. 5ª ed. The Interstate Printer and Publisher. Danville Illinois. USA.
- Esparza, Ch.1980. Variación estacional de los atributos nutricionales de *Atriplex canescens*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio Durango, México.
- Estrada Faudón . E., 1983. Estudio geográfico de dos islas lacustres de la jurisdicción de Atoyac, Estado de Jalisco. Boletín del Instituto de Geografía y Estadística Universidad de Guadalajara. 6(1):2-19 México.
- Estrada Faudón E., 1993. "Vegetación de la laguna de Sayula, problemática y alternativas" en Munguía, C. F. (coordinador) Análisis geográfico y social de la zona Zacoalco-Sayula. Sociedad de Geografía y Estadística de Jalisco, Guadalajara, 198 pp. México.
- Ezcurra E. y E. Mellink 2005. Hot deserts. Encyclopedia of Life Sciences. Edit John Wiley & Sons, Ltd. California USA.
- Feuchter Astiazarán F. R. 2000. Recuperación de suelos salinos agrícolas, mediante el establecimiento de praderas bajo riego y cultivos alternativos. Universidad Autónoma de Chapingo Centro regional Universitario del Noroeste. Sonora México.
<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/recuperacion/recuperacion03.htm>.
- Forest Service.1937.Range Plant Hand Book. USDA Forest Serv. Washington, DC, citado por Quiñones V.J.J, 1987. Evaluación indirecta de la biomasa de *Atriplex canescens* en el noreste del estado de Durango. Tesis de maestría.

- Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia. Chihuahua, Chih.
- Galindo Almanza, S. y E. García Moya, 1986. Usos del mesquite (*Prosopis L.*) en el Altiplano Potosino. *Agrociencia* 63:7-16. San Luis Potosí México.
- Glenn, P.E; M Olsen; R. Frye D. Moore, y S. Miyamoto, 1994. ¿Para la tolerancia de la sal en la subespecies halofitas de los *Atriplex canescens* cuánta acumulación de sodio es necesaria? *Plant, Cell and Environment* 17:711-719.
- Glenn, E.P., y J.J. Brown. 1998. Effects of soil salt levels on the growth and water use efficiency of *Atriplex canescens* (Chenopodiaceae) varieties in dryng soil. *American Journal of Botany* 85:10-16.
- Hernández Alonso, J., 1986. Evaluación biológica-silvícola de un ensayo de plantaciones con *Eucaliptus ssp.* En Zacoalco de Torres Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. México.
- Hinojosa Huerta, O. y C. Barrera Guevara. 2005. Proyecto Agrosalino del Delta del Río Colorado. *Revista Pronatura* 11: pag. 32,37. México.
- Islam M. y M.A. Adams. 2000. Nutrient distribution among metabolic fractions in 2 *Atriplex spp.* *Journal of Range Management* 53:79-85.
- Hodgkinson, H. S. 1987. Relationship of saltbush species to soil chemical properties. *J. Range Management.* 40:23
- Ibarra Flores F., Garza C. H., De Luna V. R. 1979. establecimiento de costilla de vaca *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt, en forma directa bajo estructuras de poceo en condiciones áridas. *Monografía Técnico Científica Vol. 5 No. 2 UAAAN, Saltillo Coahuila. México.*
- Instituto de Botánica CUCBA,1998. Ordenamiento ecológico territorial del estado de Jalisco: Grupo Flora. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Islam M., y M. A. Adams, 2000. Nutrient distribution among metabolic fractions in 2 *Atriplex spp.* *J. Range manage.* 53:79-85
- Jiménez Calderón L., 1983. Plantas halófitas de los suelos de la cuenca endorreica Zacoalco Sayula. Tesis de licenciatura. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.

- Konig R. K. W., 1993. Influence of saltbush (*Atriplex spp.*) as Diet-component on performance of sheep and goats under semiaride range conditions. Aachen shaker, 140. : graph.Darst.:(engl.) (Reihe Agrrrarwissenschaft). ISBN 3-86111-706-1
- Krebs, C.J. 1999. Ecological methodology. 2nd ed. Addison Wesley & Benjamin Cummings, Menlo Park. USA
- Lailhacar K, S., H Rivera, H. Silva, y J. Caldentey, 1996. Rendimiento de leña y recuperación al corte en diferentes especies del Género *Atriplex*. Revista de Silvicultura 10:85-97. Chile.
- Lailhacar K, S., Torres P, C. 2000. Papel de los arbustos forrajeros en la ganadería del secano árido de la zona centro norte. Circular de extensión. Publicación técnica ganadera no. 26 Universidad de Chile.
- Liot, C. 2000. Les salines préhispaniques du bassin de Sayula (Occident du Mexique) Milieu et techniques Bar International Series 849. Francia.
- Macias Rodríguez. M. A., 2004. Vegetación y flora de la laguna de Sayula, Guía ilustrada. Universidad de Guadalajara CONABIO, pp121. México.
- Mackie, R. J., R. F. Batchelor, M.E . Majerus, J.P. Weigand,V. P. Sundberg 2006. Fourwing saltbush (*Atriplex canescens*).Habitat management suggestions for selected wildlife species. Montana State University. <http://www.animalrangeextension.montana.edu/articles/Forage/Plants/4wingsalt.htm>. Última actualización: 08/29/2006. USA.
- Martin, A.C., H.S. Zim., A.L. Nelson. 1951. American wildlife and plants. A guide to dover / New York. En Natural Resources Conservation Services USDA <http://plants.usda.gov/java/profile?simbol=ATRIP> USA.
- Medina, R. J y J. E. Hernández, 1993. Evaluación hidrogeológica de la subcuenca del lago de Sayula; en Munguía, C. F. (coordinador) Análisis geográfico y social de la zona Zacoalco-Sayula, Sociedad de Geografía y Estadística de Jalisco, 198 pp. México
- Meyer, S.E. 2003. Atriplex I. In; Woody plant seed manual. <http://www.wpsm.net> (not paged)

- Murie, O. J. 1974. Field Guide to Animal Tracks. 2nd. Edition. Peterson Field Guides, Houghton-Mifflin, USA.
- Meza Sánchez R., D.D. Reygadas Prado, 2001. Áreas potenciales y tecnología de producción de cultivos en el valle de Santo Domingo, B.C.S. Publicación Técnica Núm. 1 Abril de Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. México.
- National Geographic 2002. Field Guide to The Birds of North America . 4ta ed. USA
- Nazari Dashlibrown P. 1998. Plantation of fodder shrubs in arid semi-arid zones of Iran. Forest & Range Organization, Department of Range, Theran. Iran.
- Niekerk W.A. Van , C.F. Sparks, N.F.G. Rethmanand, y R.J. Coertze, 2004. Qualitative characteristics of some *Atriplex* species and *Cassia sturtii* at two sites in South Africa South African Journal of Animal Science 2004, 34 (Supplement 1) South African Society for Animal Science *Peer-reviewed paper: 8th International Conference on Goats* 108. Sud Africa. <http://scienceviews.com/plants/fourwingsaltbush.html>
- Paso y Troncoso 1902, en Catherine Liot 2000. Les salines préhispaniques du bassin de Sayula (Occident du Mexique) Milieu et techniques Bar International Series 849. Francia.
- Ramirez Alvarez A. 2004. Aproximación a la historia de la educacion Veterinaria en Jalisco. Cucba. Universidad de Guadalajara. México.
- Ramírez Marcial, N., S. Ochoa Gaona, M. González Espinoza, P. F. Quintana Ascencio, 1998. Análisis florístico y sucesional en la Estación biológica Cerro Huitepec, Chiapas, México. Acta Botánica Mexicana 44: 59-85. México.
- Riffle J.W, y Springfield, H.W. 1968. Hydrogen Peroxide Increases Germination and Reduces Microflora on Seed of Several Southwestern Woody Species. Forest Science, Volume 14, Number 1, 1 March 1968, pp. 96-101(6) society American Foresters. USA.
- Riveros, F. 1985. Arbustos forrajeros en Libia. Dirección de Producción y Protección Vegetal. FAO. Roma, Italia.

- Romero-Paredes Rubio J. I., R. G. Ramírez Lozano. 2003. *Atriplex canescens* (Purch Nutt), como fuente de alimento para las zonas áridas Revista Ciencia de la Universidad Autónoma de Nuevo León 6(1):85-92 México.
- Romero-Paredes Rubio y Urrutia 2004. Suplementación con costilla de vaca y vaina de mezquite a cabras en lactancia. Instituto nacional de investigaciones forestales agrícola y pecuarias centro de investigación regional noreste campo experimental San Luís INIFAP tríptico desplegable para productores no. 16 México.
- Rzedowski, J., 1987. Atlas cultural de México. Flora. SEP. México. Grupo editorial Planeta e Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Sangines L., C. D. Grande, F. R. Pérez Gil, 1992. Comparación del valor nutritivo de cuatro especies de *atriplex* y evaluación de un procedimiento de desalado sobre el contenido proteínico de *A. nummularia* Revista Biotam v 4:1
- Santos Sierra T., S. Echevarria Morales, 2004. Saladillo (*Atriplex acanthocarpa*), especie forrajera en comunidades halófitas del desierto chihuahuense. Folleto técnico No. 10 Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CIRNC Chihuahua, Chih., México
- Saucedo R.A., J. S. Sierra, y O.L. Prado. 1989. Trasplante de chamizo en dos localidades de la zona de matorrales del estado de Chihuahua. Pastizales 18: 22-38
- Saucedo T. R. y Chacón R. R., 1999. Crecimiento y sobrevivencia en plantaciones de Chamizo como efecto de distancia entre plantas. Folleto Científico No.2 CIRNC. Campo Experimental La Campana INIFAP, México.
- Saucedo T. R. 1999. Producción de Forraje y respuesta a la defoliación del Chamizo (*Atriplex canescens*) durante la primavera. Folleto Científico No.1 CIRNC. Campo Experimental La Campana, INIFAP, México.
- Saucedo T. R., 2003. Guía técnica para el establecimiento y utilización de plantaciones de Chamizo. Folleto para productores No.10 CIRNC. Campo Experimental La Campana INIFAP, México.
- Schemnitz, S.D., 1980. Wildlife management techniques manual. The wildlife society. Fourth edition. USA.

- Schulz, K. 2006. Alianza de los Arbustos *Atriplex canescens* NatureServe. 2006.: Una enciclopedia en línea de la vida Versión 6.1. NatureServe, Arlington, Virginia. <http://www.natureserve.org/explorer>. USA.
- SEDER 2007. Sistema de información geográfica SIG 2007 cédulas municipales en <http://sig.jalisco.gob.mx/cedulas/invganadero.php?>
- SIAP 2007. Población ganadera. Bovino (carne y leche) Servicio de información y estadística agroalimentaria. SAGARPA. México.
- Silva Barragán, Juan José. 1985. "Sistemas de producción bovina en Zacoalco de Torres, Jalisco Tesis. Escuela de Agricultura Universidad de Guadalajara, México.
- Slayback, R.D., W.A. Bunter, y L.R. Dean. 1995. Restoring Mojave Desert farmland with native shrubs. In: Roundy, B.A., E.D. McArthur, J.S., Haley, and D.K. Mann (eds). Proceedings: Widland shrub and arid land restoration symposium. General. Technical Report INT-GTR-315. Intermountain Res. Sta. Forst Serv. USDA. OGDEN, UT. 113-115p. USA
- Springfield, H.W. 1964. Some Factors affecting germination of fourwing saltbush Res. Note RM.-25 v.s. Forest Service. Annotated Bibliography No. 6 180 *Atriplex* spp. USA.
- Springfield, H.W. 1970. Germination and establishment of fourwing saltbush In: The southwest USDA Serv. Res. Pap. R. M. 55
- Soltero G. S., y L.C. Fierro. 1981. Importancia del chamizo (*Atriplex canescens*) en la dieta de bovinos en pastoreo en un matorral desértico de *Atriplex Prosopis* durante la época de sequía. Boletín técnico Vol. XII no. 1 Rancho experimental La Campana INIP-SARH. México.
- Stebbins, R. C. 1985. Western Reptiles and Amphibians. Houghton Mifflin, Boston, Massachusetts.
- Stutz, H. C. 1978. Explosive evolution of perennial *Atriplex* in western North America. Great Basin Naturalist Memoirs. 2: 161-168. [2279] USA.
- Stutz, H.C. 1982. Broad gene pools required for disturbed lands. In: E.F. Aldon and W. Oaks W. eds. Reclamation of mined lands in the southwest: Proceedings of

- the symposium; 1982 Oct. 20-22; Albuquerque NM. Soil Conservation Society of America, New Mexico Chapter, Albuquerque, NM. P.113-118. USA.
- Teague R. D., Decker E. 1979. Wildlife conservation. principles and practices. The Wildlife society. Colorado State University printing service. First Edition.
- United Nations Environmental Programme (UNEP). 1993. Important Technical Concerning the Negotiation for an International Convention to Combat Desertification in Latin America and the Caribbean. México.
- Velázquez Flores, S. 1983. Estudio preliminar a una plantación de eucalipto en Zacoalco de Torres, Jalisco. Tesis Escuela de Agricultura Universidad de Guadalajara, México.
- Villanueva Díaz J., y A. Hernández Reyna, 2001. Opciones productivas para sitios con problemas de sales en la zona media potosina folleto técnico num. 16 SLP, INIFAP, México.
- Villaseñor, J. L. y F. J. Espinosa G. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 449 pp.
- Villegas Flores, E., 1995. Vegetación de la Laguna de Sayula. Tesis de licenciatura, Facultad de Biología. Universidad de Guadalajara, México.
- Vines, R.A. 1960. Trees shrubs and woody vines of the south best. U. Of Texas Press. Austin, Texas . USA.
- Yensen N. P, 2001. Halófitas del Golfo de California y sus usos. Universidad de Sonora. Edit. Uni-Son Hermosillo, Sonora. México. 296 pp.