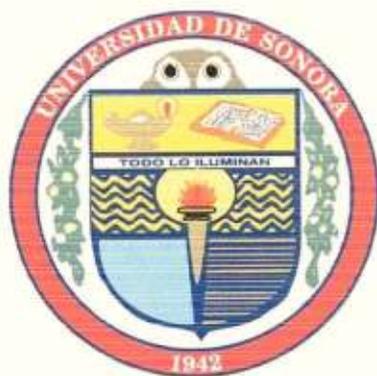


UNIVERSIDAD DE SONORA

**DIVISIÓN DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS,
CONTABLES Y AGROPECUARIAS**



**Siembra directa de pastos y arbustos forrajeros para
rehabilitación de agostaderos en la sierra de Sonora**

TESIS

José Alfredo Maldonado Encinas

Santa Ana, Sonora

Julio de 2009

Universidad de Sonora

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

**Siembra directa de pastos y arbustos forrajeros para rehabilitación de
agostaderos en la sierra de Sonora**

TESIS

**Sometida a la consideración del Departamento
de Administración Agropecuaria**

de la

**División de Ciencias Administrativas, Contables y Agropecuarias
de la Universidad de Sonora**

por

José Alfredo Maldonado Encinas

Como requisito parcial para obtener el título

de

Licenciado en Agronegocios Internacionales

Santa Ana, Sonora

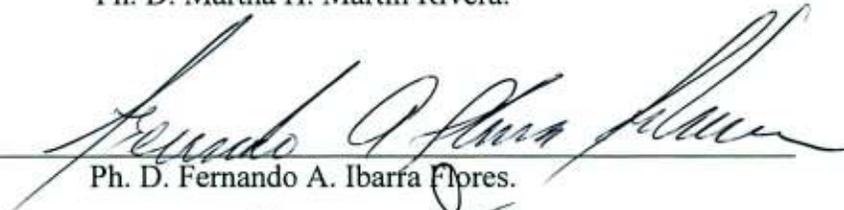
Julio de 2009

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL COMITÉ TUTORIAL,
APROBADA Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN AGRONEGOCIOS INTERNACIONALES

COMITÉ TUTORIAL:

DIRECTOR: 
Ph. D. Martha H. Martín Rivera.

ASESOR: 
Ph. D. Fernando A. Ibarra Flores.

ASESOR: 
M. C. Luis Ernesto Gerlach Barrera.

AGRADECIMIENTOS

A Dios antes que a nadie, por la vida, por la salud, por el amor, por la familia que me ha dado, por los amigos y por el hecho de existir.

A mis padres José Alfredo y Patricia, quienes me dieron su amor, la vida, un gran ejemplo a seguir, valor, educación y todo lo que ahora soy. A mi hija Ana Cristina por darme felicidad y su amor, además de la experiencia más grande, el ser padre. A mis hermanos Carolina y Mario por los buenos y malos momentos juntos.

Al Ing. Alberto Ayala quien en un principio me dió ánimos y orientación para estudiar esta carrera fuera de casa, y que durante y hasta la fecha ha seguido su amistad y apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros Miryta, Pipo y Mario que codo con codo tuvimos logros juntos y apoyo entre nosotros, por estar siempre conmigo y apoyarme sobre todo en los momentos difíciles tendiéndome la mano.

A mi compadre Henoc que desde el principio de la carrera hemos estado pendientes el uno del otro dándonos ánimo y ayudándonos en los momentos en que se nos atora la carreta.

A mis maestros por el tiempo, la paciencia, la educación y su amistad, sobre todo a mi directora de tesis, Ph. D. Martha H. Martín Rivera, y a mis asesores Ph. D. Fernando Ibarra Flores y el M. C. Ernesto Gerlach Barrera; así mismo, a T.A.C.A.G. Héctor Armando Gerlach Barrera, a mi tata M. A. Francisco G. Denogean y M. A. Salomón Moreno, quienes con entusiasmo y profesionalismo estuvieron trabajando durante meses conmigo para plasmar mis objetivos.

A mi segunda casa la UNISON *campus* Santa Ana por haberme cobijado y ser el principio de una nueva vida como profesional y profesionista. Al INIFAP por apoyarnos

con este proyecto; a la Fundación Produce por ser quien patrocinó económicamente y a la Unión Ganadera Regional de Sonora.

A los Ranchos “La Montosa” y “La Hierbabuena” porque de muy buena manera permitieron realizar éste estudio en sus tierras; así mismo al Doctor Héctor Manuel Maldonado y Adalberto Maldonado por creer en la investigación y recibirnos. A los vaqueros Pancho y Humberto por recibirnos siempre con ese cafecito antes de entrarle en las mañanas a la parcela.

A mi compañera y amor Karen Iveth, mi Pecosita, que ha estado conmigo a sol y sombra en toda situación dándome su amor, paciencia y apoyo. A su familia que desde lejos los he sentido verdaderamente mi familia sin importar las diferencias, al Doc. Abahel por su apoyo y amistad, a la gente del pueblo que ha convivido conmigo.

A mis amigos Alex, mi padrino Marco (chicharra), Kike, Leonel, Loreto, el Güero Maldonado, Watas, Bringas y los franceses, a Kacho Fuigueroa por su amistad y apoyo.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado una familia tan maravillosa como la que me dió, unos amigos como los que tengo y por haberme puesto en el camino adecuado para cumplir mis metas y realizar mis sueños.

A mi familia en general por haber inculcado en mí, el desarrollo de la ganadería como una fuente de trabajo y un estilo tradicional de vida.

A la memoria de dos personas que con aprecio y respeto los traté y que no alcanzaron a ver mi trabajo y objetivos de tesis terminado, Carlos Maldonado Menchaca†, y Alfredo Encinas Ezrré†.

A todas las personas que han creído en mí y de alguna manera han y seguirán participando en mis metas y logros.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Problemática en las regiones áridas.....	5
Situación del agostadero en México.....	6
Situación de la actividad pecuaria en Sonora.....	7
Importancia de la rehabilitación de agostaderos.....	8
Importancia del forraje.....	10
Valor nutritivo del forraje.....	12
Características para la selección de arbustos forrajeros.....	13
Selección del sitio de siembra.....	14
Experiencias con siembras de zacates y arbustos forrajeros.....	14
Zacate buffel [<i>Cenchrus ciliaris</i> (L.) Link].....	15
Origen geográfico.....	15
Descripción botánica de la planta.....	16
Valor nutritivo.....	17
Ciclo de vida y productividad.....	17
Panizo azul [<i>Panicum antidotale</i> Retz].....	18
Distribución.....	18
Establecimiento.....	19
Descripción botánica de la planta.....	19
Producción del zacate y calidad.....	19
Producción de semilla.....	19
Zacate liebrero [<i>Bouteloua rothrockii</i> Vasey].....	20
Distribución.....	20
Descripción botánica de la planta.....	20
Valor forrajero.....	21
Navajita anual [<i>Bouteloua simplex</i> Lag.].....	21
Distribución.....	21

Descripción botánica de la planta.....	21
Valor forrajero.....	22
Grama china [<i>Cathestecum brevifolium</i> Swallen].....	22
Distribución.....	22
Descripción botánica de la planta.....	22
Valor forrajero.....	23
Chicurilla [<i>Ambrosia cordifolia</i> (A. Gray) W.W. Payne].....	23
Distribución.....	23
Descripción botánica de la planta.....	23
Valor forrajero.....	23
Leguminosas.....	23
Cósahui del norte [<i>Calliandra eriophylla</i> Benth].....	24
Distribución.....	24
Descripción botánica de la planta.....	24
Valor forrajero.....	24
Sitiporo [<i>Desmanthus covillei</i> : Briton & Rose) Wiggins ex B.L. Turner].....	24
Distribución.....	24
Descripción botánica de la planta.....	24
Valor forrajero.....	25
Mezquite [<i>Prosopis juliflora</i> (Sw) D.C.].....	25
Distribución.....	25
Descripción botánica de la planta.....	25
Variaciones climáticas.....	25
Antecedentes biológicos.....	26
Valor forrajero.....	26
Producción.....	26
Palo blanco [<i>Ipomoea arborescens</i> (Kunth) G.].....	27
Distribución.....	27
Descripción botánica de la planta.....	27
Antecedentes biológicos.....	27
Valor forrajero.....	28

Producción.....	28
Palo dulce [<i>Eysenhardtia orthocarpa</i> (A. GRAY) S. Wats].....	28
Descripción botánica de la planta.....	28
Antecedentes biológicos.....	28
Valor forrajero.....	29
Piojito [<i>Caesalpinia pumila</i> (Britton & Rose) Hermann.].....	29
Distribución.....	29
Descripción botánica de la planta.....	29
Antecedentes biológicos.....	30
Valor forrajero.....	30
Zámota [<i>Coursetia gladiosa</i> (A. Gray)].....	30
Distribución.....	30
Descripción botánica de la planta.....	31
Antecedentes biológicos.....	31
Valor forrajero.....	31
Vagote [<i>Perkinsonia aculeata</i> L.].....	31
Distribución.....	31
Descripción botánica de la planta.....	32
Antecedentes biológicos.....	32
Valor forrajero.....	32
MATERIAL Y MÉTODOS.....	33
Localización del sitio de estudio.....	33
Establecimiento del experimento.....	33
Evaluación de la respuesta de los zacates.....	38
Evaluación de la respuesta de las arbustivas.....	42
Diseño experimental y análisis estadístico.....	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
Precipitación.....	50
Resultado de zacates.....	50
Densidad de zacates introducidos.....	50
Densidad de zacates nativos.....	53

Altura de zacates.....	53
Cobertura basal de zacates.....	56
Producción de forraje en zacates.....	56
Respuesta de arbustos forrajeros.....	60
Densidad de arbustos.....	60
Altura de arbustos.....	60
Cobertura aérea de arbustos.....	60
Número de tallos por arbusto.....	64
Producción de forraje en arbustos.....	64
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Precipitación promedio mensual y total (mm) registrada en el periodo de estudio del 2001 al 2006 en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.....	51
Cuadro 2. Densidad de plantas de zacate buffel frío y panizo azul (Plantas/m ²) durante el 2001 al 2004 en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.....	52
Cuadro 3. Densidad de arbustos (Plantas/ha) en el 2006 en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.....	61
Cuadro 4. Producción total de forraje aprovechable en arbustos (kg/ha) en el 2006 en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización del sitio de estudio.....	34
Figura 2. Vista panorámica del sitio de estudio.....	35
Figura 3. Siembra directa de las especies forrajeras en el sitio de estudio...	37
Figura 4. Densidad de población de zacates forrajeros en el sitio de estudio a cuatro veranos de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.....	39
Figura 5. Altura de zacates en el sitio de estudio rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.....	40
Figura 6. Cobertura basal de las especies de zacates en el sitio de estudio en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.....	41
Figura 7. Producción de forraje de zacates en el sitio de estudio.....	43
Figura 8. Evaluación para determinar la densidad de población de arbustos forrajeros en el sitio de estudio a cuatro veranos de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.....	44
Figura 9. Evaluación de campo para determinar la altura de plantas forrajeras en el sitio de estudio en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.....	45
Figura 10. Determinación de la cobertura aérea de las ocho especies arbustivas forrajeras en el sitio de estudio en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.....	46
Figura 11. Ilustración del secado de muestras de forraje en el laboratorio de la UNISON en Santa Ana, Sonora.....	47
Figura 12. Densidad de zacates al quinto verano de la siembra (2005) en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.....	54
Figura 13. Altura de zacates cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.....	55

Figura 14.	Cobertura basal de zacates cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.....	57
Figura 15.	Producción de forraje en zacates cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.....	58
Figura 16.	Altura de arbustos (cm) cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.....	62
Figura 17.	Cobertura aérea de arbustos (%) cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.....	63
Figura 18.	Número de tallos base en arbustos cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.....	65
Figura 19.	Producción de forraje (kg/planta) cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.....	66

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de evaluar la adaptación y el potencial de siembra de dos tipos de pastos y ocho arbustos forrajeros para la rehabilitación de terrenos degradados en la sierra de Sonora. Durante el mes de julio del 2000 se sembraron mediante siembra directa ocho especies arbustivas y dos especies de gramíneas forrajeras. La siembra de todas las especies se realizó manualmente en un área de aproximadamente dos hectáreas, sobre una cama de siembra preparada con un arado subsoleador de tres picos, enganchado en la parte posterior de un buldózer D-5. La siembra se realizó sobre suelo seco antes de las lluvias del verano.

Las especies de pastos que se sembraron son: zacate panizo azul (*Panicum antidotale* Retz) y zacate buffel variedad frío [*Cenchrus ciliaris* (L.) Link] con una densidad de siembra de 2.0 y 3.0 kg de semilla pura viva por hectárea, respectivamente.

Las especies arbustivas que se sembraron son: zámota [*Coursetia glandulosa* (A. Gray)], cósahui del norte (*Calliandra eriophylla* Bentham), mezquite [*Prosopis juliflora* (Swart) DC.], palo dulce [*Eysenhardtia orthocarpa* (A. Gray) S. Wats], palo blanco [*Ipomoea arborescens* (Humb & Bonpl) G. Don], piojito [*Caesalpinia pumila* (Britt & Rose) Hermann], sitiporo [*Desmanthus covillei* (Britt & Rose) Wiggins ex Turner] y vagote (*Parkinsonia* spp.) con una densidad de siembra de 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.5, 0.5, 0.25, y 0.5 Kg. de semilla pura viable por hectárea, respectivamente.

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar con ocho tratamientos (especies) y seis repeticiones. Cada variable fue analizada individualmente en forma separada durante cada año, utilizando análisis de varianza simple ($P < 0.05$). Para la diferencia entre medias de tratamientos se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan.

La mayor densidad de plantas en pastos la obtuvieron los zacates nativos con descompactación con 6.4 plantas/m², seguida de el zacate buffel frío promediando al final del estudio a cuatro veranos 5 plantas, después los zacates nativos sin descompactación con 2.7 plantas y finalmente el zacate panizo azul con 0.15 plantas, los que obtuvieron la mayor altura fueron el panizo azul y buffel frío con 1.97 y 1.34 m, seguidos por los nativos con descompactación y testigo 69.5 y 53.8 m, respectivamente; en la cobertura basal el mayor con diferencia significativa ($P \leq 0.05$) la obtuvo el buffel frío con 29.6%, seguido de los nativos con descompactación, testigo y panizo azul con 8.2, 5.7 y 1.2%, respectivamente. La producción total de forraje promedió 8.72 y 3.4 ton M.S./ha en parcelas sembradas con buffel frío y panizo azul, respectivamente y 2.77 y 1.35 ton M.S./ha en parcelas con zacates nativos sujetas a descompactación con subsoleo y testigo, respectivamente. La producción de forraje fue 2 a 5 veces superior en las áreas sembradas y se duplicó en las áreas descompactadas sin sembrar, en comparación con el testigo, el cual no mostró mejora significativa durante 4 años de protección del pastoreo.

Aunque la precipitación fue variable entre años se logró una buena adaptación de plantas. El cóсахui del norte, sitiporo y palo dulce lograron la mayor densidad ($P \leq 0.05$) promediando 6,763, 3,352 y 1,111 p/ha. La altura más sobresaliente la lograron el vagote, sitiporo y zámota con rangos de 127 a 290 cm. La mayor ($P \leq 0.05$) cobertura basal la lograron el vagote, sitiporo y zámota con medias entre 2.1 y 9.33%. Las especies con mayor producción de forraje fueron vagote, zámota y piojito con 0.95, 0.32 y 0.30 kg/planta, respectivamente.

Se concluye que los agostaderos deteriorados y poco productivos de la sierra de Sonora requieren aplicación de prácticas de descompactación de suelo, retención de agua y siembra de especies forrajeras para su recuperación.

INTRODUCCIÓN

Las zonas desérticas sustentan una parte considerable de la población ganadera del país. Uno de los problemas más significativos de las regiones áridas y semiáridas que reportan los productores, es la baja productividad del sector agropecuario y la escasa eficiencia en la utilización de los recursos naturales.

La degradación de los agostaderos en Sonora se atribuye a una serie de factores como: sequías prolongadas, el manejo inadecuado que se le ha dado principalmente a la vegetación, trayendo como consecuencia densidad baja de plantas forrajeras y erosión del suelo. También la forma tradicionalista de los productores para resolver los problemas dentro del agostadero; por ejemplo la costumbre de explotar los recursos del predio y no reintegrar nada a este tipo de sistema. Debido a esto se requiere considerar que los tiempos cambian y la condición de los recursos en particular no es la misma, por lo que surge la necesidad e inquietud de realizar investigación para resolver parte de esta problemática.

Por mucho tiempo se pensó que la introducción de zacates forrajeros era una de las mejores opciones para incrementar la producción forrajera, por lo que se tomaron medidas drásticas como el desmonte intensivo o con cadenas como es comúnmente conocido. El cual, consistía en desmontar completamente los terrenos de agostadero de las “malezas”, que los productores consideraban (arbustos nativos forrajeros) con el fin de sembrar solamente buffel, que es de alto rendimiento y se adapta bien a las condiciones climatológicas de nuestro estado. Actualmente, mucho se critica que fue un error muy grande, en parte lo fue, pero no porque el zacate buffel sea un mal forraje, sino porque debió de existir una combinación con otras plantas del agostadero para realizar un uso eficiente del sistema. Tanto los zacates como los arbustos tienen sus propiedades, se puede

observar en el campo que las gramíneas y especies nativas tienen sus ciclos de producción, los cuales se presentan en diferentes épocas del año; esto sirve como alimento para el ganado y la fauna silvestre a través de todo el año. Esta vegetación presenta otras características como lo es la fijación de nutrientes al suelo, mismos que los zacates utilizan, por lo que son complementarios, lo que los hace subsistir, mantener y preservar la vegetación en el agostadero.

Este proyecto es de importancia general para la sociedad debido a que del agostadero se cubren muchas de sus necesidades como carne, leche y derivados, vestido, madera, leña y carbón, fauna silvestre, plantas para frutos como chiltepín, plantas medicinales y de ornato, turismo, entre otras, pero enfocándose más para las zonas áridas, como lo es gran parte del norte de México. Así como también, podría ser de gran utilidad para la zona serrana de Sonora ya que hay más de 10,000 productores y sus familias que se dedican a la cría de ganado bovino, caprino y ovino principalmente para carne y leche, fuente principal de la economía en esas zonas; consecuentemente se podrá ir expandiendo la información que se obtenga de éste; ya que dependiendo de los resultados se orientará a los productores para que identifiquen, aprovechen y cuiden su vegetación nativa y la forma en que se deben de introducir las especies de otros continentes, y de esta forma eficientar y hacer rentables los agostaderos deteriorados con baja productividad.

El conocer las condiciones en las que se encuentran los suelos y junto con los productores obtener formas de rehabilitar el agostadero sin vegetación, para sacar provecho de esas tierras por medio de pruebas que se realizan como la propagación de especies nativas en combinación con especies forrajeras introducidas en zonas pobres de vegetación.

El agua es uno de los elementos más importantes para la vida, sin ella no es posible producir. La captación de agua de lluvia es una práctica muy simple y eficiente para la

rehabilitación y mejoramiento de los agostaderos, especialmente de los más deteriorados por el mal manejo, ya que al mismo tiempo sirve para la captación de agua y que la vegetación tenga disponible en más cantidad y tiempo, la humedad del suelo se utiliza para la siembra de zacates, arbustos y árboles. La siembra de plantas permite mejorar la cobertura vegetal, la diversidad de la vegetación y sobre todo aumentar la producción y calida del forraje.

No se conoce el potencial de adaptación del zacate buffel frío y panizo azul bajo las zonas regionales, igualmente se desconoce la adaptación y el potencial de producción de arbustos forrajeros nativos de la zona. Por lo que se realizó este estudio con el objetivo de rehabilitar agostaderos deteriorados, basado en el establecimiento de dos gramíneas y ocho arbustos forrajeros por el método de siembra directa en la sierra de Sonora y con esto demostrar si los resultados son redituables y además en qué grado la inversión que se le proporcione al agostadero por medio de estas prácticas sirvió para mejorar la capacidad de producción del agostadero en base a los números reales del beneficio ecológico, productivo y económico.

Otro objetivo es el obtener información de las especies empleadas en este estudio debido a que la información de apoyo existente de estas especies y su desarrollo en el campo es insuficiente.

La hipótesis del estudio es que los agostaderos deteriorados como se encuentran actualmente tienen poca capacidad de producción, con la introducción de especies forrajeras como alternativa y en combinación con las especies arbustivas forrajeras nativas es posible incrementar el potencial forrajero en más del 100% mediante la siembra directa de los pastos y arbustos forrajeros. De esta forma son menos las hectáreas que se necesitan para producir una unidad animal y con esto se incrementa también las utilidades del

productor, se disminuyen los problemas como: la erosión de suelo y la disposición adicional de alimento durante los diferentes periodos del año debido a que la producción forrajera total es el resultado de la combinación de varias especies.

REVISIÓN DE LITERATURA

Problemática en las regiones áridas.

De los problemas más importantes en las regiones áridas son la baja productividad del sector agropecuario y la escasa e ineficiente utilización de los recursos naturales, lo que ocasiona bajos niveles de vida en esas zonas. En la actualidad, cerca de una tercera parte de las tierras del mundo la constituyen los desiertos, muchos de los cuales han sido y siguen siendo formados por el hombre. Pero estos desiertos son dinámicos y año tras año avanzan sobre tierras productivas y éstas son vitales para la producción de alimento tanto para el ganado como para la fauna silvestre (Ayersa, 1984).

La degradación del suelo puede ser considerada como la alteración de propiedades físicas, químicas y biológicas, que viéndolo desde el punto de vista agronómico, resultan en una reducción o pérdida de producción. Los indicadores de calidad del suelo están sujetos a alteraciones de sus condiciones físicas, contenido de materia orgánica, condición química y biológica, ya que procesos severos como la erosión por agua y viento, contribuyen a la degradación del suelo (Lal *et al.*, 1998).

El principal problema en los ranchos es que muchos agostaderos están agotados, han perdido muchas plantas buenas y están compactados. Los suelos compactados no permiten aprovechar bien el agua de lluvia y esto es la principal causa responsable del escurrimiento rápido del agua. La compactación reduce el espacio poroso, el suelo se sella y comprime (menos oxígeno), se retiene menos agua en el terreno y se pierde más por escurrimiento. Al escurrirse el agua arrastra el suelo superficial que es más rico y con el se lleva también muchas semillas. Los suelos duros y compactados reducen el crecimiento de las plantas

porque no dejan respirar a las raíces ni tomar agua y nutrientes, tampoco dejan germinar a las semillas y a las que logran germinar, no las dejan crecer (Martín *et al.*, 2008).

Situación del agostadero en México.

En el noroeste de México extensas áreas desérticas que fueron productivas, ahora se encuentran invadidas de especies arbustivas y arbóreas con poco o nulo valor forrajero además de plantas tóxicas (Cox *et al.*, 1882; Roundy, 1993). Los periodos prolongados de sequía, el pastoreo intensivo, heladas, fuegos accidentales, desmontes intensivos, el uso de la madera para carbón, ornamental, cercos, fabricación de figuras artesanales y muebles, entre otras, han causado cambios drásticos en la vegetación de los agostaderos, dejando áreas con baja productividad forrajera y suelos desnudos con alto riesgo de erosión (Vallentine, 1980; Scifres, 1980; Ibarra *et al.*, 1996).

En la República Mexicana en lo que corresponde a las tierras de pastoreo de semidesiertos, además de llanuras, se incluyen gran cantidad de terrenos ondulares y montañosos. En este último tipo de topografía y bajo dichas condiciones climatológicas, los suelos de las partes más altas (lomo de cordones o cerros) son poco menos superficiales; los suelos de talud (faldas de cordones o cerros) son menos superficiales; el suelo del piamonte (bajíos o planes) tiene más cuerpo y son más profundos, corresponden a el suelo del valle. Las partes más altas de una elevación, por su escasa profundidad y posición topográfica, principalmente si se trata de un parte aguas, no tienen capacidad para retener la humedad de las precipitaciones (Velazco, 1991).

Las regiones más maltratadas corresponden a millones de hectáreas formadas por llanuras no adecuadas para la agricultura ni para el establecimiento de bosques, pero que sirven y han servido como áreas de pastoreo a innumerables cabezas de ganado bovino,

caprino, ovino, equinos, entre otros, y representan la superficie de la tierra que originó la proteína animal que ha alimentado al hombre desde tiempos remotos (Velazco, 1991).

Situación de la actividad pecuaria en Sonora.

En el estado de Sonora, la actividad pecuaria se ha llevado a cabo en aproximadamente 15 millones de hectáreas que corresponden a un 83% de la superficie total. Por otra parte, las características climatológicas del estado como son comúnmente los largos periodos de sequía, limitan la disponibilidad de forraje a un ciclo de 90 a 120 días al año (Martín *et al.*, 1989).

Extensas áreas de agostadero que alguna vez fueron productivas se encuentran deterioradas, con fuertes problemas de erosión y un bajo índice de producción (COTECOCA, 1998; Ibarra *et al.*, 2006). Predios que en el pasado requerían de 10 a 20 hectáreas de agostadero para mantener una vaca adulta necesitan en la actualidad 2 a 5 veces más superficie para producir (Aguirre *et al.*, 2002). Factores tales como las frecuentes sequías, sobrepastoreo, ausencia de fuegos naturales, abandono de terrenos de cultivo, falta de infraestructura en los ranchos, tala inmoderada, desconocimiento y falta de interés de los productores, entre otros, han sido considerados responsables del problema (O'Hara *et al.*, 1993; Coronado-Quintana y McClaran, 2001).

Aunque los pastizales ocupan poca superficie en Sonora, comparados con los matorrales más áridos, la familia de las gramíneas está ampliamente representada en el estado por un número grande de especies de zacates nativos e introducidos (Johnson y Carrillo, 1997).

En Sonora, la zona serrana es la principal fuente de sustento para alrededor de 10,000 productores y sus familias. Se estima que aproximadamente 1.5 millones de

hectáreas de agostadero en esa zona presentan problemas de deterioro y bajo potencial de producción forrajera (150 a 300 kg de forraje seco/ha). Estas áreas se encuentran con escasa cubierta vegetal, presentando un alto riesgo de erosión y producen actualmente de tres a cuatro veces menos forraje y carne de su potencial. Con la siembra de especies forrajeras más productivas podría ser posible proteger el suelo e incrementar en 100% la producción de forraje y carne (Vallentine, 1980; Ibarra y Martín, 1995).

El deterioro de los agostaderos ha causado una reducción en el potencial de producción de forraje y carne en los ranchos, lo que ha resultado en la reducción y pérdidas de la rentabilidad de muchos predios ganaderos (Baer, 1990; Ibarra *et al.*, 2005), que ante el problema de falta de diversificación productiva, que incorpora otras opciones de producción con ingresos económicos adicionales, ha causado el abandono parcial o total de los mismos (Chauvet, 1997; Friedich, 2001). Se estima que la baja productividad de estos terrenos esta directamente relacionada con la baja rentabilidad de los ranchos (Ibarra *et al.*, 2005) y esta a la vez, con la migración de la población hacia las grandes ciudades (Sheridan, 1983; Baer, 1990).

Importancia de la rehabilitación de agostaderos.

La rehabilitación y el mejoramiento de los agostaderos forman una parte muy importante de los programas de conservación de los departamentos federales y estatales de agricultura. Actualmente, se están llevando a cabo experimentos para desarrollar métodos de resiembra con pastos adaptados en vegetación nativa, sistemas de pastoreo que están siendo estudiados para reducir la erosión en tierras de agostadero (Greulich y Adams, 1980).

Una opción que se ha venido desarrollando para el mejoramiento y recuperación de estas áreas degradadas es la introducción de especies forrajeras, que por sus características fenotípicas y genotípicas puedan adaptarse en el estado. Tal es el caso de gramíneas perennes como el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) como especie forrajera (Martín *et al.*, 1989a; Martín *et al.*, 1989b).

En las regiones más frías, las épocas de crecimiento cortas, la escasa posibilidad de lluvias, y las altas posibilidades de frío, limitan la siembra del zacate (Paull y Lee, 1978).

Las prácticas de revegetación de pastizales además de ofrecer la posibilidad de incrementar la disponibilidad de forraje y reducir los riesgos de erosión, permiten también mejorar la calidad nutritiva del forraje disponible, sin embargo se requiere conocer cuales son las mejores especies y prácticas de establecimiento y manejo para lograr tener éxito (INIFAP, 1997).

Las plantaciones con especies forrajeras contribuyen a aumentar la disponibilidad de forraje verde durante el periodo seco, además de que combinando diferentes especies con diferentes ciclos de maduración, cubrirá más tiempo este periodo (Lailhacar y Torres, 2000).

El subsoleo, cinceleo o ripeo es una práctica que se utiliza para descompactar suelos duros y sellados con el objetivo de mejorar la aireación del suelo, captar más agua de lluvia y promover el establecimiento de nuevas plantas. Es ideal para romper capas duras del suelo que impiden la infiltración, desarrollo radicular y establecimiento de las plantas, se realiza en sentido perpendicular a la pendiente del terreno. El arado subsoleador consta de 2 a 5 picos, es jalado por un tractor agrícola o buldózer y rompe el suelo a una profundidad de 20 a 40 centímetros (Ibarra *et al.*, 2004; Martín *et al.*, 2008).

En zonas áridas y semiáridas, el principal factor que limita el desarrollo adecuado de la ganadería es la falta de forraje, como consecuencia de lo escaso y errático de la precipitación. Esta situación se ha venido agravando debido a la sobre utilización que se ha hecho de los recursos del pastizal, lo cual, ha ocasionado la desaparición de muchas especies deseables en este tipo de ecosistemas (Olivas, 2003).

Importancia del forraje.

Mucho se ha hablado y escrito sobre la capacidad forrajera de algunas especies de arbustos y de la importancia de sus producciones como paliativo del déficit de forraje que, durante los meses secos ocurre en los pastizales de secano árido y semiárido. Las plantaciones con especies forrajeras contribuyen a aumentar la disponibilidad de forraje verde durante el periodo seco (Lailhacar y Torres, 2000).

La asociación de praderas con árboles puede traer beneficios sobre la disponibilidad y valor nutritivo del forraje, teniendo en cuenta la característica presentada por diversas especies arbóreas que es la de adicionarle nutrientes al ecosistema (Ribaski, 2000).

Desafortunadamente, el desconocimiento del hombre acerca de la importancia de los árboles y arbustos, así como la necesidad de satisfacer sus más esenciales necesidades, ha propiciado la destrucción de extensas zonas de vegetación, además de alterar el equilibrio ecológico y dañar considerablemente la economía de la región (Niembro, 1990).

La importancia del estudio de los alimentos forrajeros se deriva de que los pastos constituyen la fuente principal del alimento para la ganadería extensiva, tanto ovina como bovina de carne; el estudio de éstos sirven para su manejo y su aprovechamiento, así como también para indicar el uso que se está teniendo de los mismos (Rodríguez y Porras, 1996).

En las plantaciones de arbustos forrajeros, el beneficio no se limita al mayor aporte directo de forraje que éstos producen, sino que a esto debe de sumarse el efecto, generalmente favorable que tienen en el comportamiento del estrato herbáceo asociado. Estudios desarrollados recientemente en el Campo Experimental Agronómico de las Cardas, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile en Coquimbo, confirman que los arbustos del género *Atriplex* contribuyen a aumentar la fertilidad del suelo subyacente a través de la deposición de su propio mantillo (Lailhacar y Torres, 2000).

Una vez humificado y mineralizado el mantillo proporciona materia orgánica y nutrientes al suelo superficial. Los nutrientes devueltos al suelo por los arbustos, en gran medida provienen de los estratos del suelo que las raíces de las plantas herbáceas no alcanzan a incursionar. Por otra parte, estos arbustos contribuyen a mejorar las condiciones microclimáticas inmediatas, reduciendo los riesgos de heladas, así como favoreciendo una mayor humedad y menores temperaturas en el suelo superficial y atmósfera contigua a través de la sombra proyectada por sus copas, incrementando la posibilidad de crecimiento en arbustos y vegetación forrajera (Lailhacar y Torres, 2000).

Otra causa es el mejoramiento del estrato herbáceo mediante las plantaciones de arbustos forrajeros y es consecuencia del rezago inicial de los dos o más años a que estas plantaciones deben someterse con el objetivo de que los arbustos estén debidamente establecidos cuando el ganado empiece a ramonearlo por primera vez. Al respecto, este periodo de rezago favorece la recolonización de herbáceas nativas perennes, representadas especialmente por poaceas (gramíneas) las que por ser más apetecidas por el ganado durante los meses más secos, fueron progresivamente erradicadas por sobrepastoreo desde que los colonizadores españoles introdujeron sus especies animales domésticas (bovinos,

ovinos, caprinos y equinos) e implantaran sus sistemas de manejo, por lo general extensivo y continuo (Lailhacar y Torres, 2000).

Asumiendo que las plantaciones de arbustos forrajeros tienen como principal propósito disminuir las agudas deficiencias tanto cuantitativas (cantidad de materia seca forrajera herbácea producida por unidad de superficie) como cualitativas (calidad del forraje herbáceo en términos de su composición botánica, valor nutritivo o palatabilidad) de escasos forrajes disponibles durante el periodo de secas. La complementación del forraje arbustivo, con el herbáceo, aún estando éste último seco, contribuye a aumentar tanto la producción de materia seca por unidad de superficie, como a proveer una dieta más balanceada desde el punto de vista nutritivo (Lailhacar y Torres, 2000).

Valor nutritivo del forraje.

El valor nutritivo de los forrajes es influenciado por el estado de madurez de las plantas, las condiciones edáficas, condiciones climáticas, especie de plantas, condición del pastizal, grado de humedad y la especie animal, edad, estado fisiológico y sexo (Gutiérrez, 1991).

La asociación de praderas con árboles puede traer beneficios sobre la disponibilidad y el valor nutritivo del forraje, teniendo en cuenta la característica presentada por diversas especies arbóreas que es la de adicionarle nutrientes al ecosistema, principalmente tratándose de leguminosas fijadoras de nitrógeno. Los árboles también pueden ejercer otros papeles en los ecosistemas de pradera, proporcionando beneficios a los animales, al medio ambiente y a la propia pradera, además de la posibilidad de producir madera y otros productos diversos como frutos, forraje, goma y resina (Ribaski, 2000).

En periodos secos, muchas veces el nivel protéico de las praderas cultivadas con gramíneas, entre ellas el pasto buffel, no es suficiente para que los animales mantengan o ganen peso (Salviano, 1984) y la corrección de esas deficiencias nutricionales por medio de la asociación con leguminosas herbáceas es bastante difícil, pues son pocas las especies que soportan esas condiciones climáticas (Ayersa, 1984). Los productores conscientes de la necesidad de suplir esa diferencia nutricional han, establecido entre otras alternativas, plantaciones de mezquite, principalmente para la producción de vainas, con miras a suplementar a los animales (Ribaski, 2000).

Conocer la cantidad de forraje en un momento dado, bajo diferentes condiciones climáticas, es muy importante. Esto permite planificar más racionalmente la utilización de los potreros. Igualmente, orienta sobre la fluctuación de la cantidad y calidad del forraje a través del tiempo (Haferkamp *et al.*, 1993).

Características para la selección de arbustos forrajeros.

Para que un árbol o un arbusto puedan ser calificados como forrajeros deben reunir ciertas características tanto en términos nutricionales, como de producción y de versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. Los requisitos para la clasificación son: a) que su consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en sus parámetros de respuesta, b) que el contenido de nutrientes sea atractivo para la producción animal, c) que sea tolerante a la poda o ramoneo, d) que su rebrote sea lo suficientemente vigoroso como para obtener niveles significativos de producción de biomasa comestible por unidad de área (Benavides, 1991).

El follaje apetecible de arbustos forrajeros contiene 20% o más de proteína cruda, y resulta mucho mayor que el contenido de proteína de zacates perennes. Pero quizás más

importante que el contenido de proteína mismo, es el intervalo de tiempo en que se mantiene. Una vez que se establecen, los arbustos tienden a ser de larga vida. Es improbable que la presión del ramoneo por animales domésticos, provoque la muerte a plantas adultas, especialmente bajo situaciones de hatos controlados (Norton, 1993).

La vegetación arbustiva es el recurso más extenso y diverso en México, es uno de los tipos de vegetación menos entendido y posiblemente más pobremente aprovechado (Pérez *et al.*, 1993).

Selección del sitio de siembra.

En los requerimientos específicos del medio ambiente para cada árbol y arbusto hay grandes diferencias. Se debe sembrar un árbol o arbusto solamente donde la luz, humedad, pH del suelo y exposición del viento es apropiada para la especie en particular. Todas las plantas requieren espacio suficiente para el desarrollo adecuado de la raíz y copa (Olivas, 2003).

Las características del suelo frecuentemente son factores que limitan la sobrevivencia de las plantas leñosas en un área determinada. Algunas veces el suelo es inapropiado para el desarrollo de un árbol que requiere de un mejor drenaje o enmienda antes de que los árboles o arbustos sean sembrados en una localización dada. Se debe complementar un análisis de suelo en las áreas donde la calidad del suelo es dudosa (Jackson *et al.*, 1998).

Experiencias con siembras de zacates y arbustos forrajeros.

El matorral xerófilo cubre la mayor parte de Baja California así como grandes extensiones de la planicie costera y de montañas bajas de Sonora. El clima varía ampliamente, desde muy caluroso en las planicies costeras a relativamente fresco en las

partes más altas del altiplano, donde el matorral sube a veces hasta 3,000 m de altitud (Rzedowski, 1978).

La población transforma las zonas semiáridas en áridas, la desertificación será un importante problema en otras partes del mundo así como lo es en África. La aplicación de prácticas de manejo tiene un considerable potencial de reducir o hacer reversible el problema de la desertificación en muchas áreas (Holechek *et al.*, 2004).

En el estado de Arizona se han llevado a cabo estudios donde se sembraron en siembra directa seis zacates y siete arbustos en un suelo arenoso inicialmente a capacidad de campo durante los veranos de 1992 y 1993. Una estrategia posible para establecer diferentes especies arbustivas y arbóreas en un área agrícola abandonada con problemas de erosión (Roundy *et al.*, 2001).

Zacate buffel [*Cenchrus ciliaris* (L.) Link].

Origen geográfico. Este pasto está distribuido en la región de África tropical, norte de África, Isla de Madagascar, Islas Canarias, Arabia, India tropical y subtropical, Pakistán y en mayor proporción en regiones secas y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2,000 m (Bogdan, 1997).

El zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) es introducido y predomina en el Norte y Noroeste de México. Frecuentemente se siembra después de controlar las malezas mecánicamente y se maneja como zacate de agostadero. Es de ciclo cálido, bien adaptado, muy productivo, buena digestibilidad y preferido por el ganado (Hanselka y Reyes, 1986).

Se utiliza como una de las técnicas para restaurar la producción potencial de los agostaderos, aceptada por muchos ganaderos, es la siembra de praderas de temporal de zacate buffel, introducido de Sudáfrica y sembrado por primera vez en Sonora en el año de 1958. Desde su introducción se han visto desmontes y establecimiento de aproximadamente

400,000 ha de praderas (100,000 ha en los últimos seis años), la mayoría dentro de los límites del Desierto Sonorense. Entre 50,000 y 60,000 ha, alrededor de 14 % de las praderas sembradas, fueron establecidas en sitios no adecuados para este zacate y por lo cual se han venido desapareciendo (Alcaraz-Flores, 1989).

Descripción botánica de la planta. El zacate buffel es una planta perenne que crece en el verano y según la variedad, alcanza alturas superiores al metro y medio (150 cm). Su inflorescencia es una espiga cilíndrica densa, su sistema de raíces es profundo y fuerte. Esta gramínea puede dispersarse mediante rizomas corto y se reproduce por semillas, sus rizomas son tallos subterráneos que dan lugar a nuevos vástagos y a través de ellos va aumentando el área de macollo, con un crecimiento vigoroso en su circunferencia. Sus tallos son articulados y largos, con las bases engrosados que nacen de una corona nudosa en la base de la planta, con esto almacenan más carbohidratos que otras especies y pueden así rebrotar después de las heladas o sequías. No obstante, existen yemas con capacidad de rebrote en las partes superiores de la planta (Ayersa, 1981).

El zacate buffel común americano tiene baja tolerancia a las heladas y su adaptación se limita a regiones de agostadero con elevaciones inferiores a los 1,000 metros (Ibarra y Martín, 1995). Se han venido desarrollando, a través de cruzamiento genético, otras variedades de buffel como la “Nueces” y “Llano”, pero su tolerancia al frío no ha sido suficiente para establecerse en las zonas frías y altas (Bashaw, 1985). Otros estudios realizados en Texas por Hussey y Bashaw (1996), en donde se probaron diferentes variedades de buffel en diferentes localidades, indican que con excepción de la variedad buffel frío, todas las especies fallaron en establecerse en las regiones más frías de Texas. El

estudio demuestra que la variedad frío de buffel representa una alternativa potencial para el mejoramiento de agostaderos en las zonas más frías tanto de Texas y el norte de México.

Existe un gran número de variedades del buffel, su clasificación se hace de acuerdo a los rasgos genéticos distintos respecto a varias cualidades. Se encuentran variaciones en la coloración del follaje, color de la inflorescencia, altura y porte, entre otros. Una clasificación práctica de acuerdo a la altura de la planta es la siguiente: altos; con alturas mayores de 150 cm como las variedades de Bioela, Molopo, Boorará y Llano; medios: con alturas de 100 a 150 cm como: Gayndah, Común Americano, Higgins, Blue Búfalo; y bajos: con alturas entre 70 y 100 cm como: Manzimnyama, Sebungue y West Australia (Alcalá, 1995).

El zacate buffel, debido a su origen (África del Sur) se cree que puede prosperar en regiones que van desde climas templados hasta calientes, aunque se le tiene como un zacate de tierra caliente, en Texas ha soportado las inclemencias del invierno, que en ocasiones llega a estar la temperatura a unos grados centígrados por encima del cero, e incluso por abajo del cero, de esa manera se ve como resiste temperaturas extremas (Flores, 1993).

Valor nutritivo. La calidad nutritiva del forraje cambia a través de sus diferentes etapas de vida, presentando un mayor valor en la época de crecimiento activo que generalmente es en el mes de junio y disminuye conforme la planta va madurando. La proporción de proteína cruda varía de 3.5 a 19% a través de su ciclo. Durante el crecimiento activo, la planta contiene aproximadamente 19% de proteína; 10% durante el rebrote; 11% antes de la formación de espigas; 8 % durante la madurez y tiene una fluctuación de 2 a 4% durante la época de secas (Martín e Ibarra, 1995; Martín *et al.*, 1995).

Ciclo de vida y productividad. El ciclo productivo se refiere a la producción por año de la planta, el cual abarca desde el rebrote de la planta hasta su madurez, comprendido esto en el periodo de un año, su ciclo productivo varía considerablemente año con año y esta influenciado por una serie de factores como: cantidad de lluvia recibida durante el periodo de crecimiento de verano e invierno, temperaturas máximas y mínimas, periodo libre de heladas y humedad del suelo, entre otras.

En años con precipitaciones arriba de 320 mm, el ciclo productivo puede durar hasta 160 días. Por el contrario, si la precipitación es menor de 235 mm, el ciclo de producción puede reducirse hasta fluctuar de 40 a 60 días. En estas condiciones, el buffel no alcanza su altura normal y produce su semilla anticipadamente. Debido a la falta de agua, la planta deja de producir forraje verde transformándose rápidamente en forraje seco (Martín *et al.*, 1995).

Con precipitaciones normales o mayores de 320 mm, en la región central de Sonora, la producción de forraje total varía de 4 a 6 ton MS/ha. En años con precipitaciones por debajo de lo normal, la producción es de 1.5 a 3 ton MS/ha. Esto significa un 50% menos de producción de forraje en años con precipitaciones bajas y mal distribuidas (Martín e Ibarra, 1995).

Panizo azul [*Panicum antidotale* Retz.].

Distribución. Es una planta nativa en los subtrópicos del norte de la India, Pakistán, Afganistán e Irán y también de los trópicos del sur de la India. Puede crecer en lugares con una precipitación anual de 130 mm, aunque una precipitación de mayor de 500 mm es más apropiada para esta especie. La resistencia a la sequía tal vez puede ser atribuida a la penetración profunda y vigoroso desarrollo de las raíces. Crece en tierras planas, en laderas

y en una gran variedad de suelos, pero presenta problemas en los suelos inundados (Beetle *et al.*, 1991).

Establecimiento. Puede ser establecida vegetativamente por medio de divisiones de macollo y con plántulas de vivero; sin embargo, esta práctica requiere de una gran labor, por lo que es más común el establecimiento por medio de semilla. Se debe realizar una preparación para tener una adecuada cama de siembra, pero es más recomendable una labranza completa al suelo. La densidad de siembra es de 3 a 7 kg/ha, de preferencia que sea en hileras a una distancia de 30 a 60 cm y a una profundidad de siembra de 1 cm (Beetle *et al.*, 1991).

Descripción botánica de la planta. Pasto vigoroso de tipo amacollado y perenne, con tallos delgados, fuertes y bulbosos en la base, miden 1 a 2 m de alto y en ocasiones son más altos. Sus hojas son glabras, de color verde azulado de 15 a 60 cm de largo y de 4 a 12 mm de ancho. La panícula mide más de 30 cm de largo, y es suelta con numerosas ramificaciones finas y asientes. Las espiguillas miden de 2.5 a 3 mm de largo y están sobre pedicelos finos. La gluma inferior mide la mitad de la longitud total de la espiguilla; el flósculo superior mide 2 a 2.5 mm de largo con una lema y una palea, corteza brillante de color beige con manchones oscuros. El grano es de forma ovada y mide 1 mm de largo (Beetle *et al.*, 1991).

Producción del zacate y calidad. La producción de pasto es de 10 a 50 toneladas de forraje verde fresco/ha, esto varía dependiendo si es en agostadero o de riego en milpas, bajo riego con aguas residuales, la producción puede exceder de 150 ton de forraje verde/ha bajo condiciones de riego (Beetle *et al.*, 1991).

Producción de semilla. Esta planta tiene buena formación de semilla y aunque la floración toma un largo tiempo para completarse, la semilla se desprende fácilmente, se han obtenido producciones de 100 a 180 kg/ha en cultivos temporales y arriba de 370 kg en zonas húmedas y cultivos bajo riego. Se requiere de mas de un año de maduración postcosecha para obtener un porcentaje óptimo de germinación y se puede obtener de un 50 a 70% y mantenerse ahí por alrededor de 5 a 6 años. La semilla germina a temperaturas de 20 a 35 °C, pero la adecuada es de 30 °C, con temperaturas óptimas la germinación se realiza lo mismo en la oscuridad que bajo luz, pero a temperaturas marginales de alrededor de 20 °C la oscuridad puede reducir el porcentaje de germinación hasta la mitad (Beetle *et al.*, 1991).

Zacate liebrero [*Bouteloua rothrockii* Vasey].

Distribución. Es una planta nativa; se encuentra en mesetas y llanuras arenosas y cerros pedregosos; se reproduce rápidamente por semilla y aumenta en pastizales sobrepastreados; comúnmente en pastizales y matorrales.

Descripción botánica de la planta. Es una planta perenne; a veces florece el primer año y aparenta ser anual; culmos en macollos pequeños, erectos o raramente decumbentes en la base, ramificándose de 20 a 60 cm de alto, raramente más cortos, glabros; vainas más cortas que los entrenudos, glabras; lígula ciliada 1 mm de largo; láminas planas, acuminadas, de 5 a 15 cm de largo, de 1 a 3 mm de ancho, escabrosas, los márgenes papiloso-ciliados hacia la base.

Ramas espigadas de 4 a 8, apesadas a abiertas, 1.5-4 cm de largo, el raquis escabroso; primera gluma hialina, 1-5 mm de largo, segunda gluma más ancha, 3 mm de

largo, pubescente, aristada cortamente entre los dientes cortos e irregulares; lema 3 mm de largo, densamente vellosa con pelos divergentes sobre la parte del dorso y los márgenes, las aristas de 2-3 mm de largo; rudimento 1.5 mm de largo, barbado en la base, los lóbulos acumulados, las aristas cerca de 3 mm de largo (Beetle y Johnson, 1991).

Valor forrajero. El valor forrajero del zacate varía de regular a bueno y su calidad fluctúa entre las estaciones del año (Beetle y Johnson, 1991; Martin e Ibarra, 1995).

Navajita anual [*Bouteloua simples* Lag.].

Distribución. Es una planta nativa; se encuentra en lomeríos rocosos, suelos secos y lugares con disturbio, se distribuye en los Matorrales Parvifolio Subinerme Crasicaulescente y Sarcocrasicaulescente y probablemente entre otros tipos de vegetación de la entidad.

Descripción botánica de la planta. Planta anual; culmos delgados, ramificados, ampliamente decumbentes, alrededor de 10 a 20 cm de alto, raramente hasta 30 cm; vainas más cortas que los entrenudos, glabras, láminas planas, acuminadas, de 2 a 10 cm de largo por 0.5 a 1.5 mm de ancho, glabras o pubescentes en la superficie superior, los márgenes escasamente ciliados en la base.

Rama espigada solitaria, ascendente o abierta, curvada, de 1-2 cm de largo; espiguillas pectinadas; primera gluma algo estrecha, de 2.5 mm de largo, la segunda gluma más ancha, acuminada, casi 5 mm de largo; lema 4 mm de largo, acutada barbada en la base, pilosamente apresada en ambas caras de la nervadura media, el ápice bifido, la arista fuerte, escabrosa, de 1.5-2.5 mm de largo, rudimentos barbado en la base, partido cerca de la base, las aristas fuertes, escabrosas, de 4-5 mm de largo (Beetle y Johnson, 1991).

Valor forrajero. Esta especie presenta valor forrajero que varía de regular a pobre y su calidad nutritiva también se ve influenciada sobre el tiempo a través de las diferentes estaciones del año (Beetle y Johnson, 1991).

Gramma china [*Cathestecum brevifolium* Swallen].

Distribución. Es una especie nativa, muy común en el Matorral Arborescente y Selva Baja Caducifolia y otros tipos de matorrales de la entidad. Frecuentemente se le encuentra en laderas y lomeríos suelos someros.

Descripción botánica de la planta. Perenne; estolonífera; estolones delgados, resistentes; entrenudos hasta 12 cm de largo (usualmente menores de 10 cm); culmos en pequeños macollos densos, delgados, habitualmente ramificados, erectos o geniculados en los nudos, de 5 a 10 cm de alto (raramente 15 cm), glabros, densamente vellosos en la base; láminas firmes, planas, agudas, tornándose riadas conspicuamente con la edad, glabras en la superficie abaxial, escabrosas y pilosas en la adaxial, márgenes escabrosos de 1 a 2.5 cm de largo (raramente 5 cm), por 1 a 2 mm de ancho.

Panícula de 3 a 8 espigas, usualmente moradas, dispersas; espiga estaminada; primera gluma angosta de 1 mm de largo, segunda gluma más ancha, aguda o acuminada, usualmente glabra o algunas veces escasamente pilosa en la quilla, glumas de las espiguillas laterales de 2.5 mm de largo, las de la espiguilla central de 3 mm de largo, diminutamente lobuladas, mucronadas; lemas inferiores de 3 mm de largo escasamente pilosas, lobuladas superficialmente, mucronadas entre los lóbulos, de 2.5 mm de largo, similares a las inferiores pero con lóbulos un poco más profundos; espiguillas postiladas, las laterales desarrolladas imperfectamente; primera gluma de 1 mm de largo, la segunda

acuminada, de 2.5 mm de largo, de pilosa a hirsuto-vellosa en la quilla; flósculos muy reducidos (Beetle y Johnson, 1991).

Valor forrajero. La planta presenta un valor forrajero bueno cuando esta verde, pero conserva muy pocos nutrientes cuando esta seco; muy resistente al sobrepastoreo debido a su poca altura y estolones; se mantiene verde pero sin producción en las épocas frías del año. Importante en el control de erosión del suelo (Beetle y Johnson, 1991).

Chicurilla [*Ambrosia cordifolia* (A. Gray) W.W. Payne].

Distribución. Se le encuentra en los Matorrales Arborescentes, Arbosufrutecente y Alto Espinoso. Puede ser abundante en cañones y arroyos. El polen frecuentemente causa alergias a las personas susceptibles.

Descripción botánica de la planta. Arbusto con las ramas puberulentas. Hojas de 1 a 5 cm de ancho y de 1.5 a 6 cm de largo con los márgenes dentados; de color verde arriba y más claro abajo. De 10 a 50 cm de largo. Las flores cuando son frutos presentan espinas de 1 a 15 mm. Su época de floración es de diciembre a abril (Miranda *et al.*, 2004).

Valor forrajero. El valor forrajero de la planta es bueno, sin embargo no es consumida cuando las hojas están jóvenes, solo cuando están maduras.

Leguminosas.

Las especies leguminosas son árboles, arbustos o hierbas, de hojas generalmente compuestas, flores hermafroditas, en ocasiones unisexuales, cigomórficas o actinomorfitas, agrupadas en racimos, espigas, paniculas, cabezuelas o solitarias. El cáliz presenta cinco sépalos, corola típicamente de cinco pétalos; generalmente diez estambres monoadelfos o

diadelfos; ovario superior, unilocular, unicarpelar; produce un ovulo, tiene un estilo y estigma, fruto usualmente en lomento o legumbre (vaina), generalmente seco, dehiscente o indehiscente. Se reconocen tres subfamilias; *Caesalpinioideae*, *Lotoideae* y *Mimosoideae* en base a la disposición de los pétalos que componen la flor, y a la simetría de éstas (Estrada y Marroquín, 1988).

Cósahui del norte [*Calliandra eriophylla* Benth].

Distribución. Se le encuentra del centro al norte del estado de Sonora en todos los matorrales y en el Pastizal Mediano Abierto.

Descripción botánica de la planta. Arbusto de 20 cm a 1m de altura. Foliolos de 5 a 15 pares, de 1 a 2 mm de ancho y 3 a 5 mm de largo, con finos vellos. Flores de color rosa, con el cáliz de 1 a 1.5 mm de largo; corola de 4 a 6 mm. Estambres de 1.5 a 2.2 cm de largo de color rosa y púrpura, su floración es de febrero a mayo (Miranda *et al.*, 2004).

Valor forrajero. Es una especie de excelente valor forrajero para bovinos y fauna silvestre. También se usa mucho para la apicultura. En las ciudades es usada como planta de ornato. Es una especie considerada importante en la retención de suelos (Martín *et al.*, 1989; Velásquez, 1997).

Sitiporo [*Desmanthus covillei* (Britton-Rose) Wiggins ex B. L. Turner].

Distribución. Se le encuentra en los Matorrales Arbosufrutecente, Arborescente, Alto Espinoso y Arbocrasicaulescente, además de la Selva Baja Caducifolia.

Descripción botánica de la planta. Arbusto de 1 a 1.5 m de altura. Hojas con 1 a 2 pares de pinnas de 1 a 2 cm de largo. Cada pinna con 5 a 10 pares de foliolos de 3 a 5 mm de

largo. Flores de color blanco o crema. Estambres y estaminodios de 6 a 8 mm de largo, su floración es de julio a octubre (Miranda *et al.*, 2004).

Valor forrajero. Planta que es considerada de excelente valor forrajero para el ganado bovino. Especie de interés para la apicultura (Miranda *et al.*, 2004; Velásquez, 1997).

Mezquite [*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.].

Distribución. El género *Prosopis* se encuentra ampliamente distribuido, se desarrolla naturalmente en México, América Central y la parte norte de América del Sur: Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela. En México la mayor concentración de mezquite se localiza en los estados del centro y norte del país, entre los que sobresalen Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Sonora, Guanajuato, Baja California Sur, San Luis Potosí y Michoacán (FAO, 1998).

Descripción botánica de la planta. Árbol o arbusto caducifolio, espinoso, que alcanza alturas de 5 a 12 m y diámetros de 40 a 50 cm, dependiendo del sitio y variedad. Hojas bipinadas, normalmente con pocos pares de espinas opuestas; folíolos pequeños y oblongos. Los frutos son vainas largas, indehiscentes, pulposas, lineares, falciformes, mesocarpio carnoso; endocarpio dividido en compartimentos para una semilla de color pajizo de adultas. Las flores son pequeñas, actinomorfas, hermafroditas, de coloración blanco verdoso, amarilla con la edad, agrupadas en densas espigas (FAO, 1998).

Variaciones climáticas. Aunque crecen en regiones con precipitaciones pluviales entre los 150 y 1,200 mm anuales, su mejor desarrollo productivo de vainas ocurre en regiones que presentan temperaturas medias anuales superiores a los 20 °C, precipitaciones entre 300 y 500 mm y humedad relativa entre 60 y 70%. La planta resiste largos periodos de intensa

sequía, incluso por periodos superiores a los nueve meses y tolera heladas invernales (FAO, 1998).

Antecedentes biológicos. Las oscilaciones en la cantidad de pérdidas de hojas son bajas. La emisión de hojas nuevas se concentra en el periodo de diciembre a mayo, coincidiendo con el periodo de lluvias de verano. En general, presentan dos puntos máximos de floración y fructificación, siendo el de mayor intensidad el de primavera. La segunda época ocurre de septiembre a diciembre, cuando se observan menores precipitaciones y altos volúmenes de déficit hídrico en la región. La floración y fructificación es temprana, ya que tiene su inicio a partir del segundo año. Esta leguminosa tiene la capacidad de asociación simbiótica con *Rhizobium* (FAO, 1998).

Valor forrajero. El mezquite es considerado un árbol de uso múltiple, sus frutos son importante fuente de carbohidratos y proteínas, principalmente para las regiones más secas. La pulpa dulce de los frutos y semillas concentra cerca de 34 a 39% de proteína y 7 a 8% de aceites. En la alimentación humana, se utiliza en la fabricación de harinas y mieles en reemplazo de algunos alimentos convencionales como harina de trigo, café y azúcar. Como forraje, las vainas poseen cerca de 8 a 10% de proteína bruta y una digestibilidad hasta de 74%. Las hojas, que se caracterizan por tener baja palatabilidad, la cantidad de proteína es de 18% y digestibilidad de 59% (FAO, 1998).

Producción. Para las condiciones semiáridas, el mezquite esta considerado como una planta de rápido crecimiento, alcanzando a los ocho años de edad una altura promedio de 6.5 m. la producción de vainas comienza a partir del segundo año, extendiéndose hasta los 30 a 40 años de edad. En la región noreste de Brasil la producción varía de dos a ocho

ton/ha/año. Dependiendo de la zona bioclimática en que son cultivados y manejados los mezquiales, a los 15 años de edad pueden presentar una producción promedio de 70 kg de vainas por árbol (FAO, 1998).

Palo blanco [*Ipomoea arborescens* (Kunth) G.].

Distribución. La planta se encuentra en inclinaciones, cordilleras, valles y arroyos; Matorral Desértico Sonorense, Matorral Espinoso, Selvas Tropicales Caducifolias y más bajas elevaciones en Bosques de Roble (raramente en más bajo límite de Bosque de Pino y Roble en áreas tropicales del sureste de Sonora); norte centro y del noroeste hasta el sur de Sonora, desde cerca del nivel del mar hasta los 1,220 m. Se le encuentra distribuido desde Sonora y suroeste de Chihuahua hasta Oaxaca (Stephen *et al.*, 2001).

Descripción botánica de la planta. Árbol de 6 a 12 m de alto con troncos gruesos de 50 a 60 cm de diámetro, limbos; leña fibrosa, succulento, muy blando y meduloso, de una corteza blanca gris, follaje y flores con sabia lechosa, hojas alternas simples de 10 a 27 cm, ovadas, delgadas y con pubescencia.

Sus flores son de un color blanco llamativo y fragante de 4 a 5 cm, presenta una flor en un racimo abierto en un tiempo; pedicelos mucho más largos en el pedúnculo pequeño. El fruto es una cápsula que contiene arriba de cuatro semillas, siendo éstas de un color castaño de 9 a 13.5 mm con densos pelos sedosos de 12 a 14 mm sobre los márgenes dorsales (Stephen *et al.*, 2001).

Antecedentes biológicos. La planta presenta su floración durante el invierno cuando tiene menos hojas; con las lluvias de verano los árboles forman un denso follaje, que en las ramas característicamente recurvadas son algo parecido a las plumas, especialmente desde

cierta distancia (Gentry, 1942). El periodo de floración ocurre desde noviembre hasta marzo o abril con floración apical en diciembre y enero; la maduración de los frutos se presenta desde mayo a junio (Stephen *et al.*, 2001).

Valor forrajero. Los burros y otro tipo de ganado en el sureste de Sonora mastican la corteza del árbol y en ocasiones proceden a comerse el tronco entero especialmente durante las sequías. Algunos árboles tienen troncos cicatrizados de tal daño. Durante las sequías, los grandes brazos son cortados para alimentar al ganado vacuno. Los árboles jóvenes tienen raíces gruesas que fueron utilizadas como alimento por el hombre Yaqui. Estos árboles pueden crecer rápidamente, por lo general más de 2 m por año durante el verano caliente, si se suministra de buena humedad al suelo (Stephen *et al.*, 2001).

Producción. Para esta especie no se encontró información relacionada con la producción de forraje, sin embargo, es una planta reportada como importante en la alimentación del ganado y fauna silvestre en la zona de Matorrales en Sonora (Miranda *et al.*, 2004; Velásquez, 1997).

Palo dulce [*Eysenhardtia orthocarpa* (A. Gray) S. Watson].

Descripción botánica de la planta. Árbol muy ramificado de hasta 6 m de altura. Hojas de 5 a 15 cm de largo con 21 a 41 folíolos de 8 a 20 mm de largo con glándulas diminutas en la parte inferior. Flores fragantes, dispuestas en racimos de 5 a 12 cm de largo. Pétalos de las flores de color blanco, de 5 a 7 mm de largo.

Antecedentes biológicos. Crece naturalmente en cursos del agua, cuevas de la barranca y laderas donde está periódicamente disponible el agua del verano. Su distribución natural es limitada por los patrones de la precipitación del verano y las temperaturas relativamente

suaves del invierno. Es tolerante a temperaturas frías y sequía, de hojas caducas pero en inviernos suaves o microclimas protegidos conserva su follaje durante el invierno. Crece naturalmente, con ramas delgadas múltiples sin las espinas. Las flores aparecen esporádicamente a partir de abril a septiembre, típicamente en respuesta a las lluvias del invierno y del verano. Estas flores fragantes, blancas se arreglan, en la terminal de las ramas, en un delgado y largo, punto-como racimos de 5 a 8 cm de largo (Wiggins, 1964).

Valor forrajero. Planta de buen valor forrajero para el ganado bovino y fauna silvestre. También es una planta de interés para la apicultura. Las ramas sin hojas tienen uso medicinal.

Piojito [*Caesalpinia pumila* (Britton & Rose) Hermann.].

Distribución. Es un arbusto endémico al semiárido margen del sureste del Desierto Sonorense; crece sobre las laderas, terrenos gravosos, llanos y sobre los márgenes de arroyos, especialmente sobre suelos de granito. Es común encontrarlo en el Matorral Desértico de Sonora desde Carbó hasta Guaymas y es poco común desde el sur de Guaymas hasta Navojoa. En toda esta extensión, las heladas no son comunes y la mayor precipitación se presenta en el verano (Wiggins, 1964).

Descripción botánica de la planta. Arbusto de corona abierta superior a los 3 m de altura con una corteza color café rojiza o gris oscuro punteada con lenticelas blancas y esféricas. Tiene de 2 a 5 pares de folíolos en cada dos de tres pares de pinas. Los folíolos son ovoides, casi esféricos de 0.5 a 2 cm de largo con nervaduras, son de color verde amarillo. La inflorescencia es un racimo con pocas flores, con cáliz pubescente oblongado de 6 a 7 mm de longitud. Los pétalos son de color amarillo de 8 a 9 mm de largo. Las vainas son anchas

elípticas, casi semiesféricas de 1.5 a 2 mm de ancho y de 2 a 3.5 cm de largo, las cuales son de color rojizo con pubescencia blanca. La semilla es casi esférica de 7 a 10 mm de ancho de un color rojizo oscuro (Turner *et al.*, 1995).

Antecedentes biológicos. Sus hojas caducifolias son escasas. Las flores aparecen a finales del invierno, durante la primavera y después del comienzo de las lluvias de verano. La producción más importante de semilla ocurre generalmente durante la primavera (Turner *et al.*, 1995).

Valor forrajero. El valor forrajero es bueno, es una especie importante desde el punto de vista ecológico porque protege y retiene el suelo además de servir de protección a las aves, es una importante especie melífera y también es frecuentemente utilizada como planta ornamental (Benson y Darrow, 1981). Esta planta es muy importante en la alimentación del ganado y fauna silvestre en la zona de matorrales de Sonora (Miranda *et al.*, 2004; Velásquez, 1997).

Zámota [*Coursetia glandulosa* (A. Gray)].

Distribución. Esta especie se encuentra en inclinaciones, cordilleras, valles, cañones y arroyos. Es común encontrarla en el matorral desértico, matorral espinoso, bosques tropicales caducifolios y a elevaciones más bajas como praderas. Se localiza a lo largo de la mayor parte de Sonora, excepto en la parte extrema del noroeste del estado. Se le encuentra desde cerca del nivel del mar hasta los 1,500 m desde el sur de Arizona y Chihuahua hasta Oaxaca, Baja California Sur, y las regiones más densas del desierto (Stephen *et al.*, 2001).

Descripción botánica de la planta. La zámota es un arbusto de corona abierta de 1.5 a 5 m de alto con ramas flexibles. Las hojas son de 2 a 5 cm de largo, con cuatro a nueve pares de

foliolos. Las flores miden de 11 a 13 mm de largo, tienen un color blanco o amarillo claro (usualmente teñido o vetado con rojo) y son sostenidas en pequeños racimos axilares. Sus frutos son vainas comprimidas de 2 a 5 cm de largo y 0.5 cm de ancho (Turner *et al.*, 1995).

Antecedentes biológicos. Es una planta caducifolia que pierde sus hojas en el invierno en la parte norte de Sonora. Sus flores aparecen poco antes o con las nuevas hojas en febrero en la región del Desierto de Sonora. El florecimiento de las puntas apicales ocurre en los meses de marzo y abril (Turner *et al.*, 1995).

Las plantas son resistentes a temperaturas tan bajas como -6 °C (Johnson, 1988), y requieren de lluvia en la estación caliente. La zamota es evidentemente mejor considerada como una especie de Matorral Espinoso que puede crecer en el desierto, donde las condiciones no son muy frías ni muy áridas (Turner *et al.*, 1995).

Valor forrajero. Muy bueno, es una especie importante del punto de vista ecológico por que retiene y protege el suelo. Es usada por algunas tribus indígenas como remedio para el tratamiento de resfriados y fiebres (Benson y Darrow, 1981). Muy importante en la alimentación del ganado y fauna silvestre en la zona de Matorrales en Sonora (Miranda *et al.*, 2004; Velásquez, 1997).

Vagote [*Perkinsonia aculeata* L.].

Distribución. Esta especie se encuentra en Matorrales Arborescentes, Arbosufrutescentes y Selva Baja Caducifolia, en inclinaciones, cordilleras, cañones, bajíos, y arroyos del Matorral Desértico de la parte noroeste y centro de Sonora, hasta los 1,220 m sobre el nivel del mar. La literatura la reporta como una especie endémica, debido a que se puede

encontrar formando parte de la vegetación en diferentes partes del desierto de Sonora (Stephen *et al.*, 2001).

Descripción botánica de la planta. Esta especie se puede encontrar en forma de árbol pequeño, alcanzando de los 6 a 12 m de altura, con las ramas delgadas de color verde amarillento y presentando espinas de 0.5 a 4 cm de largo. Las hojas son compuestas, delgadas, con 10 a 40 pares de folíolos de 2 a 8 m de largo, los cuales son caducos. Las flores son amarillas con los pétalos de 10 a 14 mm de largo. Los frutos son de 3 a 18 cm de largo y 4 a 5 mm de diámetro.

Antecedentes biológicos. La floración se presenta en los meses de marzo hasta mayo y la maduración de sus frutos tarda cerca de un mes después de que las plantas florecen (mayo a junio). Las hojas nuevas son producidas durante las lluvias de verano y de invierno (Stephen *et al.*, 2001).

Valor forrajero. Muy bueno, las ramas de este árbol son una fuente importante de alimento para el ganado y la fauna silvestre en las épocas de sequía. La flor y el fruto también son consumidos; sin embargo, no son considerados de tan buen valor forrajero. Las hojas y ramas son utilizadas para hacer te medicinal. Es una planta reportada como muy importante en la alimentación del ganado y fauna silvestre en la zona de matorrales en Sonora (Miranda *et al.*, 2004; Velásquez, 1997).

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del sitio de estudio.

El sitio está ubicado aproximadamente 40 kilómetros al suroeste de la cabecera del municipio de Moctezuma, Sonora; en el rancho “La Yerba Buena” localizado a 29° 33' 30" Latitud Norte y 109° 55' 42" Longitud Oeste (Figura 1). Con una elevación de 933 m.s.n.m. El clima es semiseco o semiárido templado BS₁ Kw. (x')(e'), con una temperatura media de 20 °C y una precipitación promedio anual de 500 mm (García, 1973; INEGI, 2000). El terreno presenta una topografía irregular accidentada con suelos de origen aluvial y coluvial someros < 20 cm de profundidad de color café rojizo y textura arenosa.

La vegetación de acuerdo a COTECOCA (1992) es Matorral Arborescente, la cual, está constituida principalmente por arbustos altos y árboles bajos de tallo leñoso como: zámota (*Coursetia glandulosa*), mauto (*Lysiloma divaricata*), palo santo (*Ipomoea arborescens*) y mezquite (*Prosopis juliflora*), con hojas no esclerosas, caducas en la época seca y generalmente sin espinas; además de algunas cactáceas altas como la pitaya (*Lemnaireocereus thurberi*) y echo (*Pachycereus pecten-aboriginum*). El estrato bajo está formado por gramíneas como: grama china (*Cathestecum brevifolium*), liebrero (*Bouteloua rothrockii*) y herbáceas perennes y anuales como: chicurilla (*Ambrosia cordifolia*) juaninipili (*Boerhaavia sp.*) y quelite (*Amaranthus palmeri*) (Figura 2).

Establecimiento del experimento.

Durante la segunda semana del mes de julio del 2001 se sembraron mediante siembra directa dos especies de gramíneas forrajeras y ocho especies arbustivas. La siembra



Figura 1. Localización del sitio de estudio.

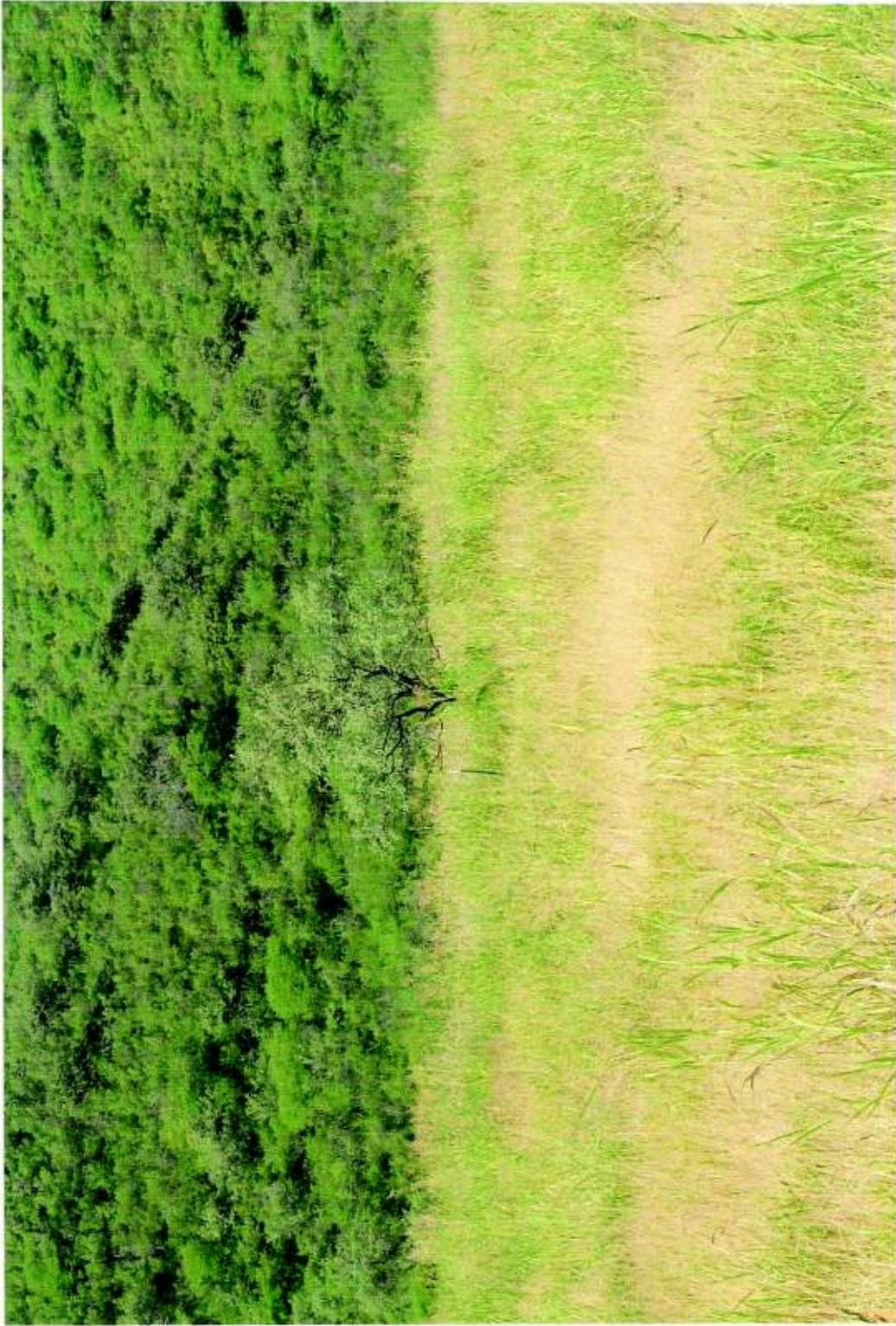


Figura 2. Vista panorámica del sitio de estudio.

de todas las especies se realizó manualmente en un área de aproximadamente dos hectáreas, sobre una cama de siembra preparada con un arado subsoleador de tres picos, enganchado en la parte posterior de un buldózer D-5. La siembra se realizó sobre suelo seco antes de las lluvias del verano (Figura 3).

Las especies de pastos que se sembraron fueron: el zacate panizo azul (*Panicum antidotale* Retz.) y el zacate buffel variedad frío [*Cenchrus ciliaris* (L.) Link] con una densidad de siembra de 2.0 y 3.0 kg de semilla pura viva por hectárea, respectivamente. Con excepción del zacate buffel que se sembró en un área de 900 m², todas las especies restantes, tanto de arbustos como de pastos se sembraron en el total del área experimental. La semilla del zacate buffel variedad frío que se utilizó para la siembra se consiguió con la Universidad de Texas A&M. La semilla del zacate panizo azul se adquirió de una casa comercial en los Estados Unidos.

Las especies arbustivas que se sembraron fueron: zámota [*Coursetia glandulosa* (A. Gray)], cósahui del norte (*Calliandra eriophylla* Bentham), mezquite [*Prosopis juliflora* (Swart) DC.], palo dulce [*Eysenhardtia orthocarpa* (A. Gray) S. Wats], palo blanco [*Ipomoea arborescens* (Humb.& Bonpl) G. Don], piojito [*Caesalpinia pumila* (Britt & Rose) Hermann.], sitiporo [*Desmanthus covillei* (Britt & Rose) Wiggins ex Turner] y vagote (*Parkinsonia* spp.) con una densidad de siembra de 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.5, 0.5, 0.25, y 0.5 kg de semilla pura viable por hectárea, respectivamente.

Existen más variedades de arbustos en la sierra, pero las anteriores fueron seleccionadas debido a la alta calidad forrajera y en su aprovechamiento para el ganado. La semilla de estos arbustos se obtuvo de otra investigación realizada anteriormente en la cual las especies también fueron de importancia debido a su explotación como forraje para el



Figura 3. Siembra directa de las especies forrajeras en el sitio de estudio.

ganado y la fauna. La semilla que se utilizó para la siembra de los arbustos fue cosechada manualmente en el municipio de Carbó, Sonora, un año previo a la siembra. Para monitorear la precipitación y temperatura registrada durante los años de evaluación en el área de estudio se instaló un pluviómetro y un termómetro de máximas y mínimas. El área de estudio se excluyó mediante cerco con alambre de púas y malla pollera para protegerla del pastoreo del ganado bovino, roedores y lagomorfos.

Evaluación de la respuesta de los zacates.

Las variables de respuesta que se evaluaron tanto para el zacate panizo azul como para el buffel frío sembrados, así como para los zacates nativos dominantes en el área de estudio fueron: densidad (número de plantas por hectárea), altura (cm), cobertura basal (%), y producción de forraje (kilogramos de materia seca por hectárea). Todas las variables se evaluaron anualmente al finalizar la época de crecimiento activo de las plantas de 2001 al 2006.

La densidad de plantas se estimó por medio de conteos directos (Avery, 1975), utilizando 20 cuadrantes de 1 m^2 (Figura 4), los cuales se distribuyeron al azar en el área de estudio. La altura de las plantas se determinó en seis plantas al azar, midiendo desde la base al ápice de las mismas con una cinta métrica (Figura 5). La cobertura basal de los zacates fue determinada en seis cuadrantes de 1 m^2 , los cuales se distribuyeron al azar en el área de estudio (Figura 6). La cobertura basal se determinó midiendo con cinta métrica la base de las plantas. Esta se determinó proporcionalmente, relacionando la suma total de la superficie cubierta por las coronas de las plantas en cada cuadrante con respecto a la superficie muestreada.



Figura 4. Densidad de población de zacates forrajeros en el sitio de estudio a cuatro veranos de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.



Figura 5. Altura de zacates en el sitio de estudio rancho "La Yerba Buena" en Moctezuma, Sonora.



Figura 6. Cobertura basal de las especies de zacates en el sitio de estudio en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.

La producción de forraje en los pastos fue estimada al final de la época de crecimiento activo de las plantas en cada año mediante cortes al azar, utilizando 20 cuadrantes de 1 m² por especie y cortando el zacate a 5 cm sobre el nivel del suelo (Avery, 1975). Estas muestras de forraje se secaron en una estufa de aire forzado a 70 °C por 72 h y la producción de forraje se expresó en base a materia seca (Figura 7).

Evaluación de la respuesta de las arbustivas.

Las variables evaluadas en los arbustos forrajeros sembrados son: densidad (plantas por hectárea), altura (cm), cobertura aérea (m²), y producción de forraje (kilogramos de materia seca). El establecimiento de los arbustos se evaluó en base a densidad de plantas establecidas mediante 10 cuadrantes al azar de 10 x 20 m, al finalizar la época de crecimiento activo de los veranos de 2002 al 2005 (Figura 8). La altura de las plantas se determinó en seis plantas por especie seleccionadas al azar, midiendo la longitud desde la superficie del suelo a la parte terminal de la rama más alta (ápice) (Figura 9). La altura promedio del periodo fue determinada mediante la diferencia en la altura al inicio y al final de la época de crecimiento activo de cada año.

La cobertura aérea de las plantas se determinó en seis plantas por especie seleccionadas al azar, utilizando una cinta métrica, midiendo lo largo y ancho de la copa y determinando la superficie de suelo cubierta por la misma (Figura 10). La producción de forraje de los arbustos se determinó mediante cortes directos en tres plantas por especie seleccionadas al azar (Figura 11). Por cada planta se cosechó manualmente el total del follaje y se cortaron con tijera los brotes tiernos menores de 0.5 cm de diámetro. En la producción de forraje solamente se consideró el follaje disponible a una altura menor de los 1.8 m. Las muestras de forraje se secaron en una estufa de aire forzado a 70 °C por 72 h y



Figura 7. Producción de forraje de zacates en el sitio de estudio.

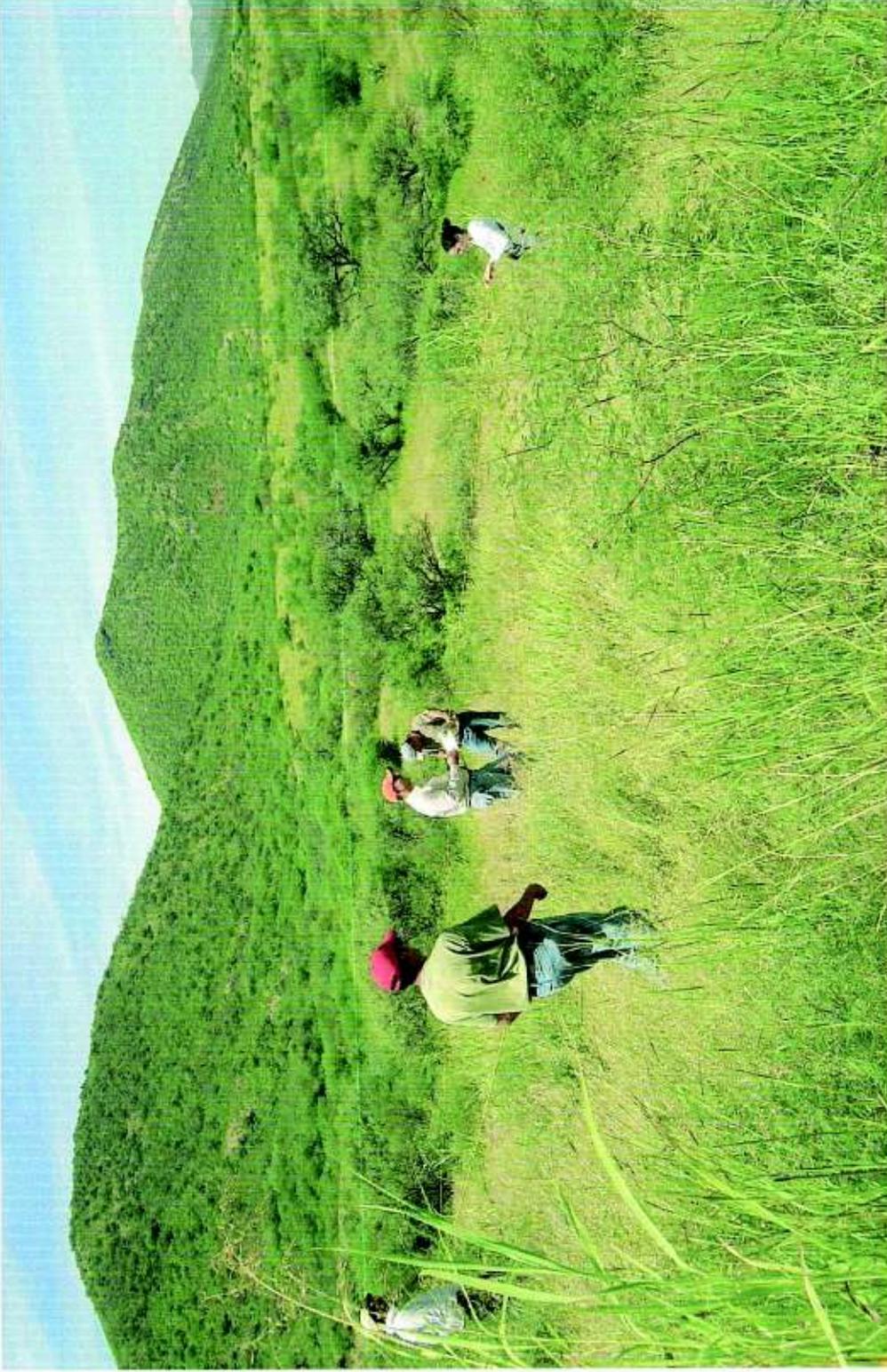


Figura 8. Evaluación para determinar la densidad de población de arbustos forrajeros en el sitio de estudio a cuatro veranos de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.



Figura 9. Evaluación de campo para determinar la altura de plantas forrajeras en el sitio de estudio en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.



Figura 10. Determinación de la cobertura aérea de las ocho especies arbustivas forrajeras en el sitio de estudio en el rancho "La Yerba Buena" en Moctezuma, Sonora.

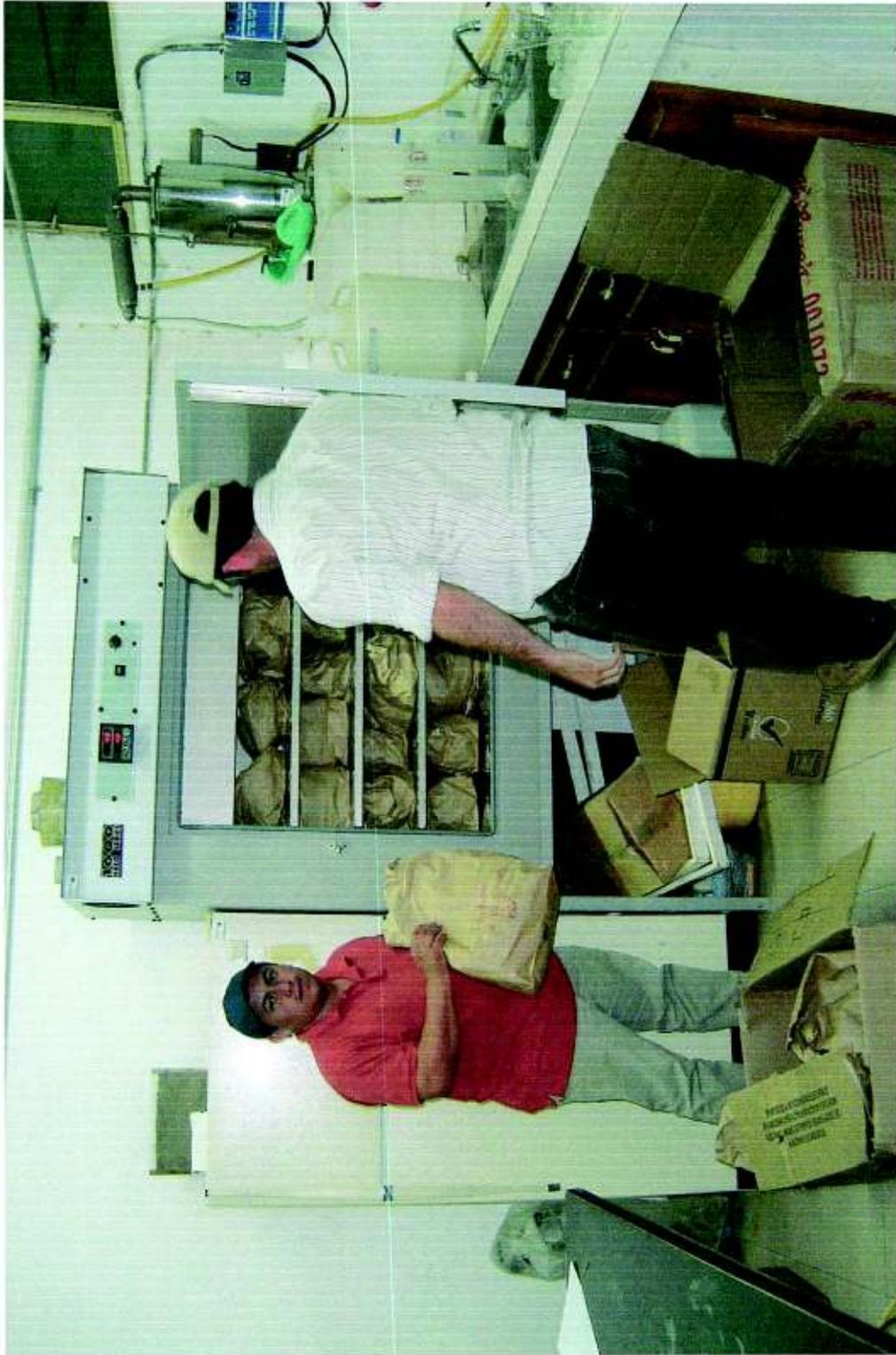


Figura 11. Ilustración del secado de muestras de forraje en el laboratorio de la UNISON en Santa Ana, Sonora.

la producción de forraje se expresó en base a materia seca. La producción total de forraje por especie, se determinó multiplicando el promedio de plantas establecidas por hectárea al final del estudio por la media de producción de forraje en base a materia seca de cada especie. La producción de forraje se determinó solamente al final de periodo de crecimiento activo de los veranos de 2005 y 2006,

Diseño experimental y análisis estadístico.

En las primeras comparaciones se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos (panizo azul, buffel frío y especies nativas no sembradas con descompactación y sin descompactación) y seis repeticiones. Las variables evaluadas fueron: densidad, altura, cobertura, y producción de forraje. Cada variable evaluada se analizó en forma individual por medio de un análisis de varianza simple ($P < 0.05$), utilizando la prueba de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias (Snedecor y Cochran, 1981). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico COSTAT (Costat, 2002).

El diseño experimental que se utilizó para evaluar los arbustos fue completamente al azar con ocho tratamientos (especies) y seis repeticiones. Las variables evaluadas en los pastos y arbustos fueron densidad, altura, cobertura y producción de forraje. Cada variable fue analizada individualmente en forma separada por año, usando análisis de varianza ($P < 0.05$). Para la diferencia entre medias de tratamientos se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan (Snedecor y Cochran, 1981). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico COSTAT (Costat, 2002).

Adicionalmente se analizó la diferencia entre la rehabilitación con zacates solos, arbustos solos y la combinación de ambos, comparada contra la respuesta de la vegetación

nativa y la descompactación de suelo con subsoleo y solo a la protección del pastoreo (testigo). Los análisis se realizaron utilizando ANVA simple ($P < 0.05$), bajo un diseño experimental completamente al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Res. T. 206

Precipitación.

Las lluvias que se registraron durante el periodo de estudio para 2001, 2004, 2005 y 2006 fueron muy homogéneas en cantidad 581.99, 645.14, 623.30 y 591.17 mm respectivamente, estuvieron de 16 a 24% arriba de la media regional de 20 años (500 mm), con excepción de las registradas durante los años 2002 y 2003, donde la precipitación que presentaron fueron 377.19 y 431.80 mm, respectivamente estando entre 13 y 25% por debajo de la media (Cuadro 1). La lluvia en el sitio de estudio fue más que suficiente para que las especies germinaran y se establecieran adecuadamente, dando resultados satisfactorios en producción de forraje, altura, cobertura y densidad, tanto en especie sembradas como las ya existentes en el sitio de estudio.

Resultados de zacates.

Densidad de zacates introducidos. Las plántulas de ambos zacates emergieron adecuadamente y alcanzaron una densidad y desarrollo satisfactorio para el primer año de siembra (Cuadro 2). En el 2001 la densidad de plantas fue de 45.1 plantas por metro cuadrado para buffel frío, y 3.4 plantas por metro cuadrado para panizo azul. Para el siguiente verano en el 2002, para ambas especies su densidad se redujo entre 200 y 300%, promediando 12.3 y 1.2 plantas por metro cuadrado, respectivamente. En el verano de 2003 la densidad de ambos zacates continuó declinando y alcanzó 4.0 y 0.2 plantas por metro cuadrado, respectivamente. En el 2004, para el buffel frío la densidad logró estabilizarse y mantenerse con 5.0 plantas por metro cuadrado, en el panizo azul también tendió a estabilizarse la densidad durante ese verano, pero con densidad significativamente ($P < 0.05$) menor en comparación con el buffel. El panizo azul alcanzó una densidad de 0.15 plantas

Cuadro 1. Precipitación promedio mensual y total (mm) registrada en el periodo de estudio del 2001 al 2006 en el rancho "La Yerba Buena" en Moctezuma, Sonora.

Año	Precipitación (mm)												Total
	Meses												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
2001	56.00	38.00	0.00	0.00	0.00	60.00	283.21	31.75	99.06	13.97	0.00	0.00	581.99
2002	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	83.82	139.70	45.72	0.00	0.00	68.58	377.19
2003	0.00	39.37	0.00	0.00	0.00	0.00	205.54	38.10	107.95	20.32	20.32	0.00	431.80
2004	68.50	0.00	0.00	25.40	0.00	12.70	266.70	93.98	63.50	25.40	38.10	50.80	645.14
2005	0.00	54.50	0.00	0.00	0.00	33.00	239.14	110.49	78.74	41.91	40.12	25.40	623.30
2006	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00	52.07	211.58	127.00	93.98	58.42	07.62	0.00	591.17

Cuadro 2. Densidad de plantas de zacate buffel frío y panizo azul (plantas/m²) durante el 2001 al 2004 en el rancho "La Yerba Buena" en Moctezuma, Sonora.

Especie	Densidad (plantas/m ²)			
	Años			
	2001	2002	2003	2004
Buffel frío	45.1 a*	12.3 a	4.0 a	5.0 a
Panizo azul	3.4 b	1.2 b	0.20 b	0.15 b

* Literales distintas indican diferencia ($P \leq 0.05$) entre especies.

por metro cuadrado al final del verano del 2004.

En el buffel frío, la densidad final alcanzada por esta gramínea en este estudio, indica que es adecuada y satisfactoria tomando en cuenta que los resultados son similares a los logrados de las praderas bien establecidas con estas especies en otras regiones (Hussey y Bashaw, 1996; Lavander, 2003).

Para el panizo azul, aunque su densidad en el primer año de siembra es buena y en el segundo año también, ésta se redujo significativamente durante el tercer y cuarto verano de siembra, alcanzando densidades inferiores a las 0.2 plantas por metro cuadrado. La drástica reducción en la densidad de plantas al tercer año de siembra, indica problemas evidentes de adaptación a las características del clima y suelo de esa zona. Aparentemente, no son adecuadas las densidades alcanzadas por esta especie para el establecimiento y producción sostenida del zacate (Tischler y Ocumpaugh, 2004). Es evidente la pobre persistencia de la especie, bajo esas condiciones pone en riesgo cualquier intento de siembra donde se busque mejorar la producción de forraje del agostadero.

Densidad de zacates nativos. En estas especies, al concluir el estudio fue 1.4 veces superior ($P \leq 0.05$) en las áreas descompactadas con maquinaria (rippeo) que el testigo, en donde no se le aplicó ningún trabajo, con 6.4 y 2.7 plantas por metro cuadrado, respectivamente (Figura 12).

Altura de zacates. El panizo azul fue el mejor alcanzando una altura de 197.0 cm, seguido por el buffel frío con una altura de 134.8 cm, después los zacates nativos en las áreas descompactadas y testigo con 69.5 y 53.8 cm, respectivamente (Figura 13).

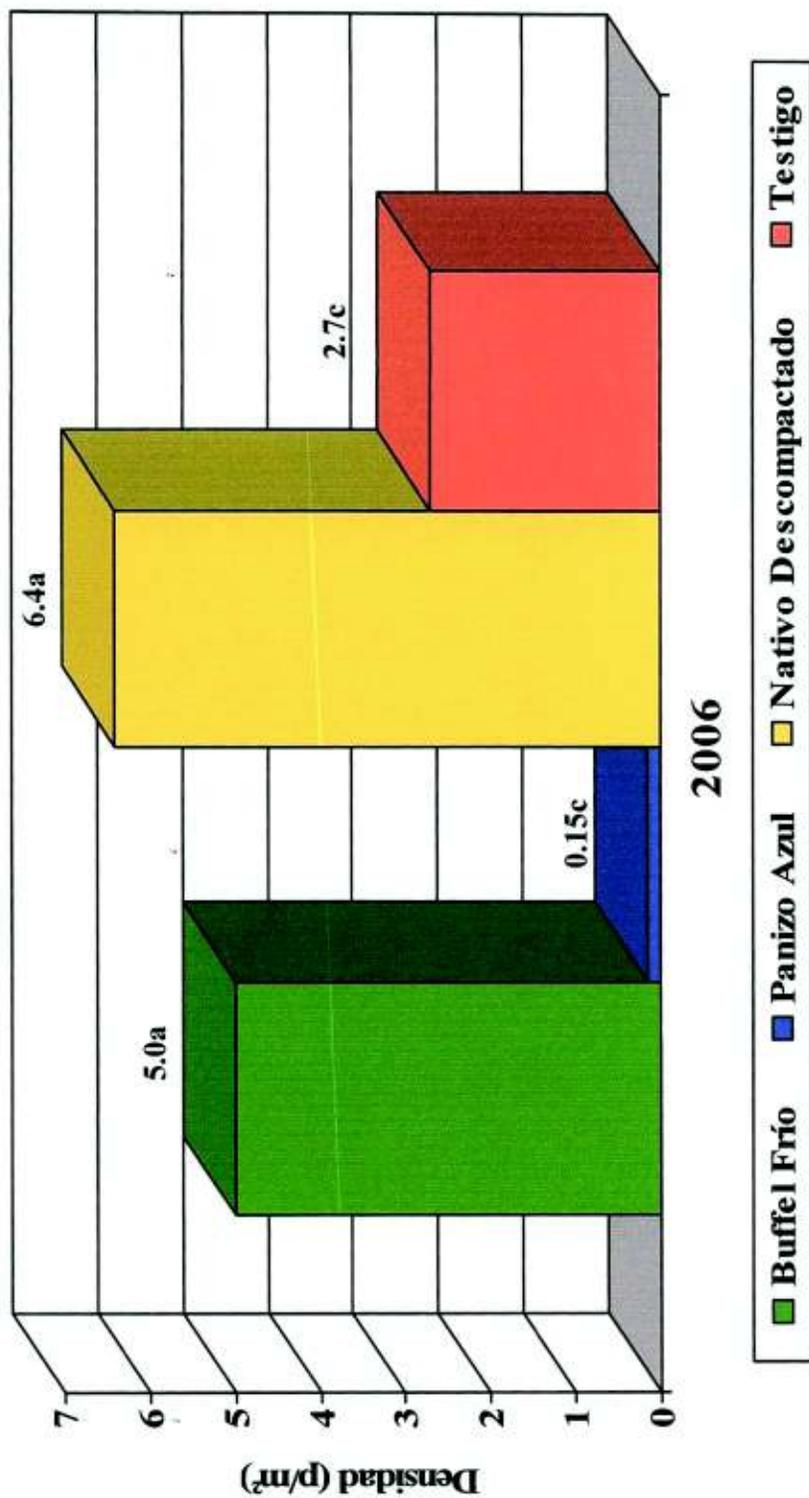


Figura 12. Densidad de zacates al quinto verano de la siembra (2005) en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.

*Literales distintas señalan diferencia ($P \leq 0.05$) entre especies.

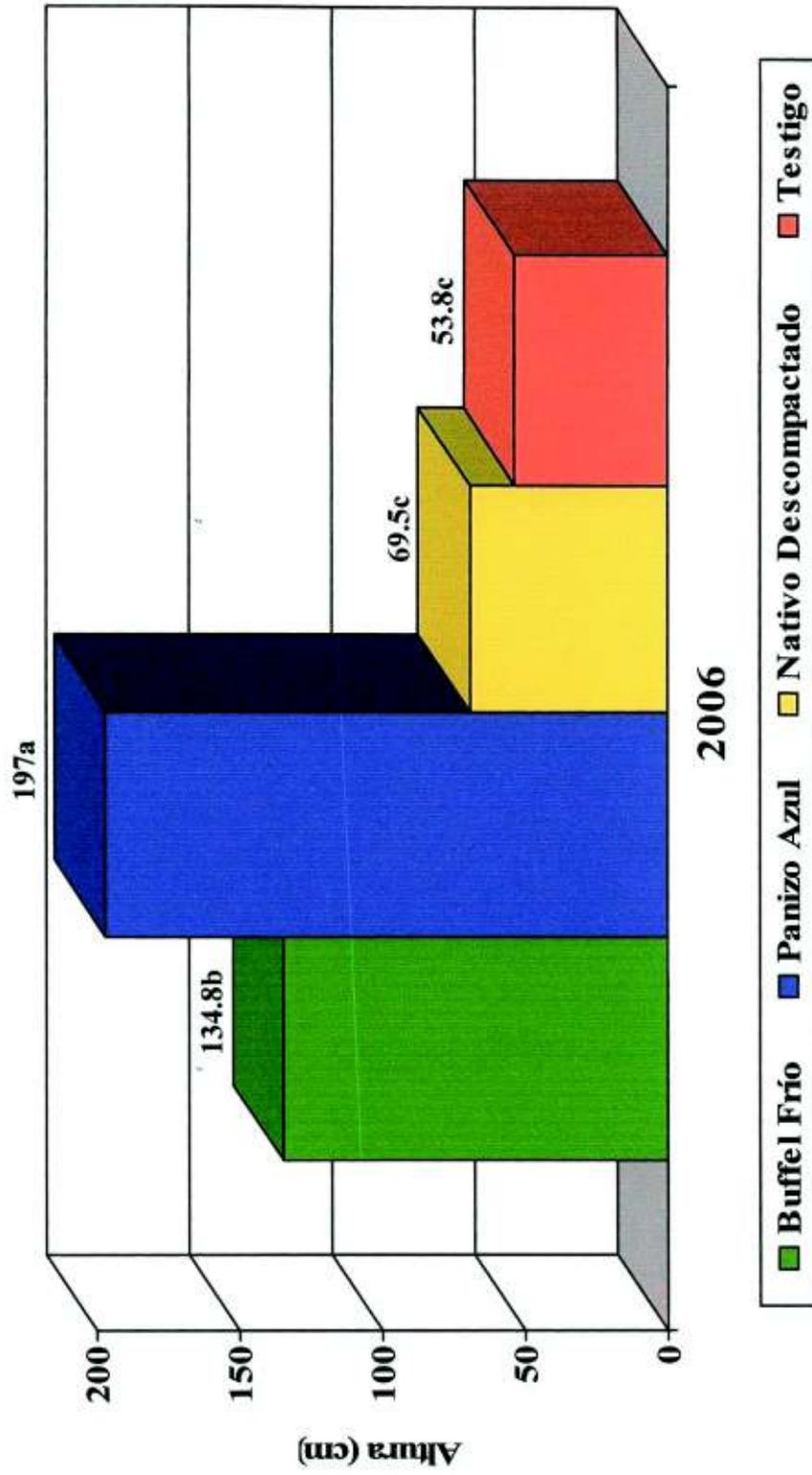


Figura 13. Altura de zacates cinco veranos después de la siembra en el rancho "La Yerba Buena" Moctezuma, Sonora.

*Literales distintas señalan diferencia ($P \leq 0.05$) entre especies.

Cobertura Basal de zacates. La mayor cobertura basal fue lograda por el zacate buffel frío con 29.6%, seguido por los nativos en áreas descompactadas y testigo con 8.2 y 5.7%, respectivamente y finalmente el zacate panizo azul con 1.25% de cobertura basal (Figura 14).

Producción de forraje en zacates. El zacate buffel frío fue el zacate con el mayor rendimiento con una producción total anual al concluir el estudio de 8.72 ton M.S./ha, seguida por el panizo azul con una producción de forraje de 3.4 ton M.S./ha. Las especies nativas de pastos en las áreas rippeadas y testigo con producción de forraje de 2.77 y 1.35 ton M.S./ha, respectivamente (Figura 15).

Los resultados obtenidos en este estudio, muestran al igual que en los trabajos de Hussey y Bashaw (1996) y Lavander (2003), que la especie buffel frío presenta buenas características de adaptación en la zona y puede ser una opción rentable para la rehabilitación de agostaderos deteriorados. El panizo azul se estableció inicialmente bien en el sitio de estudio, pero se redujo su densidad considerablemente a los 2 y 3 años después de la siembra. Debido a la baja persistencia de esta especie, independientemente de su buena producción de forraje, puede ser riesgosa si no se asegura su permanencia en densidades aceptables por lo menos durante 10 años.

Las especies de pastos nativos en los agostaderos que se encuentran en matorrales de la sierra baja se Sonora, pueden no responder a periodos prolongados de descanso, similares a los que reporta Ibarra *et al.* (2004), en la zona de las planicies centrales de Sonora. Por lo que se hace necesaria la aplicación de prácticas de descompactación de suelo y así mismo, retención de agua de escurrimiento para promover el establecimiento de especies (Aguirre *et al.*, 2002; Ibarra *et al.*, 2004).

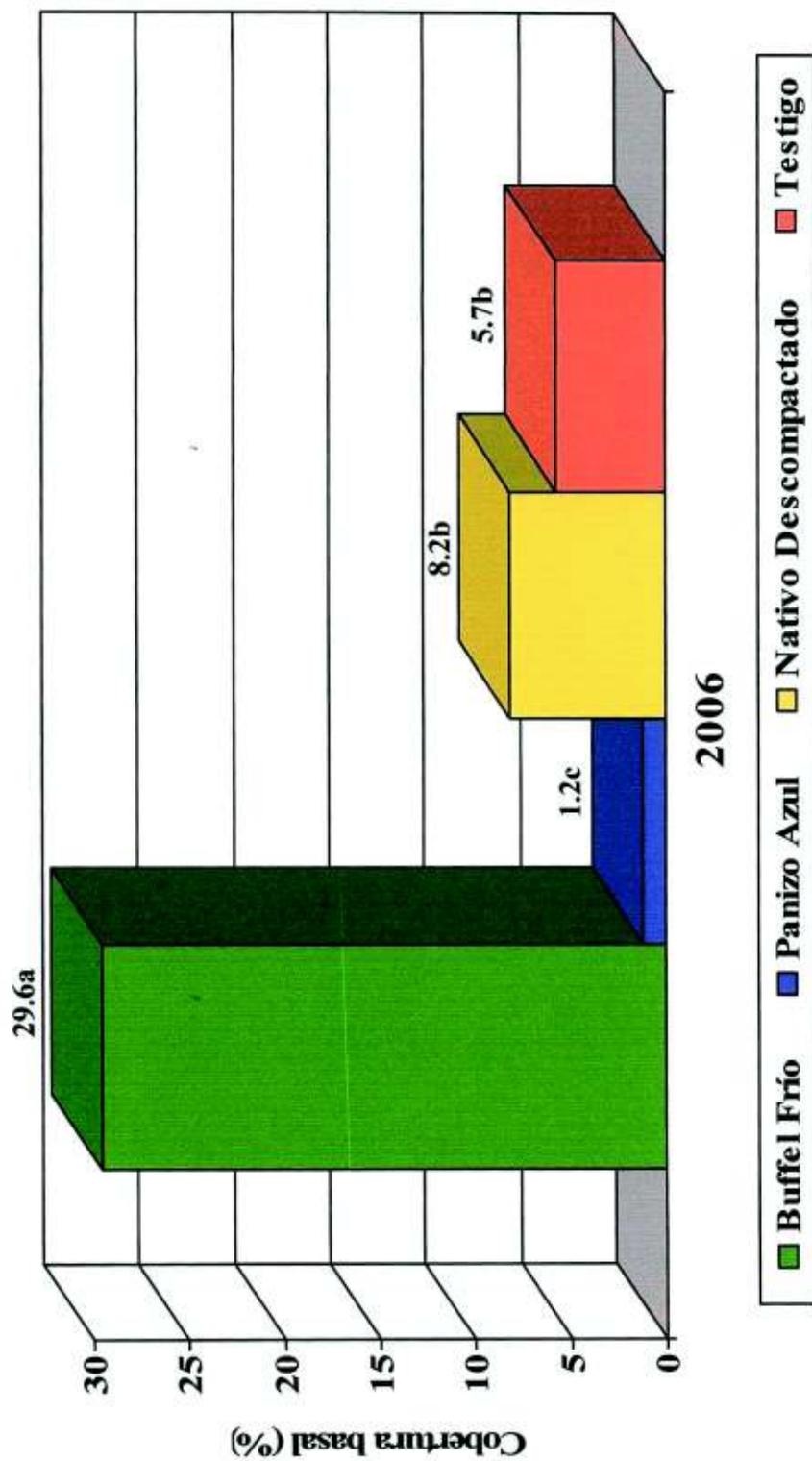


Figura 14. Cobertura basal de zacates cinco veranos después de la siembra en el rancho "La Yerba Buena" Moctezuma, Sonora.

*Literales distintas señalan diferencia ($P \leq 0.05$) entre especies.

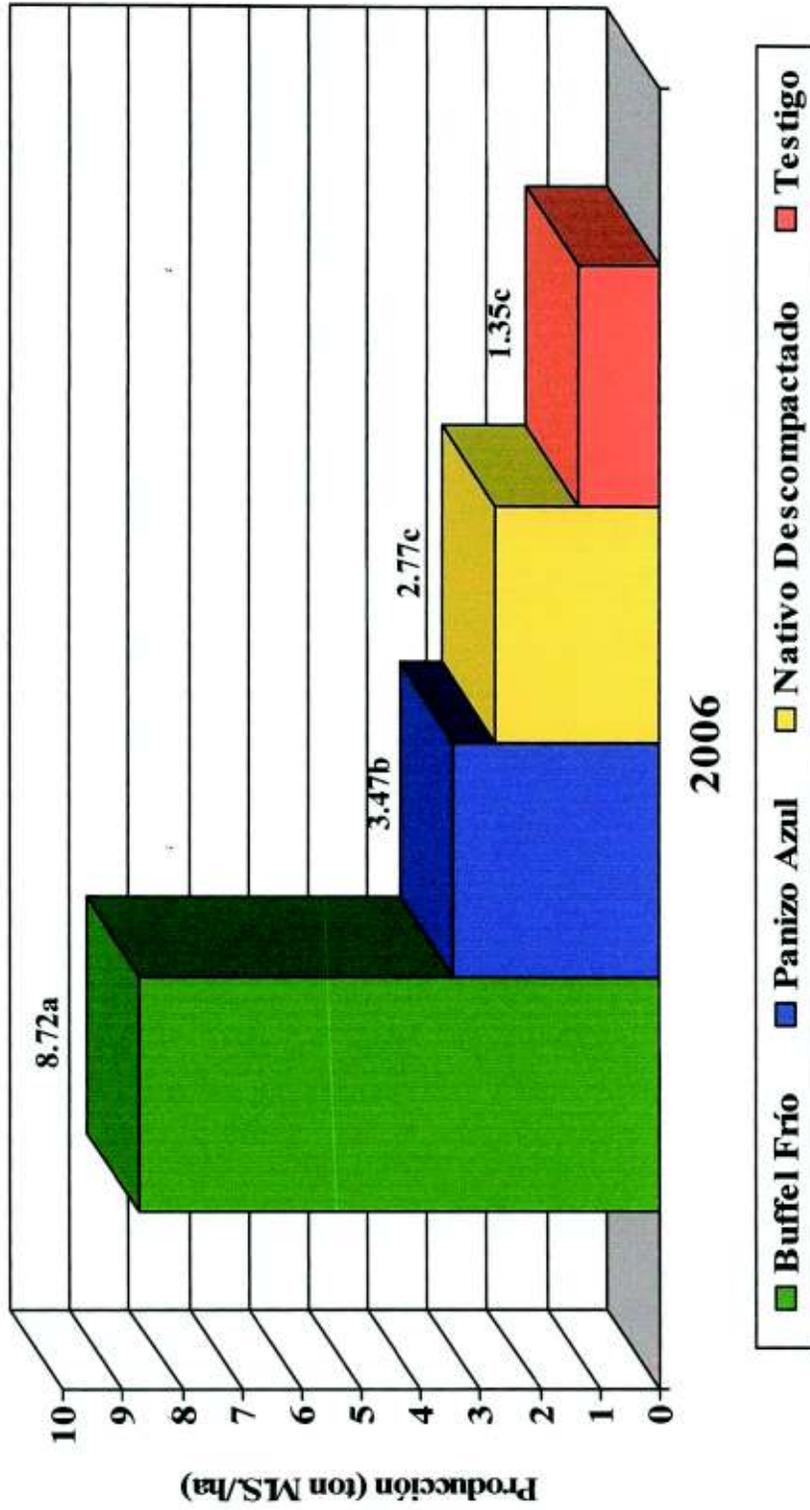


Figura 15. Producción de forraje en zacates cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.

*Literales distintas señalan diferencia ($P \leq 0.05$) entre especies.

La producción de forraje va ligada a la altura y la cobertura aérea por lo que es bueno manejar especies introducidas para incrementar hasta más de 500% el alimento disponible para el ganado en el rancho. Pero se deben de conservar las especies nativas para la supervivencia de estas introducidas.

Los resultados obtenidos en el estudio indican que es conveniente escoger especies de zacates, que se requieran utilizar para rehabilitar o incrementar la producción de forraje, es muy importante tomar en cuenta su altura, cobertura basal, número de tallos base, número de hojas por tallo, si se cuenta con más variables o características fenotípicas son formas más eficiente de seleccionar una especie para el objetivo antes mencionado. El panizo azul fue la planta que alcanzó la mayor altura, pero no obtuvo mayores valores en las demás variables, por ejemplo su densidad a través de los años no fue buena, lo cual repercutió notablemente en la producción de forraje total por unidad de superficie al final del estudio.

En los zacates nativos, se aprecia una gran diferencia con respecto a la producción de forraje en el tratamiento de suelo descompactado, donde se obtuvieron incrementos en un 100% en la producción de forraje. Con lo anterior se demuestra que es factible y redituable el costo de aplicación de las prácticas de descompactación de suelo en los ranchos. Por lo que la eficiencia de áreas rehabilitadas dependerá del manejo que se le aplique. Está demostrado que el buen manejo del ganado es indispensable para mantener agostaderos en buena condición sobre el tiempo y hacer la ganadería más rentable (Stoddart *et al.*, 1975; Holechek *et al.*, 2004). Si con la sola descompactación del terreno se obtiene el doble de forraje con zacates nativos, entonces es mucho mas rentable sembrar otras especies de pastos como el zacate buffel, ya que a esto solo se le sumaría el valor de la semilla, con la diferencia que el buffel produce 500% más forraje bajo condiciones

normales. El uso de especies introducidas en la rehabilitación de agostaderos ha sido ampliamente documentada en áreas con problemas de suelo compactado tanto en México como en los Estados Unidos (Barton *et al.*, 1996; Ibarra *et al.*, 2004).

Respuesta de arbustos forrajeros.

Densidad de arbusto. La densidad de plantas fue diferente entre especies (Cuadro 3), observándose que las especies de menor tamaño lograron los valores más altos de densidad. El cósahui del norte fue la especie con mayor densidad con 6,762.9 plantas por hectárea, siguiendo el sitiporo con una densidad de 3,351.8 plantas, y con valores intermedios resultaron el palo dulce y piojito con 1,111.1 y 462.9, respectivamente. El mezquite, palo blanco, zámota y vagote que son los más bajos de densidad con 207.7, 93.1, 93.1 y 19.4 plantas por hectárea, respectivamente.

Altura de Arbustos. Para esta variable, al final del estudio resultó también diferente ($P < 0.05$) entre especies (Figura 16). La especie que logró la mayor altura fue el vagote con 290.2 cm, seguida por el sitiporo y la zámota con 142.5 y 127.2 cm, respectivamente. Las especies de palo dulce, piojito y mezquite resultaron con valores intermedios con alturas de 108.5, 197.7 y 105.3 cm, respectivamente. Las especies con menores alturas fueron el palo blanco y cósahui del norte con promedios de 76.2 y 29.3 cm, respectivamente.

Cobertura aérea de arbustos. El comportamiento de esta variable resultó en forma opuesta a la densidad, siendo las especies de mayor altura las que lograron una mayor cobertura aérea. Los resultados muestran que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre especies (Figura 17), siendo el vagote la especie de mayor cobertura con 9.33%, seguida por el resto de las especies con promedios de 2.6, 2.1, 1.6, 1.3, 1.1, 0.22 y 0.21

Cuadro 3. Densidad de arbustos (Plantas/ha) en el 2006 en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.

Densidad (plantas/ha)	
Especie	Densidad
Palo blanco	93.1 c
Palo dulce	1,111.2 bc
Sitiporo	3,351.8 b
Cósahui del norte	6,762.9 a
Zámota	93.1 c
Vagote	19.4 c
Piojito	462.9 bc
Mezquite	207.7 c

* Literales distintas en la columna indican diferencia ($P \leq 0.05$) entre tratamientos.

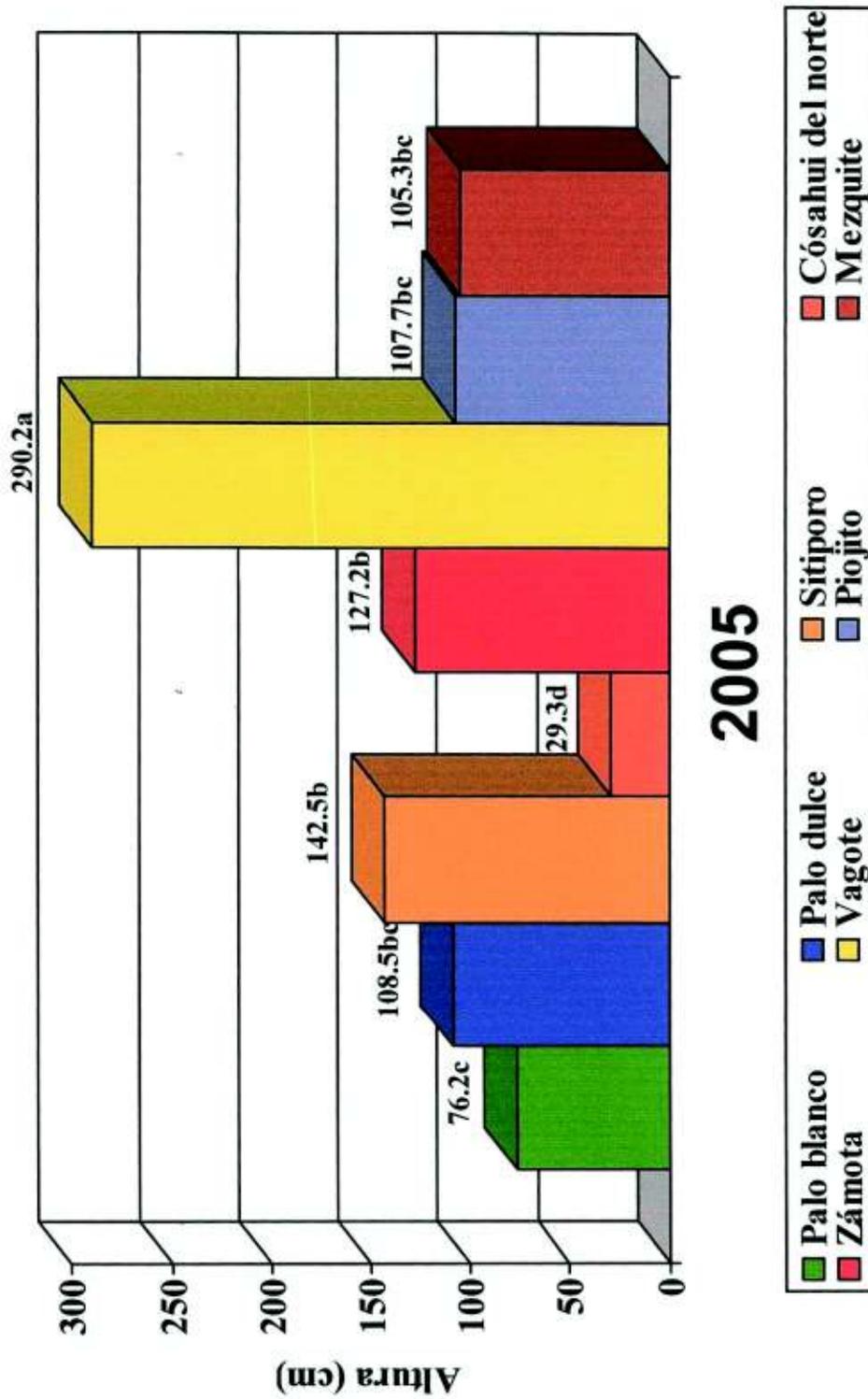


Figura 16. Altura de arbustos (cm) cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.

*Literales distintas señalan diferencia ($P \leq 0.05$) entre especies.

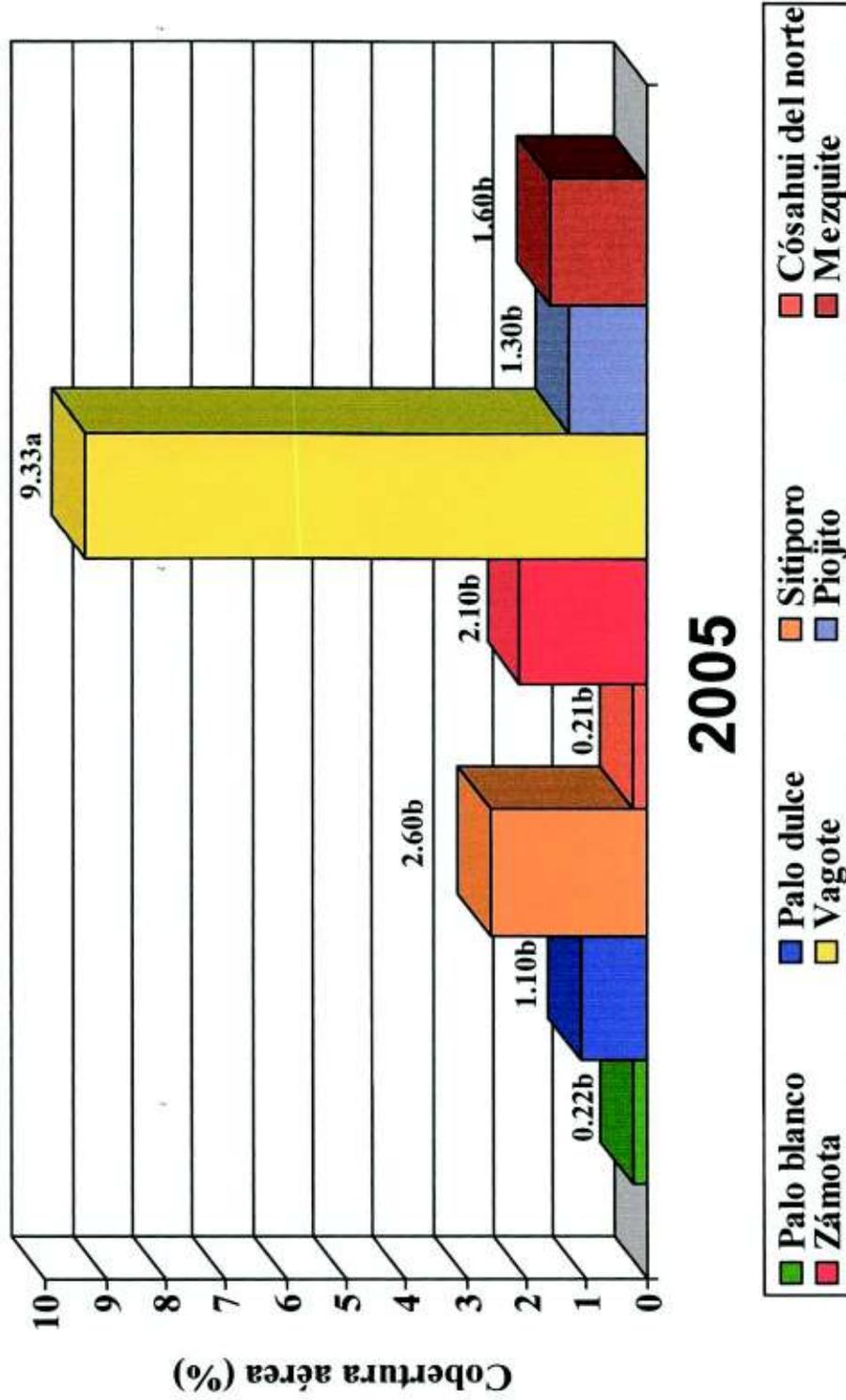


Figura 17. Cobertura aérea de arbustos (%) cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.

*Literales distintas señalan diferencia ($P \leq 0.05$) entre especies.

para sitiporo, zámota, mezquite, piojito, palo dulce, palo blanco y cóсахui del norte, respectivamente.

Número de tallos por arbusto. El número de tallos por planta, cuatro vernos después de la siembra mostró diferencia ($P \leq 0.05$) entre especies (Figura 18). La especie que logró el mayor número de tallos basales fue el sitiporo con 5.5, seguido por el cóсахui del norte con 3.8 tallos por planta. Las demás especies como la zámota, palo dulce, piojito, mezquite y palo blanco resultaron con valores intermedios de números de tallos con medias de 3.3, 2.7, 1.7, 1.7 y 1.2, respectivamente. La planta que logró el menor número de tallos fue el vagote con un promedio de 1.0.

Producción de forraje en arbustos. La producción de forraje de los arbustos fue diferente ($P < 0.05$) entre especies. La mayor producción la logró el vagote con 0.950 kg/planta seguido de la zámota, palo blanco y piojito con 0.320, 0.255 y 0.295 kg/planta, respectivamente. Posteriormente, le siguieron mezquite, palo dulce, sitiporo y cóсахui del norte, 0.225, 0.154, 0.100 y 0.095 kg/planta, respectivamente (Figura 19).

Algunos estudios anteriormente realizados por Ibarra *et al.* (2002) y Olivas (2003) en las planicies centrales de Sonora donde se probó el establecimiento de especies de arbustos forrajeros mediante trasplante, indican que sí es posible establecer arbustos por estos medios bajo las condiciones ambientales del Desierto de Sonora, sin embargo, la siembra mediante el trasplante además de ser riesgosa por el alto índice de mortalidad de plantas que puede resultar cuando el trasplante ocurre durante años secos, es demasiado costosa porque se tienen que producir las especies en vivero o invernadero, después se tienen que transportar a los ranchos y posteriormente distribuir en el terreno con un excesivo uso de mano de obra. En ese estudio se reportan porcentajes de sobrevivencia de 0

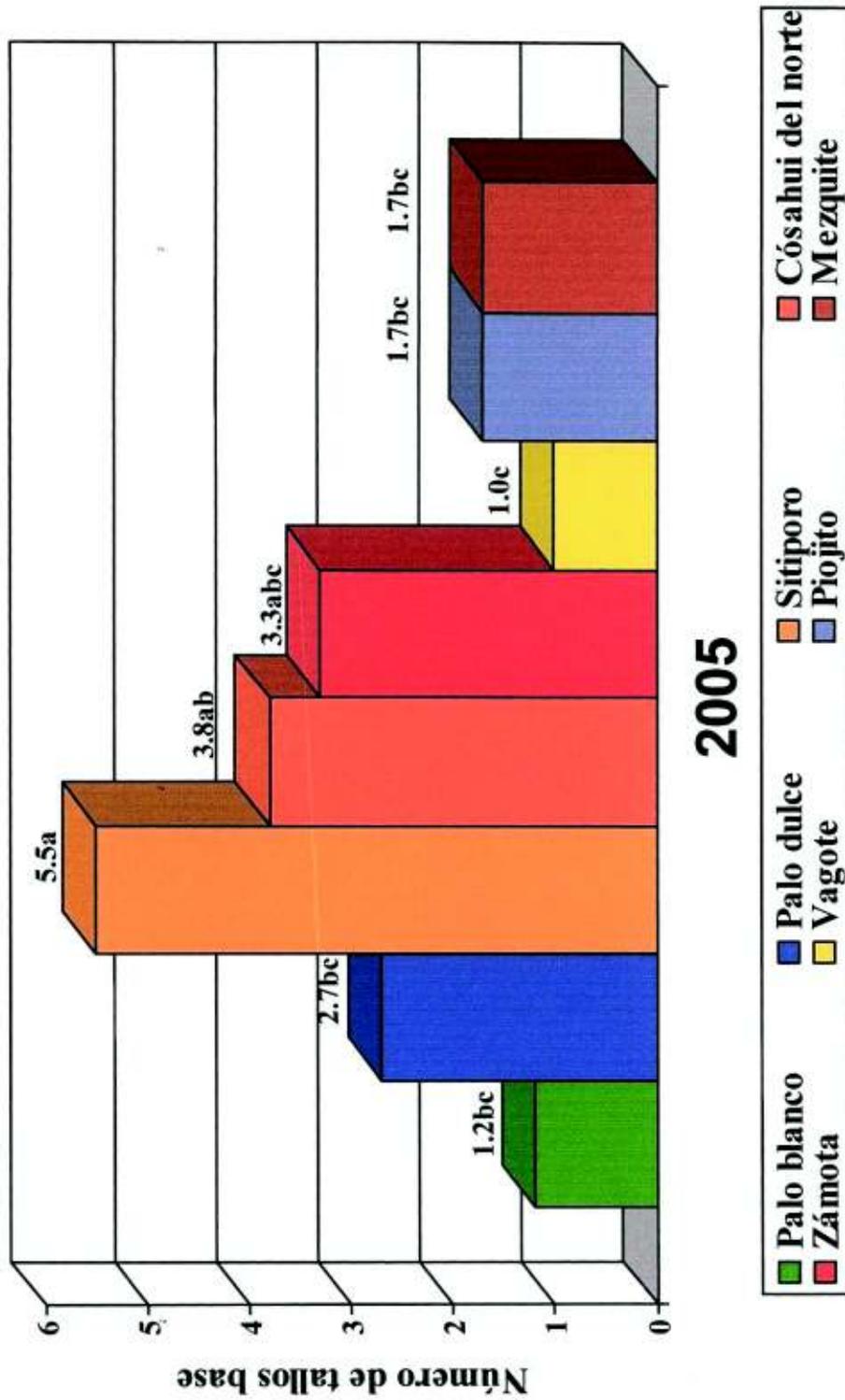


Figura 18. Número de tallos base en arbustos cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.

*Literales distintas señalan diferencia ($P \leq 0.05$) entre especies.

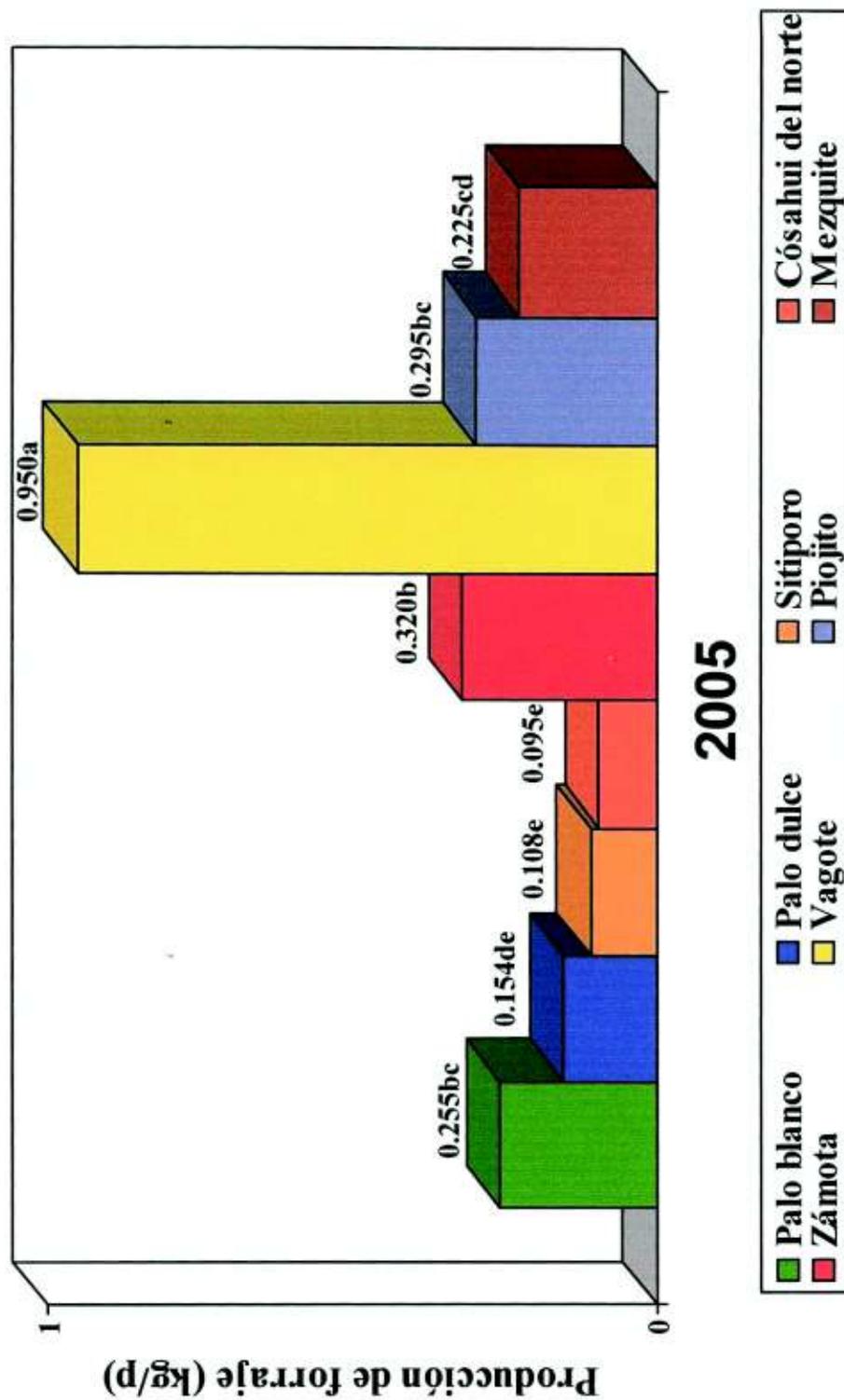


Figura 19. Producción de forraje (kg/planta) cinco veranos después de la siembra en el rancho “La Yerba Buena” Moctezuma, Sonora.

*Literales distintas señalan diferencia ($P \leq 0.05$) entre especies.

a 70% y lograron establecerse un promedio de 147 plantas por hectárea de nuevos arbustos forrajeros importantes, los cuales produjeron un promedio de 1,580 kg de forraje seco total por hectárea al quinto año del transplante en el municipio de Carbó, Sonora.

Los resultados que se lograron en este sitio de estudio muestran que es posible establecer arbustos forrajeros por medio de la siembra directa con semilla bajo condiciones ambientales típicas de los ranchos localizados en la sierra baja de Sonora. En las áreas sembradas se produjo un promedio de 715.4 kg de forraje seco aprovechable por hectárea (densidad x producción de forraje por arbusto/50% aprovechable), a partir del quinto año de siembra, lo que representa un 238% de incremento en la producción forrajera (Cuadro 4). Esto indica que con la aplicación de esta práctica se puede mantener una unidad animal (vaca adulta de 450 kg con cría) en 8.2 hectáreas, en lugar de 27.7 hectáreas que aproximadamente se requieren en el sitio. Por medio de la rehabilitación de agostaderos con la siembra directa de arbustos forrajeros puede resultar mucho más rápida y económica en comparación con la siembra por transplante. Si se toma en cuenta que un productor puede cosechar la semilla de los arbustos en sus propios predios, a costos razonables y que la siembra se puede realizar en franjas o en bordos trazados sobre curvas de nivel, utilizando maquinaria y sembradoras automáticas en los terrenos más planos y accesibles.

La producción de forraje de arbustos que se reporta en este estudio puede incrementarse significativamente con el paso de los años ya que la mayoría de las especies sembradas no ha alcanzado aun su tamaño normal. También es de esperarse mayor crecimiento de las mismas en los años con precipitación más abundante y mejor distribuida.

Debido a que las plantas jóvenes recién establecidas son muy vulnerables a ser dañadas o eliminadas por el pastoreo y/o el pisoteo del ganado, las áreas sembradas con arbustos requieren del manejo apropiado después de la siembra. Se requiere proteger las

Cuadro 4. Producción total de forraje aprovechable en arbustos (kg/ha) en el 2006 en el rancho “La Yerba Buena” en Moctezuma, Sonora.

Produccion (kg/ha)	
Especies	Kilogramos/ha
Palo blanco	11.87 d
Palo dulce	85.56 c
Sitiporo	180.99 b
Cósahui del norte	321.24 a
Zámota	14.89 d
Vagote	09.22 d
Piojito	68.28 c
Mezquite	23.37 d
TOTAL	715.42

*Literales distintas en la columna indican diferencia ($P \leq 0.05$) entre tratamientos.

áreas sembradas de arbustos por lo menos dos veranos consecutivos bajo condiciones normales después de la siembra y proporcionar pastoreos ligeros posteriores para no remover más del 50% de la producción de forraje. Dichas áreas deben de ser diferidas del pastoreo durante el verano para promover la recuperación de las plantas ya establecidas y además para promover también la germinación de la semilla en el suelo y el establecimiento de otras plantas. Este tipo de protección es recomendable para asegurar la recuperación y la producción de semilla de las especies buenas, deseables y la repoblación natural de especies más consumidas por el ganado en el rancho.

La siembra de arbustos forrajeros es importante ya que estos son preferidos por el ganado sobre los zacates nativos regionales por ser más nutritivos y aportar forraje verde en diversas épocas del año. Tanto los pastos como los arbustos pueden no responder a periodos prolongados de descanso cuando los suelos están compactados y presentan problema de baja infiltración de agua, similares a los reportados por Ibarra *et al.* (2006) en la zona de las planicies centrales de Sonora. Por lo que, bajo esas condiciones, se hace necesaria la aplicación de prácticas de despompactación de suelo y retención de agua de escurrimiento para promover el establecimiento de especies (Aguirre *et al.*, 2002; Ibarra *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

El zacate bufel frío fue el que mostró la mejor respuesta para rehabilitar agostaderos degradados ya que resultó más toneladas de materia seca por hectárea, logró mejor promedio en densidad al tercer verano de la siembra y una mayor cobertura basal.

El zacate panizo azul no es recomendable para la rehabilitación de agostaderos deteriorados bajo las condiciones en las que se realizó el estudio, ya que es una especie de alta producción de forraje a corto plazo pero se debe tener cuidado porque tiene problemas para mantenerse en el agostadero.

Con la aplicación de descompactación por medio de subsoleo, la producción de forraje se incrementó en 100% en comparación al testigo, también incrementó la altura, la densidad de plantas, lo cual hace redituable implementar este tipo de prácticas de descompactación y siembra directa de arbustos en agostaderos.

El vagote que fue la especie con mayor altura y cobertura basal no logró la mayor producción de forraje y el cósahui del norte aunque fue la especie con menor altura, obtuvo la mayor densidad y producción de forraje, lo que indica que los arbustos más altos no son necesariamente los que producen más forraje.

Sí es posible establecer arbustos forrajeros en los ranchos mediante siembra directa o siembra por medio de semilla.

La hipótesis planteada en este estudio resultó cierta debido a que la práctica de descompactación de suelo tanto con siembra y sin siembra dió como resultado un incremento entre 100 y 600% de la producción de forraje en el agostadero.

La siembra directa de arbustos forrajeros es posiblemente más rentable que el transplante de las mismas especies debido a que ésta última práctica es más riesgosa por el alto índice de mortalidad de plantas y su alto costo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la rehabilitación de agostaderos con la variedad buffel frío, ya que ésta fue la que presentó mayor producción de forraje en más de 500%, y tiene buenas características de adaptación para la rehabilitación de agostaderos en la sierra baja de Sonora.

Debido a que no es suficiente con un sistema de protección mediante el pastoreo, se recomienda la aplicación de prácticas de descompactación, retención de agua pluvial, siembra de especies forrajeras, entre otras mejoras y cuidados que se le pueden dar a los agostaderos degradados y con poca producción, para su recuperación y de este modo obtener mayor forraje para el ganado, ya que es el principal negocio en un rancho.

Se recomienda la siembra de especies arbustivas ya que es una muy buena opción y promete ser una alternativa viable para la rápida recuperación de agostaderos deteriorados ya que se puede incrementar hasta en un 238% el potencial de producción de forraje a partir del quinto año de siembra.

Es recomendable la mezcla de especies para aprovechar las características de cada una de ellas para obtener mayor diversidad de alimento para el ganado y la fauna silvestre, ya que las etapas de floración y de disponibilidad de forraje es diferente en todas las especies que se utilizaron en este estudio, así se cubre gran parte del año disponiendo de alimento para el ganado.

Se recomienda ampliamente la realización de investigaciones de campo de este tipo en otras áreas del estado, con el fin de obtener información que sea de importancia para la rehabilitación de agostaderos deteriorados y disminuir las tierras improductivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M. R., F. Ibarra y G. S. Luna. 2002. Condiciones y clasificaciones de los pastizales para la región ecorregional Apache Highlands en Sonora. México. The Nature Conservancy. IMADES. Hermosillo, Sonora, México.
- Alcalá, C. H. 1995. Origen geográfico y características biológicas del zacate buffel. p. 9-14. En: PATROCIPES (eds.). Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Hermosillo, Sonora, México. 20 p.
- Alcaraz-Flores, R. 1989. Situación actual de las zonas buffeleras de México y su impacto ecológico regional. SARH-COTECOCA. Hermosillo, Sonora (reporte sin publicar).
- Avery, T. E. 1975. Natural Resources Measurements. 2nd. Ed. McGraw-Hill Book, Co. New York, US.
- Ayersa, R. 1981. El zacate buffel. Utilidad y manejo de una promisorio gramínea. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. p. 139.
- Ayersa, R. 1984. La jojoba. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. pp. 21-137.
- Baer, R. D. 1990. Problems of land tenure and food production in Northwestern México. Food Nutr, Bull. 2(4)14.
- Barton, H., W. G. McCully, H. M. Taylor and J. E. Box. Influence of Soil Compaction on Emergence and First-Year growth of seed grasses. J. Range Management 19:118-121.
- Bashaw, E. C. 1985. Buffelgrass origins. In: Runge E. C. A. and J. L. Scuster eds. Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality symposium. Tex. Agr. Exp. Sta. MP-1575. Collage Station. Tx. pp. 6-8.
- Beetle, A. A., D. Johnson, D., A. Navarro y R. Alcaraz. 1991. Gramíneas de Sonora. Gobierno del Estado de Sonora y SARH eds. Hermosillo, Sonora, México.
- Benavides, J. E. 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central: un enfoque agroforestal. El Chasqui No. 25. pp. 6-35.
- Benson, L. and L. A. Darrow. 1981. Trees and shrubs of the Southwestern deserts. Third edition. The University of Arizona, Press. U.S.A. p. 416.
- Bogdan, A. V. 1997. Pastos tropicales y plantas forrajeras. A. G. T. editor, S.A. México. pp. 65-72.

- Chauvet, M. 1997. La ganadería mexicana frente al fin de siglo. Meeting of the Latin American Studies Association. Guadalajara, Jalisco, Mexico.
- Coronado-Quintana, J. A., and M. P. McClaran. 2001. Range condition, land tenure, Management, and bio-physical relationships in Sonora, Mexico. *Journal of Range Management* 54:31-38.
- COSTAT. 2002. Costat Statistical Software, version 6.101. Monterrey, Ca. 93940, USA. p. 442.
- COTECOCA. 1992. Vegetación del estado de Sonora. Mimeo. Hermosillo, Sonora, México. p. 212.
- COTECOCA. 1998. Comisión Técnico Consultiva para la determinación de Coeficientes de Agostadero. Tipos de vegetación, sitios de productividad forrajera y coeficientes de agostadero del estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, Mexico. p. 361.
- Cox, J. R., H. L. Morton., T. N. Johnsen. Jr., G. L. Jordan., S. C. Martin. and L. C. Fierro. 1982. Vegetation in the Chihuahua and Sonoran deserts of north America. USDA Agric. Res. Serv. ARM-W-28. Okland, California, U.S.A. p. 39.
- Estrada, A. E. C. y J. Marroquín. 1998. Leguminosas de Nuevo León. Sinopsis de las especies de Linares. Facultad de Ciencias Forestales. Reporte Científico No. 9. México. p. 2.
- FAO. 1998. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales. Especies Arbóreas y Arbustivas para las zonas Áridas y Semiáridas de América Latina. <http://rlc.fao.org/redes/sisag/arboles/Arg-p-ch.htm>
- Flores, M. J. 1993. Bromatología Animal. Editorial Limusa. México, D. F. pp. 247-249.
- Friedich, N. K. 2001. Turismo rural y ecoturismo. Primera Ed. Centro de Estudios Agropecuarios, Grupo Ed. Ibero America., México, D.F.
- Garcia, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. UNAM. Mexico. D.F.
- Gentry, H. S. 1942. Rio Mayo plants a study of the flora and vegetation of the valley of Rio Mayo, Sonora. Carnegie Institution of Washington. Publication 527. Washington, D.C.
- Greulach, A. V. y J. E. Adams. 1980. Las plantas – Introducción de la botánica moderna. Ed. Limusa, S. A. México, D. F. pp. 42, 43.

- Gutiérrez, A. J. 1991. Nutrición de Rumiantes en pastoreo. Colección texto universitario. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua. México. p. 41.
- Haferkamp, M. P., J. D. Volehy, M. M. Bormann, R. K. Heitschmidt and P. O. Currie. 1993. Effects of mechanical treatments and climatic factors on the productivity of Northern Great Plains rangelands. *J. Range Management* 46: 346-350.
- Hanselka, C. W. y L. Reyes. 1986. Comportamiento de producción de zacate buffel a las variaciones ambientales y al pastoreo. Memorias del Segundo Congreso Nacional de Manejo de Pastizales. U. N. A. A. A. N. Saltillo, Coahuila. pp. 269.
- Holechek, J. L., R. D. Pieper and C. H. Herbel. 2004. Range management principles and practices. 5th edition. Ed. Pearson Prentice Hall. USA. pp. 23, 24.
- Hussey, M. A. and E. C. Bashaw. 1996. Performance of buffelgrass germplasm with improved winter survival. *Agronomy Journal* 88: 944-946.
- Ibarra, F. F. A. y M. Martín, R. 1995. Establecimiento de zacate buffel. Guía práctica para el Establecimiento, Manejo y Utilización del Zacate Buffel (PATROCIPES A.C.). Hermosillo, Sonora, Méx. pp. 12-30.
- Ibarra, F. F. A. y M. Martín, R. and J. L. Luna. 1996. Seeding of forage brush species for the restoration of deteriorated rangelands in the Sonoran Desert. Abstract. 51 Annual Meeting. Society for Range Management. Guadalajara, Jalisco, México. p. 63.
- Ibarra, F. F., M. Martín, R., L. Olivas, G., E. Gerlach, B. y F. Denogean, B. 2002. La siembra de arbustos forrajeros como una alternativa para la rehabilitación de agostaderos degradados de uso comunal en Carbó, Sonora. pp. 206-215. En: Vásquez del C. D., Ortega, N. M., y Castillo, G. R. A. (eds.) Memorias del III Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre En Zonas Áridas. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México,
- Ibarra, F. F., M. Martín, R., y F. Ramírez M. 2004. El subsoleo como práctica para la rehabilitación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. *Técnica Pecuaria en México*. 42(1):1-16.
- Ibarra, F. F., S. Moreno, M. Martín, F. Denogean y L. E. Gerlach. 2005. La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora. *Técnica Pecuaria en México*. 43(2)173-183.
- Ibarra, F. F., M. Martín, A. Encinas y S. Pérez. 2006. Recomendaciones para el mejoramiento forrajero de los agostaderos de Sonora mediante técnicas de rehabilitación y manejo. Publicación especial. F.P.S., U.G.R.S., PATROCIPES. INIFAP. Hermosillo, Sonora, México. 28 p.
- INEGI. 2000. Síntesis de información geográfica del estado de Sonora. Ed. INEGI. México, DF.

- INIFAP. 1997. Trasplante de chamizos en agostaderos. Tecnologías Llave en mano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Primera edición INIFAP – SAGAR. División Pecuaria. México. pp. 145, 146.
- Jackson, M., B. Harsel and L. Fornes. 1998. Transplanting trees and Shrubs. North Dakota State University. NDSU Extension Service. F-1147. U.S.A.
- Johnson, D. y L. Carrillo. 1997. Algunos zacates de Sonora. Comité de Fomento Ganadero. p. 58.
- Johnson, M. B 1988 Horticultural characteristics of seven Sonoran Desert legumes with potential for Southwestern landscaping. M.S Thesis. University of Arizona, Tucson, Arizona, U.S.A.
- Lailhacar, S. y C. Torres. 2000. Papel de los arbustos forrajeros en la ganadería del secano árido de la Zona Centro Norte. Publicación del Departamento de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Circular de Extensión No. 26. Chile.
- Lal, R, W. H. Blum, C. Valentine and B. A. Stewart. 1998. Methods for assessment of soil degradation. Ed. CRC press. USA. 129, 139.
- Lavander, A. L. 2003. Pruebas de adaptación de zacate buffel [*Cenchrus ciliaris* (L.) Link] en la región de Cananea, Sonora. Tesis Licenciatura. Santa Ana, Sonora, México. Universidad de Sonora. p. 42.
- Martín, R. M. (Comp.). 1989a. Manejo de Pastizales. En Memoria 20 años de investigación pecuaria en el CIPES. “Faustino Félix Serna”: INIFAP-SARH-GOB. EDO. SON. UGRS. Hermosillo, Sonora, México. pp. 35-63.
- Martín, R. M., F. Ibarra F., J. Carranza M., M. Silva O., L. Torres V., E. Enríquez C., F. Ramírez M., C. Alcalá G., H. Miranda Z., U. Ávila F. y L. Cordero D. 1989b. Manejo de Pastizales. Memorias de los Festejos Conmemorativos del 21 Aniversario del CIPES. Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora. INIFAP-SARH. Hermosillo, Sonora, México.
- Martín, R. M. y F. Ibarra, F. 1995. Producción y calidad forrajera del zacate buffel. Guía Práctica para el Establecimiento, Manejo y Utilización del Zacate Buffel (PATROCIPES A.C.). Hermosillo, Sonora, México. pp. 31-40.
- Martín-R. M. H., J. R. Cox, and F. Ibarra-F. 1995. Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonoran Desert. *Journal of Range Management* 48:60-63.
- Martín, R. M., F. Ibarra, F., F. Denogean, B. y S. Moreno, M. 2008. Es indispensable crear obras para captar el agua. *Revista Rancho* No. 35. PATROCIPES. Hermosillo, Sonora, México. pp. 22-27.

- Miranda, Z. H., M. Martín R., F. Ibarra F., C. Bujdjud R., L. Ortega R. 2004. 101 Plantas de los matorrales del centro de Sonora. Libro técnico No. 1. Forrajes y Pastizales. Hermosillo, Sonora, México. pp. 18, 59,51, 83,103.
- Niembro, R. A. 1990. Árboles y arbustos de México, naturales e introducidos. Ed. Limusa. Chapingo, Méx. pp. 19-22.
- Norton, B. 1993. Necesidades de información para el manejo de arbustivas en terrenos de agostaderos. IX Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. Manejo integral y sostenible del pastizal. SOMMAP. Hermosillo, Sonora, México.
- O'Hara, S. L., F.A. Street-Perrot, and T. P. Burt. 1993. Accelerated soil erosion around a Mexican highlands lake caused by prehispanic agriculture. *Nature* 362:48-51.
- Olivas, G. L. 2003. Adaptación de nueve especies arbustivas forrajeras mediante trasplante para la rehabilitación de praderas deterioradas de zacate buffel [*Cenchrus ciliaris* (L) Link] en la región central de Sonora. Tesis de Maestría Universidad de Sonora. Santa Ana, Sonora, México. p. 5.
- Paull, C. J. and G. R. Lee. 1978. Buffelgrass in Queensland. Advisory leaflet No. 1447. Division of a plant industry. Dep. of Primary Industries. Queensland, Australia. p. 20.
- Pérez, R. L., Nava, J. Gutiérrez y J. Dueñes. 1993. Interacciones ecológicas de las arbustivas: Implicaciones para los ecocultivos. IX Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. Manejo integral y sostenible del pastizal. SOMMAP. Hermosillo, Sonora, México.
- Ribaski, J. 2000. Influencia del algarrobo *Prosopis juliflora* (SW) DC sobre la disponibilidad y calidad de forraje de zacate buffel *Cenchrus ciliaris* en la región semiárida brasilera. Brasil. p. 165.
- Rodríguez, C. B. y M. C. Porras. 1996. Botánica Sistemática. Universidad Autónoma Chiapingo. Dirección General de Difusión Cultural. Departamento. de Publicaciones. México. p. 313.
- Roundy, B. A. 1993. Lessons from the past-Gilbert L. Jordan's revegetation research in the Chihuahuan and Sonoran deserts, p. 107_112. In: Roundy, B. A. McArthur e. D. Harley J. S., Gen. Tech. Rep. INT-GTR-315. Ogden, UT: U.S. Dep. Agr. Forest Serv. Intermountain Research Station. p. 384.
- Roundy, B. A., M. Heydary, C. Watson, C. E. Smith, B. Munda and M. Pater. 2001. Summer establishment of Sonora desert for revegetation of abandoned farmland using line source sprinkler irrigation. USA. pp. 23-25.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. pp. 237-238.

- Salviano, L. M. C. 1984. Leucaena fuente de proteína para nuestros rebaños. Petrolina, PE., EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica 11. p. 16.
- Scifres, C. J. 1980. Brush Management – Principles and Practices for Texas and the Southwest. Texas A&M University. U.S.A. p. 360.
- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran. 1981. Statistical Methods. Iowa State University Press. U.S.A. p. 507.
- Sheridan, T. 1983. Were the doves calls: economic inequality and agrain conflict in the municipio of Cucurpe, Sonora. [Doctoral Dissertation]. University of Arizona. Tempe, Arizona. USA.
- Stephen, F. R., M. B. Johnson and M. F. Wilson. 2001. The trees of Sonora Mexico. Oxsford University press. USA. pp. 137-200.
- Stoddart, L. A., A. D. Smith and T. W. Box. 1975. Range Management. Third Edition. McGraw-Hill, Book Co. New York, U.S.A. p. 532.
- Tischler, C. R., and W. R. Ocumpaugh. 2004. Kleingrass, Blue Panic and vine Mesquite *In*: approach. 2nd Ed. New York. USA. McGraw-Hill Book, Co.
- Turner, R. M., J. E. Bowers and T. L. Burgess. 1995. Sonoran Desert Plants: an Ecological Atlas. The University of Arizona Press. USA. pp. 64, 65.
- Vallentine, J. F. 1980. Range Development and Improvements. Second Edition. Brigham Young University, Press. Provo, Utah, USA.
- Velásquez, C. J. 1997. Importancia y valor nutricional de las especies forrajeras de Sonora. Ed. UNISON. Hermosillo, Sonora, México. p. 106.
- Velazco, M. H. A. 1991. Las zonas áridas y semiáridas, sus características y manejo. Ed. Limusa. México. pp. 71-159.
- Wiggins, I. L. 1964. Flora of Sonoran Desert. *In* F. Sherve, I. L. Wiggins, Vegetation and Flora of the Sonoran Desert, vols., 187-840. Standford University Press. Standford, Calif. USA.