

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS,

CONTABLES Y AGROPECUARIAS



Rentabilidad del uso del herbicida tebuthiurón para control de la uña de gato en el
Pastizal Mediano Abierto

TESIS

Víctor Manuel De La Toba García

Santa Ana, Sonora

Marzo de 2012

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

Rentabilidad del uso del herbicida tebuthiurón para control de la uña de gato en el
Pastizal Mediano Abierto.

TESIS

Sometida a la consideración del Departamento
de Contabilidad

de la

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

por

Víctor Manuel De La Toba García.

Como requisito parcial para obtener el título

de

Licenciado en Sistemas Administrativos
con opción en Producción y Calidad

Santa Ana, Sonora

Marzo de 2012

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL COMITÉ TUTORIAL,
APROBADA Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCION
DEL TITULO DE:

LICENCIADO EN SISTEMAS ADMINISTRATIVOS
CON OPCIÓN EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD

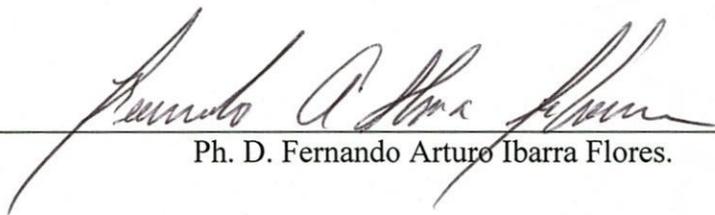
COMITÉ TUTORIAL:

DIRECTOR:



Ph. D. Martha Hortencia Martín Rivera.

ASESOR:



Ph. D. Fernando Arturo Ibarra Flores.

ASESOR:



M. A. Francisco Gabriel Denogean Ballesteros.

AGRADECIMIENTO

Les quiero agradecer a mis maestros por el apoyo que tuve de ellos al realizar esta tesis, porque los maestros siempre estuvieron al pendiente de nuestras inquietudes y nos apoyaban en todo lo necesario para la realización de esta tesis.

Por otra parte les doy el agradecimiento a mis amigos, que estuvieron en las buenas y en las malas para poder finalizar con esta tesis, fueron una de las cosas que me ayudaron a salir adelante, para poder realizar de una buena manera este trabajo.

Quiero agradecerle a Dios por permitirme realizar esta tesis, que sin la ayuda de él no hubiera llegado a concluir con mis metas y objetivos. También le agradezco a la Universidad de Sonora, que es donde terminé este trabajo. A Dow Agrosiences por todas las facilidades brindadas en la elaboración de esta investigación. Por otro lado agradezco al personal del Rancho Experimental de la Universidad de Sonora, *Campus Santa Ana* por todo el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres, Víctor Manuel De La Toba Monreal y Cecilia García Madrid que siempre me apoyaron en todo lo relacionado con mis estudios, porque siempre están pendientes de los que me sucede en la escuela y en la vida.

También se lo dedico este trabajo a mi hermano Alan De La Toba García, quien me inspira y alienta a que desarrolle siempre bien mis trabajos; esto para que él sepa que tiene un buen hermano y siga el mismo camino que yo, el camino del bien.

A todos mis amigos que me ayudaron a realizar esta tesis: Emmanuel Hurtado, Uzziel Hernández y Francisco Cisneros.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Pastizal natural.....	5
Forrajes.....	6
Praderas de agostadero.....	7
Deterioro de praderas.....	10
Prácticas para mejorar las praderas.....	11
Agostaderos.....	14
Malezas.....	15
Malezas arbustivas en Sonora.....	17
Control de arbustos o malezas.....	17
Control manual.....	18
Control mecánico.....	18
Control pírico.....	19
Control químico.....	21
Control biológico.....	21
Descripción de la uña de gato.....	22
Características de desarrollo de la planta.....	23
Herbicidas.....	23
Clasificación de herbicidas.....	24
Herbicida Tebuthiurón.....	26

MATERIAL Y MÉTODOS.....	29
Descripción del sitio de estudio.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
Precipitación.....	38
Mortalidad de malezas.....	38
Fitotoxicidad en pastos.....	42
Densidad de los zacates.....	42
Altura de los pastos.....	44
Cobertura basal de las plantas forrajeras.....	46
Producción de forraje.....	48
Rentabilidad del herbicida tebuthiurón.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Escala para evaluar el porcentaje de control de malezas mediante la utilización del herbicida Tebuthiurón en Cananea, Sonora, México.....	33
Cuadro 2. Escala para evaluar el porcentaje de control de toxicidad en pastos mediante la utilización del herbicida Tebuthiurón en varias dosis en Cananea, Sonora, México.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Localización del sitio de estudio.....	30
Figura 2.	Vista panorámica del sitio de estudio en el rancho de la UNISON en Cananea, Sonora, México, y herbicida granular tebuthiurón utilizado en el estudio.....	31
Figura 3.	Evaluaciones para determinar la densidad, altura y cobertura de los pastos en el sitio de estudio.....	35
Figura 4.	Cortes de producción para determinar la cantidad de forraje en el sitio de estudio.....	36
Figura 5.	Precipitación mensual (mm) durante el 2009 en el Rancho UNISON y promedio de precipitación durante 57 años en la zona de Cananea, Sonora, México.....	39
Figura 6.	Respuesta de la vegetación al control químico de uña de gato en el Pastizal Mediano Abierto de Cananea, Sonora, México.....	40
Figura 7.	Mortalidad de uña de gato (%) con la aplicación del herbicida Tebuthiurón en dosis de 0, 0.5, 1.0 y 1.5 kg de i.a./ha en Cananea, Sonora, México durante el verano de 2009.....	41
Figura 8.	Densidad de plantas de pastos (p/m^2) antes y después de la aplicación del herbicida granular tebuthiurón en dosis de 0, 0.5, 1.0 y 1.5 kg de i.a./ha para control de uña de gato en Cananea, Sonora, México.....	43
Figura 9.	Altura (cm) de los pastos, antes y después de la aplicación del herbicida Tebuthiurón para el control de uña de gato en el sitio de estudio en Cananea, Sonora, México.....	45
Figura 10.	Cobertura basal (%) de los pastos antes y después de la aplicación del herbicida Tebuthiurón para el control de uña de gato durante el verano de 2009 en Cananea, Sonora, México.....	47
Figura 11.	Producción de forraje (kg de M.S./ha) antes y después de la aplicación del herbicida Tebuthiurón para el control de uña de gato en Cananea, Sonora, México.....	49
Figura 12.	Tendencia de la producción de forraje (ton M.S./ha) proyectada a 9 años con la aplicación de 4 dosis del herbicida tebuthiurón para el control de invasiones de uña de gato en un Pastizal Mediano Abierto de Cananea, Sonora, México.....	51

RESUMEN

El control de malezas agresivas, arbustivas y arbóreas es una necesidad en áreas de pastizales abiertos. Las praderas se ven agresivamente invadidas por malezas leñosas que compiten con las especies forrajeras reduciendo la disponibilidad de agua, nutrientes, espacio y luz, además de que limita el movimiento del ganado y la fauna silvestre. El objetivo de este trabajo fue determinar la efectividad del herbicida tebuthiurón para el control de uña de gato (*Mimosa laxiflora*) en pastizales y determinar la respuesta de las gramíneas. Se realizó un análisis financiero para determinar la rentabilidad del uso del herbicida tebuthiurón en el control de uña de gato en pastizales. Se evaluaron 4 escenarios a 10 años donde se evaluó la rentabilidad ganadera con el potencial de producción de forraje 1) sin controlar uña de gato y controlando el arbusto con dosis de 2) 0.5, 3) 1.0 y 4) 1.5 kg i.a./ha, respectivamente. El estudio se realizó en el Rancho Experimental de la Universidad de Sonora *Campus* Santa Ana, el cual se encuentra a 16 km al Este de la ciudad de Cananea, Sonora. Las dosis del herbicida probadas fueron 0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 kg de ingrediente activo (i.a.) por hectárea, usando el producto Spike 20 P[®]. El producto de formulación granular se aplicó manualmente antes de las lluvias del verano de 2006 en parcelas triplicadas de 5 x 5 m. Las variables evaluadas fueron: mortalidad del arbusto, densidad, altura, cobertura basal y producción de forraje del pasto. Las evaluaciones se realizaron anualmente durante 2006 al 2008, al finalizar la época de crecimiento de la vegetación. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Todas las variables se analizaron mediante ANVA ($P \leq 0.05$), utilizando la prueba de rangos múltiples de Duncan para la comparación de medias. La rentabilidad del control de arbustos se determinó en función de la relación costo-beneficio resultante. Se realizó un análisis económico para comparar los costos de producción de los pastos

obtenidos con las diferentes dosis de herbicida utilizados en el estudio. En los análisis se consideraron los costos reales del herbicida tebuthiurón 20 P y los costos de aplicación del mismo. Para la proyección económica a diez años se consideró la producción de forraje real lograda durante los años del estudio; sin incrementos de forraje durante el año de aplicación (2006) y se asumió que la misma producción de forraje promedio lograda al final del estudio se mantuvo durante todos los años de evaluación (años 3 al 9). Igualmente, en las comparaciones de estimación de capacidad de carga se consideró un 75% de utilización con ganado del forraje disponible en cada tratamiento. Los resultados muestran que el herbicida en las dosis aplicadas no afectó los zacates. El herbicida resultó efectivo para el control de la uña de gato con porcentajes de mortalidad de 0, 32, 65 y 100% del arbusto con 0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 kg de i.a./ha, respectivamente e incrementos en la producción de forraje de 550, 1,000 y 1,300 kg de materia seca por hectárea, respectivamente, en comparación con el testigo. La densidad, altura y cobertura de los zacates nativos permaneció relativamente sin cambios en las parcelas testigo y todas las variables se incrementaron significativamente ($P < 0.05$) en las parcelas tratadas con todas las dosis del herbicida. La densidad, altura y cobertura de plantas se incrementó entre un 35 y 90% en las parcelas tratadas con el herbicida. Los análisis financieros que se realizaron para evaluar la rentabilidad con el uso de la práctica indican que si es económicamente costeable controlar uña de gato con el herbicida tebuthiurón. Se estima que en un rancho con 1,000 hectáreas bajo estas condiciones, sin aplicación de alguna práctica de control de arbustos y usadas al 75% de su capacidad de producción, producen forrajes suficientes para mantener anualmente 37.7 U.A. En el segundo escenario, el mismo rancho de 1,000 hectáreas aplicando el herbicida tebuthiurón en dosis de 0.5 Kg de i.a/ha para controlar a la uña de gato produce 5.10 toneladas/ha de forraje seco acumulado durante los 10 años de proyección y produce forraje

suficiente para mantener anualmente 84.78 U.A; con un costo de \$0.46 por kg de forraje adicional producido. En el tercer escenario, el mismo rancho de 1,000 hectáreas aplicando el tebuthiurón en dosis de 1.0 de Kg de i.a/ha para controlar la uña de gato se produce 7.70 toneladas/ha de forraje seco acumulado durante los diez años de proyección y produce forraje suficiente para mantener anualmente a 132.4 U.A; con un costo de \$0.37 por Kg de forraje adicional producido. En el cuarto escenario, el mismo rancho de 1,000 hectáreas, aplicando tebuthiurón en dosis de 1.5 Kg de i.a/ha para control de uña de gato produce alrededor de 12.18 toneladas/ha de forraje seco acumulado durante los 9 años de proyección y produce forraje suficiente para mantener anualmente 211.5 U.A; con un costo de \$0.27 por Kg de forraje adicional producido. Se concluye que los pastizales deteriorados e invadidos por arbustos tienen bajo potencial de producción. El herbicida tebuthiurón controló la uña de gato y no afectó los pastos zacates nativos en ninguna dosis de aplicación. Desde el punto de vista financiero es económicamente rentable aplicar tebuthiurón en dosis de 0.5 a 1.5 kg de i.a./ha para reducir altas infestaciones de uña de gato en pastizales.

INTRODUCCIÓN

En México, la ganadería bovina productora de carne es la actividad más generalizada en el área rural y utilizada por la mayoría de los ganaderos. Se estima que los agostaderos ocupan aproximadamente el 60% de la superficie total del territorio nacional, el cual es de aproximadamente 2 millones de kilómetros cuadrados.

La actividad ganadera del estado de Sonora continúa con su prestigio nacional de ser de los principales estados ganaderos del país, por la magnífica calidad de sus animales y su demanda nacional de ganado, así como a la importante contribución a las exportaciones nacionales de ganado.

En Sonora el pastoreo es una de las prácticas que más utilizan los ganaderos para criar su ganado. Esta actividad se viene desarrollando desde muchos años atrás, por los ganaderos de la región. El uso sustentable de Pastizales Medianos Abiertos es de gran importancia, porque además de que es la fuente más económica de alimento para que los productores críen a su ganado, de él dependen a la vez la fauna silvestre menor y mayor que habita en la zona. El buen manejo de estas zonas es importante porque de ello depende a la vez otro tipo de funciones del agostadero como lo es el aire limpio y la estabilidad del suelo y está influenciado por el ciclo del agua que regula el abastecimiento de la misma en las presas, aguas abajo para la producción de granos y cereales en la alimentación humana.

Cabe destacar que es importante el manejo de los pastizales en la parte norte de Sonora, porque no existe otra fuente de alimentos más económica en la región. Un pastizal manejado adecuadamente, tiene una alta producción de forraje, que se refleja en un menor tiempo de engorda del ganado y por lo tanto, en mayores ganancias para el productor. En las regiones semidesérticas, uno de los factores que más afectan la productividad de los

pastizales es la competencia de las malezas, ya que si no se controlan oportuna y eficientemente, afectan el rendimiento de los pastos. Las malezas también pueden causar toxicidad al ganado, ocasionarle heridas y obstaculizar el desplazamiento del ganado y la fauna.

Los Pastizales Medianos Abiertos presentan un serio problema que es la invasión de arbustos indeseables como es el caso de la uña de gato (*Mimosa laxiflora*), que se desarrolla como una maleza debido a que desplaza a las especies deseables de pastos y compite por luz, agua y nutrientes con las especies forrajeras mas deseables, además de que dificultan y obstruyen el movimiento del ganado y la fauna silvestre y la utilización del mismo (Koppel *et al.*, 1999).

Desde hace varias décadas ya se encontraba con la invasión de malezas en los ranchos de la región, pero antes no era con tanta densidad y cobertura como la actual. Los ganaderos lo que hacían para poder eliminar la presencia de malezas era mediante el control selectivo de vegetación con implementos de labranza, que consiste en cortar la maleza ya sea con palas, azadones, o machetes. Este es el método de combate de maleza más antiguo usado por el hombre al hacerse sedentario; también se usa el control manual que consiste en arrancar las plantas del suelo con las manos (Holechek *et al.*, 2004).

El aspecto del tipo de vegetación cambia considerablemente: ya que en el verano, las gramíneas están verdes y las demás especies están en floración, mientras que a mediados del verano predominan las plantas secas de color marrón las cuales se encuentran produciendo semilla. Algunas praderas, especialmente en áreas más áridas, están dominadas por arbustos y se diferencian de los desiertos principalmente porque se

encuentran en mayores latitudes, tienen temperaturas medias menores y tienen una diversidad menor.

La vegetación dominante en las praderas o pastizales medianos son las gramíneas con algunas plantas perennes y herbáceas no gramíneas entremezcladas en varias proporciones en diferentes lugares. Dentro de las especies arbóreas y arbustivas importantes se puede encontrar diversas especies de encino y tascale, normalmente en bajas densidades a lo largo de bajíos y arroyos. Recientemente, se ha detectado la intrusión de otras especies arbustivas agresivas como es el caso del mezquite y la uña de gato, que han formado poblaciones casi puras de malezas y han tomado los mejores lugares de los pastizales.

Se les llama malezas a una serie de plantas que son indeseables para los ganaderos de la región. Según Esqueda *et al.* (2005), uno de los grandes factores que afectan de manera directa a la producción y la calidad de los pastos en los agostaderos es la presencia de maleza, ya que estas especies compiten con los pastos por la luz, el agua y nutrimentos. Por otra parte reducen las superficies de pastoreo aprovechable lo cual es una pérdida significativa para el pastoreo.

La problemática que existe es que la densidad de malezas está aumentando cada vez más, y está perjudicando la producción del Pastizal Mediano Abierto en el norte del estado, lo cual baja la rentabilidad de los potreros, es por ello que cabe destacar que el uso de prácticas de control de arbustos para la reducción de las malezas invasoras es de gran importancia para incrementar el potencial de producción de los agostaderos del estado y reducir la invasión de especies agresivas de bajo valor forrajero que compiten con las mejores especies de pasto de la región. El uso de herbicidas es de gran ayuda para los ganaderos ya que al implementar estos, pueden resultar de bajo costo y pudieran tener una

alta efectividad en el control de malezas. Aunque existe información que indica que los productos químicos son eficientes para controlar vegetación indeseable en agostaderos, se desconoce si control de vegetación indeseable por medios químicos es económicamente rentable para que sea aplicado por los ganaderos de la zona para controlar infestaciones de plantas invasoras.

Los objetivos de este trabajo fueron 1) evaluar la efectividad del herbicida tebuthiurón para disminuir la densidad y cobertura de uña de gato y aumentar la producción de forraje en el pastizal mediano abierto, 2) determinar la dosis de aplicación más efectiva para controlar uña de gato y 3) evaluar la rentabilidad del uso de la práctica para la rehabilitación de pastizales invadidos por el arbusto.

Las hipótesis planteadas son: 1) El herbicida tebuthiurón controla en un 100% a las plantas de uña de gato, 2) al utilizar el herbicida tebuthiurón (Graslan 20 P) en la eliminación de uña de gato se incrementa la producción de forraje en un 50%., 3) el herbicida no es toxico para los zacates nativos cuando se aplica en dosis inferiores a 1.5 kg de i.a./ha, y 4) el control de invasión de uña de gato con tebuthiurón es una opción económicamente rentable para la rehabilitación de agostaderos invadidos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Pastizal natural.

Según Berlijn y Laoh (1987), el pastizal natural está integrado por diferentes especies de pastos, leguminosas y hierbas, dependiendo también de las características que corresponden al suelo y en parte al clima del lugar. Generalmente, se puede considerar como pastizal natural a todas las tierras no cultivadas.

Se considera que de los 13.6 billones de hectáreas de la superficie de la tierra, un tercio de ellos son tierras y el 47% de estas tierras se le conocen como pastizales naturales (Berlin y Bernandon, 1982).

En Sonora los pastizales abiertos de la sierra son la principal fuente de alimento del ganado para la producción de carne. De acuerdo con la Unión Ganadera Regional de Sonora, (Aguirre *et al.*, 2002), existen por lo menos 10,000 productores con asiento de producción en la sierra, sin embargo, se estima que existen más de un millón de hectáreas degradadas en esa zona, y esto conlleva a que el forraje no se produzca en dos o tres veces siendo así una pérdida en los agostaderos, los suelos presentan fuerte deterioro y con un alto grado de cobertura de plantas y con problemas de erosión (Aguirre, 2011).

En el caso del pastizal, la producción de alimento por una especie determinada está directamente relacionada con la duración o tiempo de crecimiento de las plantas. Es mejor tener una mayor duración del ciclo de crecimiento de la planta, y esto a su vez será mayor la producción de alimento para los animales así estos consumirán mejores pastos. En zonas áridas es indispensable tener prácticas de manejo que permitan extender al máximo el tiempo de crecimiento de las plantas, lo cual se logra mejorando la fertilidad del suelo (Branson *et al.*, 1989), la efectividad en el aprovechamiento del agua y promoviendo la

sucesión (dinámica de poblaciones) para contar con una mayor cobertura de plantas que desarrollen una mayor área foliar y que aprovechen mejor la energía del sol (Pérez, 2009).

Los pastos están constituidos por dos partes principalmente, una de ellas son los tallos y la otra son las raíces. Los pastos pueden ser anuales; estos son los que tienen un ciclo de vida, es decir, que producen semillas y mueren con la llegada del invierno, en la temporada de secas e incluso mucho antes. Los pastos perennes duran de pocas a varias temporadas por lo cual, tienen una estructura más compleja que los anuales (Bodegan, 1997).

Forrajes.

Los forrajes en la alimentación de los animales, son los que ayudan a suministrar energía al ganado y ayudan al crecimiento de éstos. La composición química de los forrajes está constituida por agua, materia seca, materia grasa, proteína y celulosa. El contenido nutritivo de los forrajes puede cambiar considerablemente según de la especie de que proceden, del contenido químico del suelo, del método que se haya utilizado en el cultivo y del estado de desarrollo de la planta al ser cortada. Tanto si son utilizados en verde, henificados, deshidratados, o ensilados (Juscáfresca, 1974; Duthil, 1976; Tocagni, 1980).

Tocagni (1980), menciona que los forrajes son una de las fuentes de alimentos más económicas para el sostén del ganado. Cherry (1970), indica que la composición de la mayoría de los forrajes cambia gradualmente en las varias fases de crecimiento, los forrajes tiernos contienen alrededor del 80% de agua y los forrajes secos solo tienen un 20% de humedad.

Según Jiménez (1989), las formas físicas más importantes de los forrajes usados comercialmente, dependen de la región donde se encuentren, también dependen de la

facilidad de transportación, el tipo de explotación y el uso. Los forrajes más importantes son los forrajes verdes, que son los materiales cosechados en una condición; en estado vegetativo para ser consumido de manera inmediata por el animal. Otro tipo de forraje es el llamado pajas o rastrojos, que consiste en forrajes que son obtenidos en productos secundarios de la agricultura a partir de cereales, también por material vegetal de planta madura y leguminosas de grano. Por otra parte, la producción de forrajes predomina en la mayoría de la superficie total cultivada en la Republica Mexicana, y es por ello que las praderas son el cultivo que ocupa el lugar más predominante en lo que refiere a la extensión superficial.

Otra de las formas en que se pueden encontrar los alimentos es el forraje seco o henos, y este tipo de forraje es el que tiene un nivel de humedad menor al 20%. Frankel (1984), menciona que hay dos maneras de acondicionar el forraje, una de ellas es de manera directamente en el campo y la otra es artificialmente mediante el uso de los equipos deshidratadores.

Praderas de agostadero.

En Sonora, las explotaciones ganaderas presentan características especiales causadas por factores de medio ambiente, esto conlleva a tener muy malos rendimientos de forraje que no satisfacen los requerimientos nutricionales de los animales durante todo el año. Ante la incapacidad de la vegetación nativa de compensar estas deficiencias, el ganadero se ve obligado utilizar alimentos suplementarios, potreros de reserva o mover al ganado hacia terrenos agrícolas para aprovechar praderas de riego o pajas y tazoles de algunos cultivos para salvar el pie de cría en los años muy secos. Los alimentos que más varían en su composición química y digestibilidad son los forrajes, siendo el estado de

madurez el principal causante de esta variación. En general, a medida que aumenta la madurez de la planta, disminuye su contenido de proteína, azúcares, vitaminas y fósforo y se eleva el de fibra (celulosa y lignina), lo que va aparejado a una disminución gradual de la digestibilidad (Pérez, 2008).

De acuerdo con Ibarra *et al.* (2003), Ibarra *et al.* (2009a) e Ibarra *et al.* (2009b), utilizar la pradera frecuentemente con intervalos de descanso cortos no permite su recuperación y debilita las plantas. Esto provoca una defoliación y reducción del forraje y puede conducir a la muerte de las mismas. Por el contrario, un pastoreo moderado, con períodos adecuados de descanso permite la recuperación de las plantas. Lo anterior da oportunidad al aprovechamiento máximo del forraje y que la remoción de las hojas no cause daño en las plantas. Una de las decisiones más importantes para un ganadero es determinar la carga animal adecuada para su pradera, la cual debe basarse en los promedios de producción forrajera en años secos; debe ser flexible para ajustarla cuando no hay desarrollo de las plantas; y debe ser vigilada, para cuidar la condición de la pradera y su producción de forrajes.

La producción de forraje dentro de las praderas varía entre años buenos, regulares y malos y está en función de la precipitación (Johnson y Aguayo, 1973). Para contrarrestar los efectos de esta fluctuación, puede reducirse la cantidad de ganado en la pradera. Una buena medida es pastorear con 80% del promedio de ganado que puede mantenerse regularmente. Así, si llega un año malo, no se tendrán que sacrificar animales ni gastar en pastura de emergencia; si el año es bueno o regular, se puede adquirir y alimentar becerros o vacas cargadas. Al terminar el ciclo anual, este ganado extra se vende (Parra y Gómez, 1995).

Se considera que el peso de una vaca adulta es aproximadamente 450 kg, con su cría al pie, equivale a una Unidad Animal (UA) y se estima que consume el 3 % de su peso vivo en base a materia seca, esto equivale aproximadamente a 13.5 kg de forraje seco por día, o a 4,928 kg de forraje seco por año. Frecuentemente, y solamente para simplificar los cálculos, se recomienda aproximar este valor a 5 toneladas de forraje seco por año. Normalmente, se recomienda no cosechar más del 60% del forraje disponible en los ranchos, ya que el forraje y el mantillo remanente se requieren para proteger, cubrir al suelo y sirven a la vez como alimento para las mismas plantas del agostadero. Este forraje es frecuentemente la única protección del suelo contra la erosión hídrica y eólica. Sólo en años muy secos se justifica una utilización arriba de la recomendada (Ibarra *et al.*, 2009a; Ibarra *et al.*, 2009b).

De acuerdo con SAGARPA (2002), los recursos forrajeros del estado de Sonora, incluyendo agostaderos, praderas de temporal, praderas irrigadas, cultivos forrajeros y esquilmos agrícolas, actualmente soportan una carga animal arriba de un 12% arriba de su capacidad de sostenimiento. El mismo estudio indica que el agostadero se encuentra en una condición de regular a media, produciendo por debajo del 50% de su potencial y con una tendencia negativa; lo anterior es el resultado de un deficiente manejo de los agostaderos y de un manejo inadecuado del ganado por muchos años, ocasionado por un excesivo fraccionamiento de la tierra (minifundios), principalmente todas aquellas que se realizan en los agostaderos, incluyendo a la ganadería. Todas estas actividades han tenido como resultado, entre otros, un impacto sobre los climas locales y regionales, sobre todo en la presentación y distribución de las lluvias, contribuyendo estos eventos a los cambios climatológicos globales.

Deterioro de praderas.

Las principales causas por las que se ha generado un deterioro en las praderas son la sobre utilización, que es causada por la sobre carga animal. Generalmente, esto se debe al mal manejo del ganado en relación al forraje disponible. Otra causa de la baja rentabilidad de las praderas es el aumento de la densidad de las plantas arbustivas con bajo potencial forrajero. Las praderas presentan problemas de erosión, altas densidades de arbustos y la infestación de insectos. Los predios tienen características diferentes debido a sus características de topografía, vegetación, clima y las variaciones en su manejo e infraestructura. Debe tenerse presente esto al momento de decidir cual practica de rehabilitación o mantenimiento se va a aplicar. En la pradera se encuentran diferentes especies arbustivas, hay algunos arbustos que son muy buenos para las dietas del ganado; pero por otra parte, hay arbustos que no son aprovechables para el ganado, lo que genera que estén en una alta densidad y dificultando el buen aprovechamiento de los pastos (Miranda y Ramírez, 1995).

La disminución en productividad de praderas de zacate buffel es un problema común en áreas manejadas inadecuadamente. Las principales causas que han provocado este deterioro es la sobre y subutilización de la pradera con ganado en forma continua. Otra de ellas son los errores en la selección del sitio para el establecimiento y persistencia del zacate buffel (Ibarra y Martin, 1995; Ibarra *et al.*, 2009a; Ibarra *et al.*, 2009b).

Las praderas presentan altas densidades de arbustos, baja productividad forrajera y de infestación de insectos. La sobreutilización de las praderas es causada principalmente por una sobrecarga animal. Generalmente, este mal uso se debe a un manejo inadecuado del ganado en relación al forraje disponible. Las características que presentan las praderas

sobre utilizadas son que la disminución en la densidad y cobertura basal y una escasa producción de forraje y semilla. Esto incrementa la formación de áreas con suelo desnudo, provocando mayor erosión y menos infiltración de agua. Por otro lado, por su escasa productividad, aumenta también la densidad de plantas de bajo valor forrajero (Johnson y Navarro, 1992).

Prácticas para mejorar las praderas.

Cabe destacar que es importante el manejo de los pastizales, en la parte norte de Sonora, ya que no existe otra fuente de alimentos más económica en la región. Un pastizal manejado adecuadamente, tiene una alta producción de forraje, lo que se refleja en un menor tiempo de engorda del ganado y por lo tanto, en mayores ganancias para el productor. En las regiones semi-desérticas, uno de los factores que más afectan la productividad de los pastizales es la competencia de las malezas, ya que si no se controlan oportuna y eficientemente, afectan el rendimiento de los pastos (Koppel *et al.*, 1999; Esqueda, 2000).

Para reconocer si una pradera está bien establecida debe considerarse su densidad y distribución de plantas, así como la cobertura basal. Un buen establecimiento es cuando existen de 3 a 10 plantas por metro cuadrado y una cobertura basal de 10% a 20%. Inicialmente el número de plantas es alto después de la siembra (50 a 100 por metro cuadrado), aunque este número se reduce a través del tiempo. Por el contrario, la cobertura del zacate es baja en praderas recién establecidas, debido a que las plantas son nuevas, la cobertura va aumentando sobre el tiempo a medida que las plantas crecen y se desarrollan, incrementado el tamaño del macollo o cobertura basal. Después de la siembra es crucial el manejo adecuado de la pradera durante los primeros dos años. Esto asegurará un buen

establecimiento y se recomienda pastorear al ganado adecuadamente en donde existan las nuevas plantas (Ibarra *et al.*, 1988).

Una de las prácticas que se está utilizando hoy en día es el uso de captación de agua de lluvia, este tipo de práctica es muy eficiente para la rehabilitación y mejoramiento de los agostaderos, especialmente de los más deteriorados. La siembra de plantas permite mejorar la cobertura vegetal, la diversidad de la vegetación y aumentar la producción y calidad del forraje (Ibarra *et al.*, 2008).

Dentro de los factores señalados como agentes causales del deterioro en ecosistemas de pastizal, está la excesiva cantidad de herbívoros, tanto domésticos como silvestres, que permanecen en el mismo lugar durante largos períodos de tiempo, el abuso en la extracción de plantas, sobre todo arbustos, para usarse como leña, madera o plantas medicinales o industrializables y también la eliminación total de la vegetación nativa para ocupar ese nicho vacío con otras especies vegetales domesticadas. Todo esto provoca en mayor o menor grado que las plantas forrajeras, no cuenten con espacios y nutrientes suficientes, lo cual conlleva a que se manifieste un desequilibrio en diferentes procesos ecológicos (Frias *et al.*, 2003; López *et al.*, 2006).

Las prácticas de rehabilitación de agostaderos son trabajos que se realizan en los ranchos para incrementar la producción forrajera, mediante la retenciones de humedad en el suelo, la siembra de pasto y el control de vegetación invasora que causan un mal impacto en las praderas (Ibarra *et al.*, 2003).

Una de las prácticas de mejoramiento de praderas mas aceptadas en la actualidad por los ganaderos de Sonora, es la siembra de zacates perennes, nativos e introducidos. Dicha práctica se ha empleado con éxito en pastizales donde los mejores zacates nativos

han desaparecido debido a sequías prolongadas y al sobre pastoreo; así como, en áreas de matorral que reciben suficiente precipitación pluvial y en las cuales se han controlado previamente las especies leñosas poco forrajeras (Johnson y Aguayo, 1973).

De acuerdo con Ibarra *et al.* (1994), el establecimiento de praderas con zacate buffel es una opción para incrementar el potencial de producción de los ranchos ya que la pradera de temporal es una herramienta muy valiosa para aumentar la capacidad forrajera y consecuentemente, compensar las deficiencias de los años secos. En el caso específico del zacate buffel, una pradera bien manejada con una superficie equivalente al 15% del agostadero, hace posible duplicar la capacidad de mantenimiento. El zacate buffel, por ser perenne, tiene la capacidad de producir algo de pastura aún cuando las lluvias sean escasas. Para obtener mejores resultados, en años normales el ganadero debe utilizarlo con vacas paridas o en empadre, dejando el agostadero para vacas horras y cargadas.

El efecto preventivo del zacate buffel puede compararse con la inversión en un seguro contra los efectos de la sequía. La práctica consiste en establecer una hectárea de zacate buffel por cada vientre y pastorearlo en julio y parte de agosto; dejándolo sin pastorear durante la segunda mitad de agosto y el mes de septiembre. De esta manera, en caso de que no llueva bien se contará con forrajes para los meses más críticos del año, por el contrario, si las lluvias son normales o abundantes es posible optar por descansar potreros del agostadero o por comprar ganado para repasto y aprovechar el forraje excedente que se produce (Ibarra *et al.*, 1994).

Otra de las prácticas para mejorar las praderas es el desmonte, que consiste en la práctica de limpia o aclareo de vegetación en el terreno a sembrar. Se eliminan hierbas, arbustos y árboles que interfieran con la siembra de praderas en el agostadero. El desmonte

puede ser parcial o total; generalmente se realiza con maquinaria pesada, aunque también se utilizan métodos manuales. El desmonte total, además de costoso, no es permitido para siembras de buffel en agostaderos ni para otras prácticas, pues destruye vegetación y deja el suelo expuesto a la erosión. El desmonte total arrasa con una gran cantidad de plantas de alto valor forrajero para el ganado y para la fauna silvestre. Al desmontar, debe respetarse una franja de 20 a 25 m de ancho en las orillas de los arroyos. El desmonte se justifica solamente si existen demasiadas plantas leñosas en el agostadero (Navarro, 1988).

Agostaderos.

Dentro de los agostaderos se encuentran distintos tipos de vegetación tales como pastizales y matorrales (Holecheck *et al*, 2004). Un manejo adecuado del agostadero es el arte y ciencia de planear y dirigir el uso del mismo para obtener ganancias máximas y sustentables, basadas en los objetivos de los dueños de la tierra y en las necesidades y deseos de la sociedad (Vallentine, 1971).

El agostadero es la principal fuente de alimento para el ganado. Un buen manejo de la vegetación a través del pastoreo, es la clave para aprovechar al máximo el forraje sin deteriorar a las plantas, por lo tanto no se debe de usar más de 50 ó 60% del forraje que se produce en un año normal, tanto en los agostaderos como en las praderas. La rotación del ganado en los potreros es muy importante y permite hacer un mejor uso de las plantas por períodos cortos, aunque el ganado pase varias veces por el mismo potrero en un año. Este tipo de pastoreo es el que ha dado los mejores resultados; el usar continuamente un solo potrero rinde menos, se castiga más a las plantas más gustadas por el ganado y se le permite al animal no consumir otras. Un buen sistema de pastoreo independiente del nombre, es aquel que permite una utilización más equilibrada de todas las plantas, contempla períodos

de descanso y permite a las plantas recuperarse en periodos más cortos y producir semilla para reproducirse (Ibarra *et al.*, 1990).

Uno de los principales problemas en la mayoría de los ranchos es que se estén agotando los agostaderos, y esto conlleva a que están perdiendo muchas plantas buenas, los suelos de las praderas se están compactando y ocasiona que las plantas no tengan un buen crecimiento, porque al compactarse los suelos las raíces de las plantas no pueden respirar ni tomar agua; así mismo esto produce una baja producción de forrajes (Ibarra y Martin, 1995).

Malezas.

Dentro de las principales causas por la que se origina el incremento de las malezas o arbustos no deseados es por la baja fertilidad del suelo, la falta de humedad y las malas prácticas de los diferentes tipos de pastoreo, esto hace que cada vez mas hayan una mayor cantidad de hierbas malas dentro de los pastizales permanentes (Hughes *et al.*, 1985).

Según Esqueda (2000) y Esqueda *et al.*, (2005) uno de los principales factores que afectan de manera directa a la producción y la calidad de los pastos en los agostaderos es la presencia de malezas, ya que estas especies compiten contra los pastos por la luz, el agua y nutrimentos. Por otra parte reducen las superficies de pastoreo aprovechable, lo cual es una pérdida significativa para el pastoreo. Si las malezas no son controladas oportuna y eficazmente, incrementan los costos del manejo y producción del ganado, reduce la tasa de reproducción, y la ganancia de peso en animales llega a ser mínima sin tener ninguna ganancia para el ganadero, pudiendo estos arbustos ser tóxicos y al ser consumido por los animales causarles daños al ganado e incluso la muerte.

Ibarra *et al.*, (2009a) mencionan que las plantas invasoras son un fuerte problema en la gran mayoría de los ranchos ya que estas logran altas densidades y coberturas. Esto conlleva a que se reduzca el potencial de producción de los potreros, se dificulta el pastoreo de los animales y se puede complicar el manejo del ganado. Otro de los problemas es que encuentran es la presencia de las plantas tóxicas, las cuales pueden hasta matar el ganado o reducir la eficiencia de producción, ya que pueden provocar trastornos nutricionales y con respecto a los productivos; también pueden causar pérdidas de peso en los animales, impiden que el ganado se cargue o causen el aborto. Las plantas invasoras pueden ser herbáceas, arbustivas o árboles, los cuales son capaces de salir o brotar en cualquier época del año y algunas de éstas plantas no las consume mucho el ganado, debido a que tienen espinas protectoras o sustancias químicas que hacen que los animales no las consuman. Estos arbustos se dispersan rápidamente, producen mucha semilla y se diseminan rápidamente por efectos del viento, agua de escurrimiento y pastoreo por el ganado y la fauna.

Este tipo de plantas por lo regular se le encuentra en mayor densidad en áreas sobre pastoreadas, lugares con algún disturbio como terracerías, aguajes o bien en resiembras sin éxito; sin embargo, en pastizales con buena condición, estas plantas, aunque en menor densidad, también están presentes formando parte de los ecosistemas. En las plantas pueden existir diferentes sustancias químicas las cuales son las causantes de que sobrevenga la intoxicación, siendo estas alcaloides, nitratos, polipeptidos, aminos, glucosidas, oxalatos, resinas y minerales entre otros. En los agostaderos donde se presentan plantas tóxicas, en la mayoría de los casos, los ganaderos han aprendido a convivir con ellas; para esto es necesario que el ganadero conozca algo sobre este tipo de plantas como: cuales son las

principales plantas tóxicas, cuando aparecen estas, en que lugares se encuentra y cuál es su principio tóxico (Denogean *et al.*, 2008).

Malezas arbustivas en Sonora.

En el estado de Sonora, los principales arbustos (malezas) que más daños causan y representan un problema para el incremento de pastos son la rama blanca (*Encelia farinosa*), chírahui (*Acacia cochliacantha*), vinorama (*Acacia farnesiana*), uña de gato (*Mimosa laxiflora*), romerillo (*Baccharis sarothroides*), hediondilla (*Larrea tridentata*), chicura (*Ambrosia ambrosioides*), pintapan (*Abutilon pringlei*), choya (*Opuntia sp.*), mezquite (*Prosopis juliflora*) (Ibarra *et al.*, 1987). Sin embargo, los mismos autores mencionan que no todas las especies son malezas en todos los ambientes. Por ejemplo el mezquite es una especie deseable e importante en los matorrales pero es una especie invasora en los pastizales medianos abiertos donde compite con los pastos.

Control de arbustos o malezas.

El control de arbustos indeseables es la práctica mediante la cual se intenta reducir o controlar algunas especies no forrajeras para disminuir sus densidades y contrarrestar su competencia. Los métodos más utilizados para el control de arbustos son: mecánicos, manuales, pírnicos, químicos y biológicos (Scifres, 1980).

El control de malezas en los agostaderos es de gran importancia para el uso sustentable de los Pastizales Medianos Abiertos y por ende para mantener o elevar la producción de carne o leche. Sin embargo, este control se puede dificultar si las malezas ya establecidas en el terreno no son afectadas de manera importante por los productos químicos empleados (Hernández y Herrera, 2002).

Para tener un buen control de arbustos dentro de las praderas se hace mediante el control químico, este es uno de los métodos que más se utilizan hoy en día en Sonora. En el control químico se utilizan una serie de productos químicos a los cuales se les llaman herbicidas, son de bajo costo y tiene una excelente efectividad al controlar las malezas (Ramírez *et al.*, 2007).

Control manual.

Existen diferentes técnicas manuales de control de arbustos en una pradera, como la utilización de sencillas herramientas como la pala, azadón, talache. Es el método de combate de maleza más antiguo usado por el hombre al hacerse sedentario; también se usa arrancar las plantas del suelo con las manos.

El arrancarlas a mano es factible sólo en especies de poca altura y raíces poco profundas. Generalmente, esto se hace con el suelo húmedo para facilitar la extracción de las plantas, ya que al estar el suelo húmedo es menos el esfuerzo para arrancar la maleza (Ibarra *et al.*, 1987; Ibarra *et al.*, 1989a; Ibarra *et al.*, 1989b). Este método es recomendable cuando la densidad de plantas es baja y el área a despejar es relativamente pequeña de lo contrario, resultará ser un método impráctico e incosteable (Holechek *et al.*, 2004).

Control mecánico.

El método requiere de equipo y maquinaria especial. Las ventajas del control por medios mecánicos, al favorecer la penetración y colocación del agua y los fertilizantes en el suelo, facilitaran su absorción y aprovechamiento por el cultivo, e incrementar la aireación y nitrificación del suelo. Consiste en utilizar implementos mecánicos para eliminar las

plantas ya sea removiéndolas del suelo con todo y su raíz, o bien cortándola y/o triturándolas al ras o por debajo de la superficie del suelo.

Otro tratamiento mecánico que ayuda a la restauración de agostaderos y potreros agotados es el subsoleo, ya que los benéficos potenciales de estas prácticas de manejo de praderas y agostaderos usualmente se manifiestan sólo si se usan en combinación con otros sistemas, incluyendo índices de pastoreo apropiados y exclusiones de pastoreo periódicas durante la estación de crecimiento (Hanselka *et al.*, 1993).

Los mejores sitios para realizar el control mecánico son aquellos con poca pendiente (menos de 30%); también con suelos profundos (mayores de 50 cm) y de una textura mediana. El mejor tiempo para aplicar el control mecánico es antes de que las plantas produzcan semillas. Con esto se reducen las probabilidades de que la maquinaria haga diseminación de semillas. Si el suelo está ligeramente húmedo, el trabajo será más rápido y la maquinaria consumirá menos combustible (Ibarra *et al.*, 2004).

Control pírco.

Los principales objetivos al realizar una quema son la disminución de altas densidades de especies arbustivas de bajo valor alimenticio y el incremento de la producción forrajera disponible para el ganado. También pueden esperarse algunos beneficios adicionales como mejorar su palatabilidad y la calidad nutritiva del forraje, al remover el material viejo. Así, los animales incrementan la utilización de forraje, el rebrote de plantas se acelera y el suelo adquiere nutrientes adicionales. La quema controlada es aplicable en áreas donde no es factible implementar algún método mecánico. Un ejemplo serían suelos pedregosos, con pendientes fuertes o con irregularidades en el terreno (Ibarra *et al.*, 1989a; Ibarra *et al.*, 1989b).

El fuego ha sido utilizado desde hace siglos para controlar la vegetación leñosa en terrenos de pastoreo. Actualmente, aunque sujeta a muchas controversias, es una herramienta útil para mejorar praderas de zacate cuando se planea y ejecuta apropiadamente (García y Fernández, 1991).

De acuerdo a Ibarra *et al.*, (1999), la aplicación del fuego controlado se ha acentuado en los últimos años en el estado de Sonora, y en otros estados del norte de México, ya sea para mantenimiento de las praderas de buffel o bien para control de arbustos o insectos. La quema controlada es un método muy efectivo para reducir la densidad y cobertura de arbustos, además de mejorar la pradera de buffel aumentando la calidad nutritiva de este, eliminando material viejo y duro el cual no es consumido por el ganado e incrementando la cantidad de forraje, permitiendo una carga adicional de 30 a 100%. Para la realización de esta práctica en el control de arbustos es necesario que exista zacate seco disponible en el suelo que sirva como combustible, con el fin de crear un fuego más intenso, ya que los árboles y arbustos, en sí, son malos combustibles; esto es, entre mayor cantidad de combustible exista en la pradera, es mayor el porcentaje de mortandad de arbustos.

La quema ha dado buenos resultados en el control de pequeños arbustos, siendo un poco menos efectiva para reducir la densidad de árboles con tronco grueso o de gran altura, ya que en estos casos es necesario aplicar dos o tres quemas consecutivas. Hay que tener atención especial a las praderas donde se haya aplicado fuego; ya que es recomendable permitir que el zacate alcance su tamaño normal antes de iniciar el pastoreo, o solamente utilizar 30 ó 40% de su producción. Las áreas quemadas requieren manejo especial debido a que las plantas son más suculentas y preferidas por los animales (Ibarra *et al.*, 1999).

Control químico.

El control químico de malezas parece ser la mejor alternativa actual para reducir los efectos negativos de las plantas invasoras. Estas consideraciones no siempre han sido tomadas en cuenta por los promotores del control químico de malezas. Sencillamente se ha supuesto que el mismo éxito alcanzado con una determinada dosis de un herbicida en la agricultura de los países desarrollados es la misma que se requiere para controlar otras especies en los países subdesarrollados. El uso de el control químico sobre las malezas tuvo impulso importante tras el descubrimiento del 2,4-D, con este herbicida se controló selectivamente, por primera vez. El usar el control químico sobre las malezas es a través de los diferentes tipos de herbicidas con los que se cuenta. Es uno de los métodos de control de arbustos más utilizados en la actualidad, por ser una de las practicas que son de las de menos costo para implementarlas y son de gran efectividad para controlar la maleza (Gómez, 1993).

El control químico de malezas ha permitido liberar al hombre del enorme esfuerzo que significa limitar la interferencia ejercida por la maleza sobre el cultivo, siendo este método más eficiente y eficaz en muchos casos; además, los herbicidas pre-emergentes constituyen un seguro contra las futuras condiciones ambientales adversas, como las lluvias continuas que impedirían el empleo de mano de obra y de maquinarias en labores de desmalezamiento (Becerra *et al.*, 1982).

Control biológico.

El control biológico es aquel que es ejercido por organismos tales como insectos, hongos, bacterias, entre otros, también se entiende como el uso de enemigos naturales que permitan reducir el impacto económico de las plantas indeseables. En este tipo de control se

encuentras los tipos de pastoreo ya sean libres o pastoreo continuo, este método se realiza en toda el área de la pradera por todo el rebaño, y es bueno porque tiene un bajo costo en la inversión de cercos y de explotación, esto es porque hay menos mano de mano de obra (Miranda, 1990; Miranda y Ramírez, 1995).

El pastoreo rotacional dentro del control biológico consiste en que el área de pastoreo se divide en varios potreros, se puede dividir de 5 a 10 potreros o en ocasiones hasta en mas numero de divisiones; y consiste en que el hato de ganado va pasando de una potrero a otro conforme se esté agotando el forraje (Muslera y Ratera, 1991). Es uno de los sistemas de pastoreo que han resultado más eficientes. Consiste en descansar un potrero diferente cada año durante la etapa de crecimiento de las plantas. Así, se logra que en todos los potreros se tenga oportunidad de madurar y producir semilla antes del siguiente pastoreo. Se requieren 3 ó 4 potreros de tamaño o de producción forrajera similar. El ganado es concentrado en dos o tres áreas, y una permanece en descanso. Este período de descanso se rota en cada estación (Parra y Gómez, 1995).

Descripción de la uña de gato.

La uña de gato es una leguminosa con flores de color blanco a rosado, de tallos largos, seguida de un cluster ligeramente curvado, vainas planas, de color marrón rojizo frente a la superficie en la parte superior, tiene pocas espinas marginales, sus hojas presentan color verde oscuro, en meses de mayo y agosto se puede observar el crecimiento de las flores se adapta fácilmente en desiertos colinas y mesas. Se encuentra en forma de matorrales que impiden la erosión del suelo y proporciona cobertura para la vida silvestre en los agostaderos del estado de Sonora.

La uña de gato es un arbusto espinoso invasor de los agostaderos del Norte de México. En algunos predios su población alcanza densidades de 8,000 a 10,000 plantas por hectárea, formando densas motas o manchones de vegetación que dificultan el manejo del ganado en los potreros e impiden el pastoreo uniforme del forraje disponible. En lo que respecta a su control, la uña de gato es muy resistente a diferentes métodos de combate. El fuego y el chapeo sólo detienen su crecimiento por uno o dos años, pero sus profundas raíces le permiten recuperar su tamaño original en un plazo de tres a cinco años, muriendo del 20 al 30% de la población (Vines, 1960; Jordan y Morton, 1989).

Características de desarrollo de la planta.

Este arbusto generalmente tiene hojas que son caducas relativamente corto. La uña de gato mide 0.9 m (3 pies) de altura, pero puede llegar a crecer de vez en cuando hasta cerca de los 2.4 m (8 pies) (Cable, 1975; Kearney *et al.*, 1984). Es pubescente, delgado, recto a los vástagos que arman solitarios o apareados, espinas curvadas. Las hojas bifoliadas compuestas que contienen 3 a 9 pares por foliolos, lineares a oblongo, prospectos de 1.0 - 4.2 mm de largo. Numerosas flores de blanquecinas a pálidas, que ocurren en las cabezas globosas. La fruta es una vaina de par en par curvada o recta, de 1.9 - 3.8 cm de largo, de 3.2 - 4.2 mm de ancho, y es estrecha entre las semillas (Vines, 1960; Shreve y Wiggins, 1964; Orth, 1995).

Herbicidas.

Un herbicida es una sustancia química capaz de provocar cambios fisiológicos en las plantas indeseables hasta producir la muerte. Los herbicidas son compuestos, en su mayor parte orgánicos; es un producto fitosanitario utilizado para matar hierbas y plantas

indeseables que entran en competencia de nutrientes y espacio con los pastos. Existen herbicidas que se aplican sobre el suelo y los otros a las plantas directamente. La aplicación de los herbicidas en las plantas puede ser de manera por aspersión a la maleza y al tallo, o directamente al suelo esto mismo para que el herbicida penetre por la raíz (Ramírez *et al.*, 2007).

El implementar el uso de herbicidas para el control de malezas es de gran ayuda para los agostaderos, ya que los herbicidas elegidos adecuadamente, no afectan a la producción de pastos y no presentaron ningún grado de toxicidad en los pastos. El control del monte con herbicidas depende principalmente de la susceptibilidad de las especies, dosis de aplicación, método y época del tratamiento. Para lograr mejores resultados, los herbicidas líquidos deben ser aplicados cuando las condiciones para el crecimiento de la planta son óptimas para su absorción. Los herbicidas, o matamalezas químicos, han reemplazado en gran parte los métodos mecánicos de control de malezas. Los productos químicos ofrecen una manera más efectiva y económica de control de malezas dentro de los agostaderos. El intenso uso de herbicidas es cada vez más utilizados por los ganaderos para el control de las malezas en México (Esqueda *et al.*, 2005).

Clasificación de herbicidas.

Los herbicidas se clasifican como selectivos cuando se usan para matar malezas sin causarle daño al cultivo y no selectivos cuando su propósito es matar toda la vegetación. Los materiales tanto selectivos como no selectivos se pueden aplicar al follaje de las malezas o al suelo que tiene las semillas y las plántulas de malezas, dependiendo del modo de acción, y el patrón de uso que se busca. El uso de herbicidas es un método de combate que permite tratar mayores superficies en menor tiempo y costo. Los herbicidas pueden ser

aplicados con una aspersora accionada por un tractor agrícola, incluso con avión, o con una mochila; esto es para los herbicidas líquidos, cubriendo grandes superficies a un menor costo relativo en comparación al corte manual o la aplicación de diesel y los herbicidas granulares se aplican de manera manual sobre cada planta. (Flores *et al.*, 1971).

También se pueden encontrar los herbicidas residuales estos son los que se aplican al suelo, sobre la tierra desnuda y forman una película tóxica que controla la esencia de las malas hierbas al atravesarla durante su germinación, son muy efectivos sobre plantas. Dos aplicaciones al año de herbicidas residuales pueden ser suficientes para mantener un suelo limpio de malas hierbas anuales que nacen de semilla. Normalmente no son activos sobre especies perennes que rebrotan a partir de rizomas, estolones o bulbillos; sí lo son en cambio si la mala hierba nace de semillas.

Por otra parte los herbicidas sistémicos son aquellos que se aplican sobre la planta, que absorbe el producto controlándola hasta la raíz, al ser traslocado hasta ésta mediante el floema y el xilema hasta la zona de actuación que suelen ser los órganos de crecimiento, de esta forma se extienden por toda la planta ejerciendo su efecto tóxico en todos los lugares incluidas las raíces; esto les hace particularmente eficaces en plantas perennes al destruir los rizomas y bulbos que les otorgan la persistencia. Pueden aplicarse sobre las hojas y su transporte se realiza por el floema hasta la raíz, o en el suelo para ser absorbidos por la raíz y transportados por el xilema hasta las hojas (Liu y Rodríguez, 1988).

Dentro de los distintos tipos de herbicidas se pueden encontrar a los llamados selectivos, son los que respetando el cultivo indicado, matan las malas hierbas, o al menos, reducen su competencia. Un ejemplo de ello son los herbicidas para malezas de hoja ancha y herbicidas para malezas de hojas estrechas (gramíneas). Otro tipo de herbicida para el

control efectivo de la maleza es el de preemergencia. Son los que se aplican antes de la nacencia del cultivo; y los herbicidas de pos-emergencia son los que se aplican después de la nacencia del cultivo. El término verdadera selectividad se refiere a la capacidad de un herbicida, cuando se aplica en el momento oportuno y a la dosis correcta, de ser activo solo contra ciertas especies de plantas pero no contra los pastizales. Pero la selectividad también se puede lograr por colocación, como cuando un herbicida no selectivo se aplica de tal manera que llega a las malezas pero no al pasto. También hay herbicidas que aplicados a la parte aérea de la planta tienen que ser interceptados y retenidos por las hojas y tallos y transportados a la raíz donde causan la toxicidad (Detroux y Gostinchar, 1967).

Herbicida Tebuthiurón.

El herbicida tebuthiurón se aplica manualmente, por lo que se recomienda usar guantes de plástico lo que evita el contacto directo de las manos con el producto. También se recomienda usar un tapabocas para evitar su inhalación. Lo anterior permite prevenir cualquier posibilidad de intoxicación, aunque el fabricante señala que este tipo de herbicida es de baja toxicidad. La mejor época para aplicar el tebuthiurón es antes de la época de lluvias. El producto se aplica arrojándolo al suelo en donde permanece inerte hasta ser disuelto por la lluvia, luego se infiltra y se pone en contacto con las raíces de las plantas. Al ser absorbido por las raíces, el herbicida es transportado hasta las hojas, que es el sitio donde causan el daño a la planta. Los primeros síntomas del efecto del producto químico consisten en la caída de hojas. La planta muere de dos a tres años después de haber estado perdiendo las hojas, debido al efecto residual del tebuthiurón. El herbicida es granular y tiene la ventaja de que no requiere ser disuelto en agua para su aplicación, es decir, se aplica tal y como viene en su presentación comercial, se tira el producto sobre la maleza en

la superficie del suelo de preferencia que esté seco, como gránulos o pellets, justo antes o durante el tiempo activo de crecimiento de malezas. Es compatible con otros herbicidas. Tebuthiurón es de moderada a baja toxicidad en animales de experimentación cuando se ingiere, es de leve a baja toxicidad en la exposición a la piel (Saucedo, 2009).

Es un herbicida sistémico de aplicación al suelo en pre-emergencia y post-emergencia, absorbido principalmente por las raíces y traslocado hacia la parte aérea. Impide la fotosíntesis por inhibición de la transferencia de electrones en el receptor del fotosistema. Es poco selectivo y su actividad puede alcanzar 2 años. Es estable en el suelo en condiciones aerobias y anaerobias siendo su vida media de 12-15 meses. Es de móvil a muy móvil en diversos tipos de suelos y ligeramente móvil en suelos limosos. Una de sus vías de descomposición es la microbiana pero no es la más importante; la foto descomposición y la volatilización son despreciables. Su vida media en suelos con poca humedad y alto contenido en materia orgánica es considerablemente mayor.

El tebuthiurón es efectivo en las siguientes malezas: Algodoncillo o Chinahuatillo (*Acalypha alopecuroides*), balsilla (*Phyllanthus niruri*), bleado o quelite (*Amaranthus albus*), cacahuatillo (*Kallstroemia maxima*), campanilla o correhuela anual (*Ipomoea purpurea*), caperonia (*Caperonia palustris*), chilillo (*Cleome affinis*), chilillo (*C. viscosa*), y correhuela (*Ipomoea acuminata*), entre otras.

Después de aplicar el tebuthiurón, al paso de una lluvia después del tratamiento mejora su eficacia y este tendrá mejores rendimientos para atacar a las malezas y eliminarlas. No sería conveniente que se aplicara en tiempos de sequía o heladas, porque no tendría los mismos efectos que en la época de lluvias. Los suelos con más del 20% de arcilla o con más del 3% de materia orgánica le restan actividad. No debe aplicarse cerca de

árboles y plantas que se desee conservar ni en laderas en las que pueda ser arrastrado a zonas protegidas. Las zonas tratadas no son aptas para cultivar en 4-5 años. El tebuthiurón puede ser fácilmente absorbido por las raíces de las plantas y translocado a otros tejidos vegetales (Steven y Mc Daniel, 2005).

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del sitio de estudio.

El presente estudio se realizó en el Rancho Experimental de la Universidad de Sonora *Campus* Santa Ana, el cual se encuentra a 16 km al Este de la ciudad de Cananea, Sonora, sobre la carretera que comunica a esa ciudad con el poblado de Bacoachi (30° 58' 00" Latitud Norte, y 110° 08' 30" Longitud Este) (Figura 1). El sitio de estudio se encuentra a 1,417 msnm, en un área de transición de Pastizal Mediano Abierto y Pastizal Arbosufrutescente en condición regular (Universidad de Sonora, 1967). La topografía del sitio es uniforme, con planos y lomeríos bajos con pendientes que varían del 3 al 7%. El tipo de suelo sobre el cual se localiza el sitio se define como Castañozem háplico (FAO-UNESCO, 1975). El clima que se presenta en el sitio de estudio es templado semiseco BS1 kw (x') (e'), con el régimen pluvial en verano (García, 1973).

Dentro de la superficie del sitio de estudio antes mencionado predominan los zacates navajita azul (*Bouteloua gracilis*), navajita morada (*B. chodrosioides*), navajita negra (*B. eripoda*), navajita roja (*B. radicata*), navajita velluda (*B. hirsuta*), navajita delgada (*B. repens*), navajita alacrán (*B. scorpioides*), banderilla (*B. curtispindula*), zacate toboso (*Hilaria mutica*), zacate galleta (*Hilaria belangeri*), zacate lobero (*Lycurus phleoides*), zacate tres barbas (*Aristida adscensionis* var *decolorata*), tres barbas de Arizona (*A. arizonica* V.) y tres barbas barbados (*A. belangeri*) entre otros (Beetle *et al.*, 1991) (Figura 2). En el estrato superior existen las especies de mezquite (*Prosopis juliflora*), palmilla (*Nolina texana*), táscale (*Juniperus ssp*), uña de gato (*Mimosa laxiflora*), cóсахui del norte (*Calliandra eriophylla*), y encino (*Quercus spp*), entre otras (Universidad de Sonora, 1967; COTECOCA, 1988).

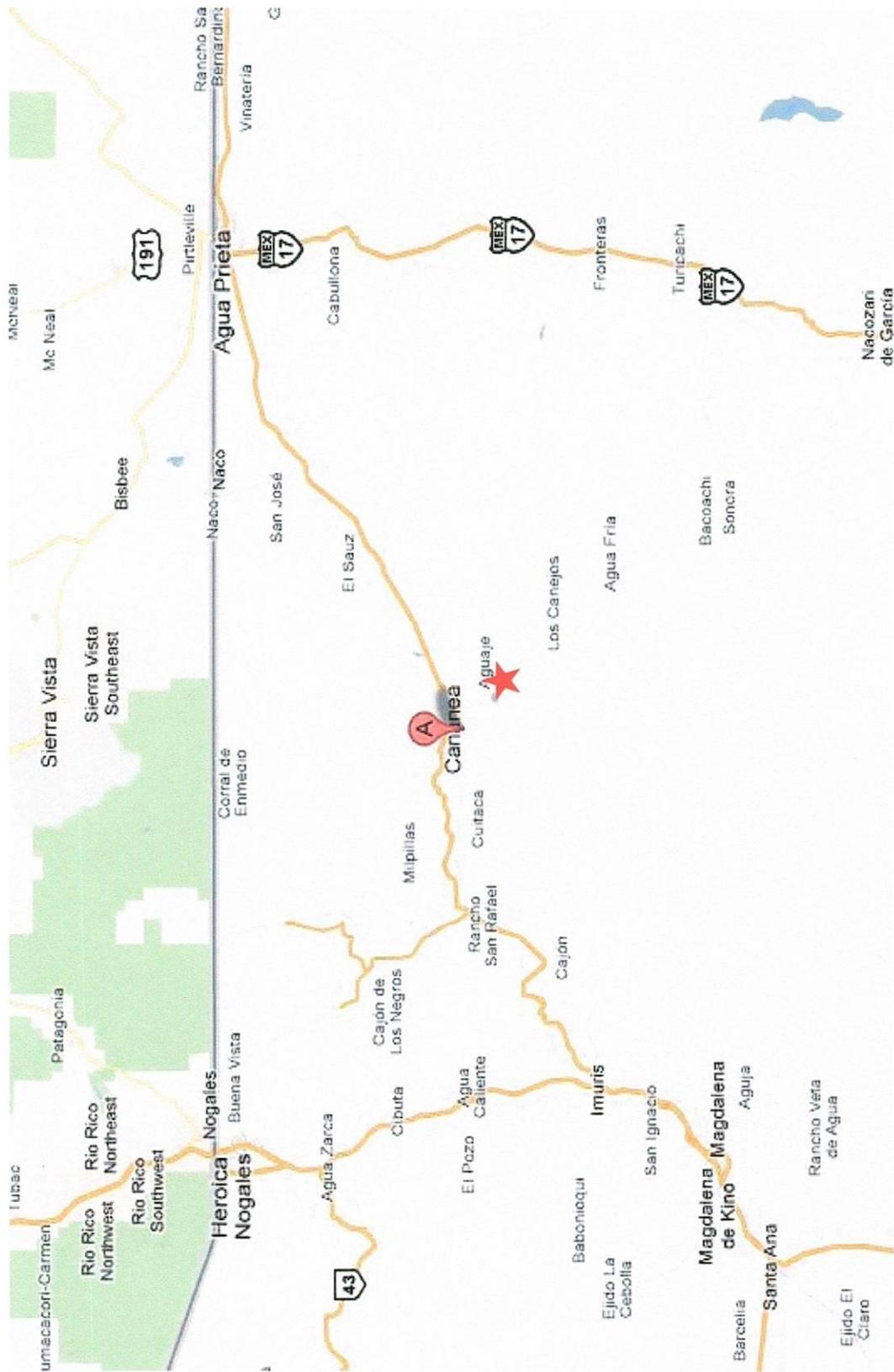


Figura 1. Localización del sitio de estudio



Figura 2. Vista panorámica del sitio de estudio en el rancho de la UNISON en Cananea, Sonora, México y herbicida granular Tebuthiurón utilizado en el estudio.

Para el control de uña de gato se probó el herbicida tebuthiurón en dosis de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 kg de ingrediente por ha. El herbicida se aplicó manualmente en parcelas de 5 x 5 metros durante el verano del 2009 antes de la época de lluvias. Las parcelas se encontraban fuertemente invadidas de plantas adultas de uña de gato con densidades que variaban de 6,500 a 8,200 plantas/ha. El sitio experimental se cercó con alambre de púas y malla palomera de 75 cm de altura para protegerlo del pastoreo de la fauna menor y del ganado durante el período de estudio.

El herbicida tebuthiurón se aplicó en su forma granular en cuatro dosis: 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 kg de ingrediente activo (i.a.) por hectárea. El producto químico se pesó en una báscula de precisión y se depositó en bolsas de plástico para su transportación al sitio de estudio. El herbicida se distribuyó manualmente en las parcelas durante el mes de junio, antes del periodo de crecimiento activo de las plantas.

Las variables que se evaluaron fueron: mortalidad de arbustos expresada en (%), daño en los zacates nativos (%), densidad de pastos (plantas/m²), altura de pastos (cm), cobertura de pastos (%), producción de forraje (kg M. S./ha), rentabilidad del control con respuesta de la vegetación herbácea en función de producción de forraje.

La mortalidad de los arbustos se determinó con base en el grado de daño de acuerdo a una escala preestablecida y de las plantas muertas resultantes (Cuadro 1); y el porcentaje de toxicidad en los pastos se estimó de acuerdo a una escala arbitraria predeterminada (Cuadro 2). Se consideró una planta muerta cuando no existió ningún tipo de rebrote. Todas las evaluaciones se realizaron durante el mes de septiembre, al final de la época de crecimiento activo de las plantas.

Cuadro 1. Escala para evaluar el porcentaje de control de malezas mediante la utilización del herbicida Tebuthiurón en Cananea, Sonora, México.

Clasificación.	Efecto sobre malezas.
0	Ningún efecto aparente.
1-10	Efecto extremadamente pobre (cierta atrofia y clorosis ligera).
11-20	Efecto muy pobre (síntomas anteriores más acentuados).
21-30	Efecto medianamente pobre (atrofia ligera, clorosis mediana y necrosis ligera).
31-40	Efecto pobre (atrofia mediana, clorosis fuerte y necrosis ligera).
41-50	Efecto regular (síntomas anteriores más acentuados, algunas plantas muertas).
51-60	Efecto mediano (fuerte atrofia y/o clorosis, incremento en el número de plantas muertas).
61-70	Efecto suficiente (entre 61 y 70% de las plantas muertas).
71-80	Efecto bueno (entre 71 y 80% de las plantas muertas).
81-90	Efecto muy bueno (entre 81 y 90% de las plantas muertas).
91-100	Efecto excelente (entre 91 y 100% de las plantas muertas).

Cuadro 2. Escala para evaluar el porcentaje de control de toxicidad en pastos mediante la utilización del herbicida Tebuthiurón en varias dosis en Cananea, Sonora, México.

Clasificación.	Efecto sobre el pasto.
0	Ningún efecto aparente.
1-10	Atrofia y/o clorosis ligera.
11-20	Síntomas anteriores más acentuados.
21-30	Atrofia ligera, clorosis mediana y necrosis ligera.
31-40	Atrofia mediana, clorosis fuerte y necrosis ligera.
41-50	Síntomas anteriores más acentuados, algunas plantas muertas.
51-60	Atrofia y/o clorosis fuerte, incremento en el número de plantas muertas.
61-70	Entre 61 y 70% de las plantas muertas.
71-80	Entre 71 y 80% de las plantas muertas.
81-90	Entre 81 y 90% de las plantas muertas.
91-100	Entre 91 y 100% de las plantas muertas.

La densidad total de pastos se determinó contando el número total de las plantas en 3 cuadrantes de 1 m², distribuidos al azar en cada parcela. La altura de los zacates se midió con una cinta métrica y se determinó en cinco plantas seleccionadas al azar en cada uno de los tres cuadrantes de 1 m² por parcela. La cobertura basal de los zacates se cuantificó en cada parcela utilizando 3 cuadrantes de 1 m² y se estimó midiendo el área de la corona de todas las plantas (Figura 3).

La producción de forraje se determinó en 3 cuadrantes de 1 m², cada uno seleccionado al azar en cada parcela. El forraje se cortó con tijeras a 5 cm sobre la superficie del suelo (Figura 4). Las muestras de forraje se transportaron al laboratorio y se secaron en una estufa de aire forzado a 40 °C por 72 horas y una vez que se perdió totalmente la humedad de las muestras, se pesó la materia seca restante utilizando una balanza de precisión (Avery, 1975).

El diseño experimental que se utilizó fue de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Todas las variables se analizaron individualmente mediante un análisis de varianza simple (Zar, 1984). Cuando se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos, se utilizó la prueba de Duncan para la comparación de medias (Steel y Torrie, 1980).

Se realizó un análisis económico para comparar los costos de producción de los pastos obtenidos con las diferentes dosis de herbicidas utilizados en el estudio. En los análisis se consideraban los costos reales del herbicida tebuthiurón y los costos de aplicación del mismo producto. Se consideró un costo de \$ 290.00 por kg del herbicida Graslan 20P (Bes-Tex, 2010) y un costo de aplicación de \$ 500.00 por hectárea. El valor de



Figura 3. Evaluaciones para determinar la densidad, altura y cobertura de los pastos en el sitio de estudio.



Figura 4. Cortes de producción para determinar la cantidad de forraje en el sitio de estudio.

la producción de un kilogramo de forraje base materia seca en el agostadero como resultado del control de los arbustos se consideró como \$ 0.37 de acuerdo a los resultados reportados por Ibarra *et al.*, (2005).

Se consideró que una unidad animal equivale a una vaca de 450 Kg con su cría al pie ó su equivalente y consume el 3% de su peso vivo o 13.5 Kg de materia seca por día (SAGARPA, 2002). Esto estará en función del costo-beneficio es decir, de las ganancias que se obtuvieron en kilos de materia seca al aplicar el herbicida entre el gasto de aplicación y del herbicida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitación.

La precipitación que se registró durante los 57 últimos años, en la estación climatológica más cerca al sitio de estudio que es la Compañía Minera de Cananea, ha variado mucho y se ha observado una disminución en la cantidad de las lluvias a través de los años. La precipitación en el verano del 2009 fue de aproximadamente 251 mm, siendo ésta por debajo de la media de los últimos 57 años (Figura 5). La precipitación ocurrida, aunque estuvo por debajo de la media regional, fue suficiente para proporcionar un rebrote y un crecimiento de las plantas y disolver los pellets del herbicida.

Mortalidad de malezas.

La respuesta de los zacates perennes al control de uña de gato fue muy significativa y continuó manifestándose durante los veranos de 2006 al 2009 (Figura 6). Con la aplicación de los herbicidas granulares la mortalidad de arbustos fue variada entre los distintos tratamientos que se aplicaron (Figura 7). En el tratamiento T1, no hubo ningún daño causado en las malezas, ni daños sobre las plantas ya que por ser el tratamiento testigo, no se aplicó el herbicida. En el caso del tratamiento T2, la mortalidad de las plantas de la uña de gato fue de 30%. En el tratamiento T3 se logró un 73% de mortalidad de plantas, mientras que en el tratamiento T4 se logró un 98% de mortalidad de plantas (Figura 7).

Los resultados de este estudio concuerdan con el trabajo hecho por Kirk y Ochoa (2005), los cuales fueron desarrollados en el Noroeste de Nuevo México, mencionan que el tebuthiurón en sus dosis más fuertes controló a la maleza hasta en un 100%, a los 18 meses

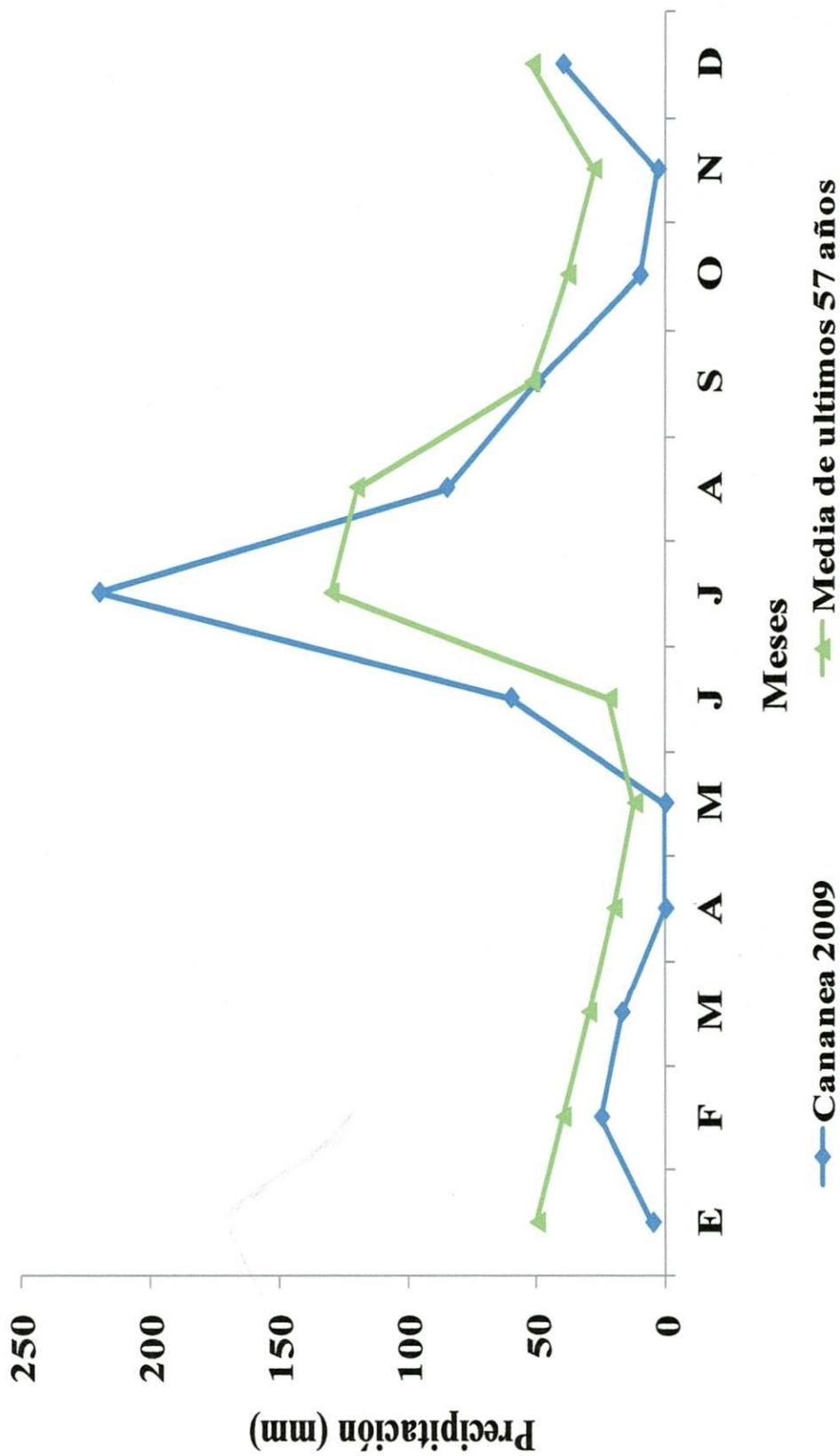


Figura 5. Precipitación mensual (mm) durante el 2009 en el Rancho UNISON y promedio de precipitación durante 57 años en la zona de Cananea, Sonora, México.



Figura 6. Respuesta de la vegetación al control químico de uña de gato en el Pastizal Mediano Abierto de Cananea, Sonora, México.

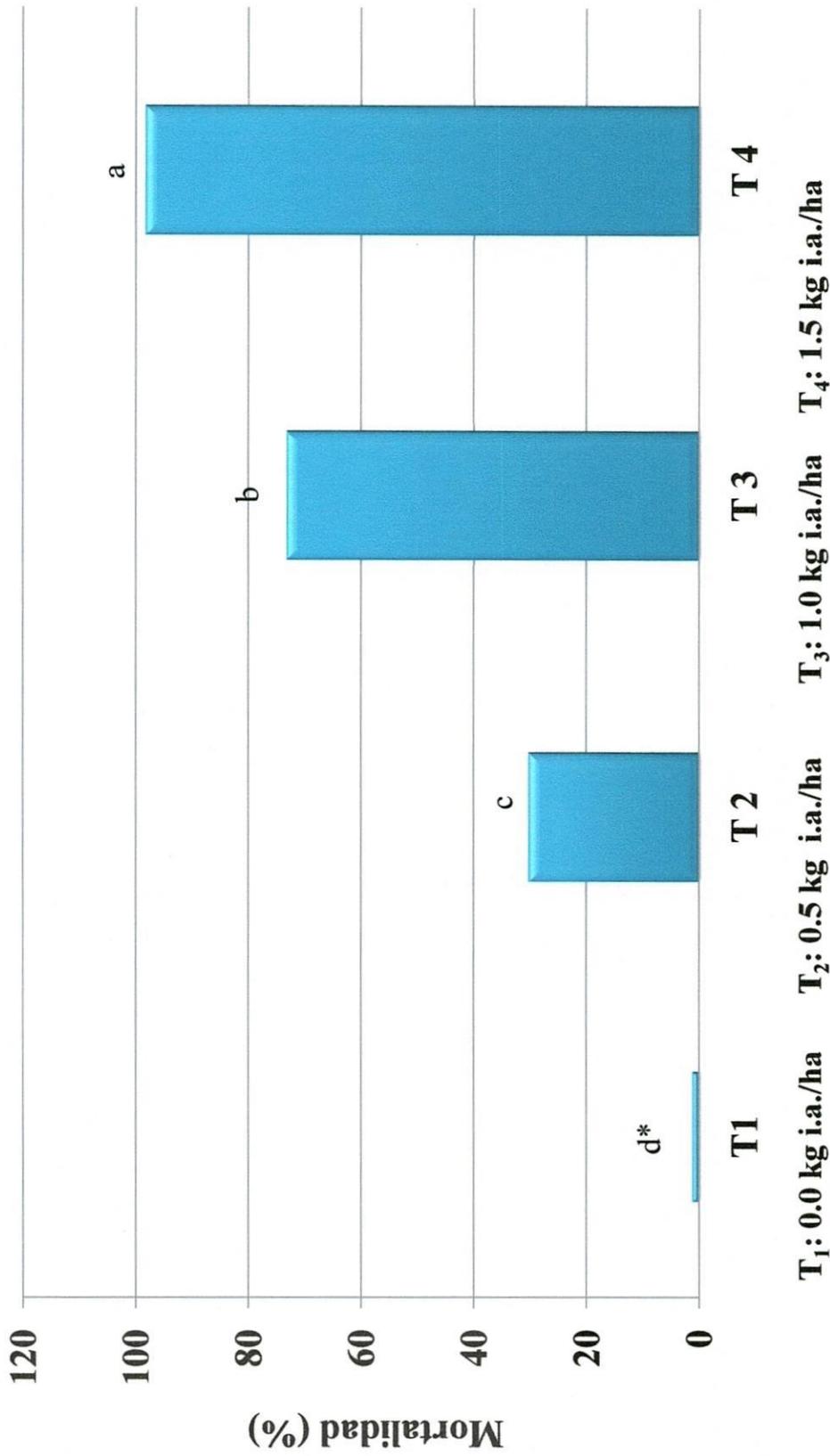


Figura 7. Mortalidad de uña de gato (%) con la aplicación del herbicida Tebuthiuron en dosis de 0, 0.5, 1.0 y 1.5 kg de i.a./ha en Cananea, Sonora, México durante el verano de 2009.

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

de la aplicación las malezas ya estaban eliminadas y con grandes daños y los pastos aumentaron de una forma excelente para el mejor aprovechamiento de los agostaderos, aumentando alrededor del doble de forraje adicional.

Fitotoxicidad en pastos.

Los zacates nativos navajita azul, navajita morada, navajita velluda, banderilla, lobero, gigante, tres barbas y volador no mostraron problemas de fitotoxicidad y ningún tipo evidente de clorosis durante ninguna época de crecimiento durante los tres veranos que se monitoreó la vegetación.

Densidad de los zacates.

Los resultados muestran que la densidad de plantas se incrementó ($P \leq 0.05$) con todas las dosis de herbicidas probadas. La densidad de los pastos fue diferente ($P \leq 0.05$) en los diversos tratamientos de control de plantas empleados (Figura 8). Los resultados revelan que en el tratamiento T1, el (testigo) que no tiene aplicación de herbicida la densidad de las plantas se mantuvo relativamente constante en las parcelas durante el estudio y fluctuó de 4.2 a 4.4 plantas/m². En lo que respecta al tratamiento T2, la densidad de las plantas forrajeras fue diferente ($P < 0.05$) antes y después de la aplicación del herbicida. La densidad de plantas cambió de 5.9 a 9.9 plantas/m², logrando un incremento de 4.0 plantas/m² durante los tres veranos de evaluación con la aplicación de 0.5 kg de i.a. de tebuthiurón por hectárea.

En el tratamiento T3 donde se aplicaron 1.0 kg de i.a./ha de tebuthiurón de encontró que la densidad de plantas se incrementó de 7.9 a 12.1 plantas/m² lo que representa un incremento promedio de 4.3 plantas/m² durante los tres veranos de evaluación. En el

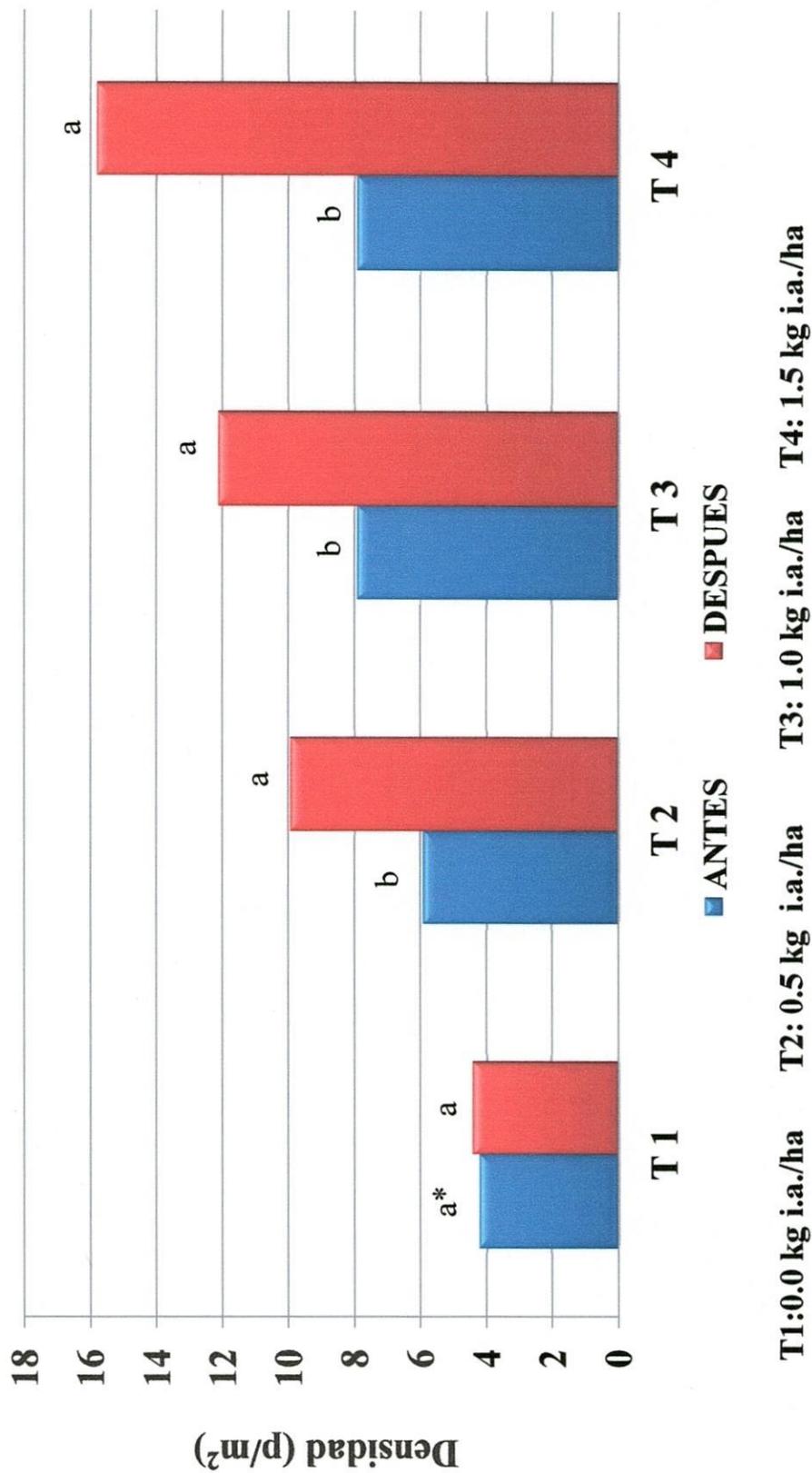


Figura 8. Densidad de plantas de pastos (p/m²) antes y después de la aplicación del herbicida granular Tebuthiurón en dosis de 0, 0.5, 1.0 y 1.5 kg de i.a./ha para control de uña de gato en Cananea, Sonora, México.

* Literales distintas señalan diferencia (P<0.05) entre tratamientos

tratamiento T4 donde se aplicó la dosis de 1.5 0 kg de i.a./ha de tebuthiurón de encontró que la densidad de plantas se incrementó de 7.9 a 15.8 plantas/m² lo que representa un incremento promedio de 5.9 plantas/m² durante los 3 veranos de evaluación (Figura 8).

En este estudio se comprueba que las altas densidades de uña de gato compiten con las especies deseables de pastos y limitan el establecimiento de nuevas plantas en el pastizal. Resultados similares se encontraron en otros países según estudios realizados por Maroder y Prego, (1986) en la comparación del control químico contra el control manual para reducir densidades de malezas. Los resultados revelan que al aplicar este tipo de controles la densidad de los zacates aumentó de una forma gradual muy importante, es decir, con el control químico aplicando los herbicidas Arbuskip y Tordón 101, se encontró que la densidad de plantas aumenta alrededor de 20 unidades mientras que en el caso del testigo los incrementos en la densidad de plantas fueron casi nulos.

Altura de los pastos.

Los resultados muestran que la altura de los pastos se vio favorecida en todas las parcelas donde se aplicó el herbicida tebuthiurón para el control de uña de gato en pastizales (Figura 9). La altura de las plantas cambió de 52 a 58 cm en las parcelas testigo donde no se aplicó el herbicida pero los incrementos no fueron significativos. La altura de plantas en las parcelas tratadas con 0.5 kg de i.a./ha de tebuthiurón se incrementó de 51 a 68 cm; en las parcelas tratadas con 1.0 kg de i.a./ha de tebuthiurón se incrementó de 61 a 79 cm y en las parcelas tratadas con 1.5 kg de i.a./ha de tebuthiurón se incrementó de 51 a 78 cm (Figura 9).

Evidentemente, en este estudio los pastos alcanzaron mayor altura a medida que se controló la densidad de uña de gato y se redujo la competencia de los arbustos. Otros

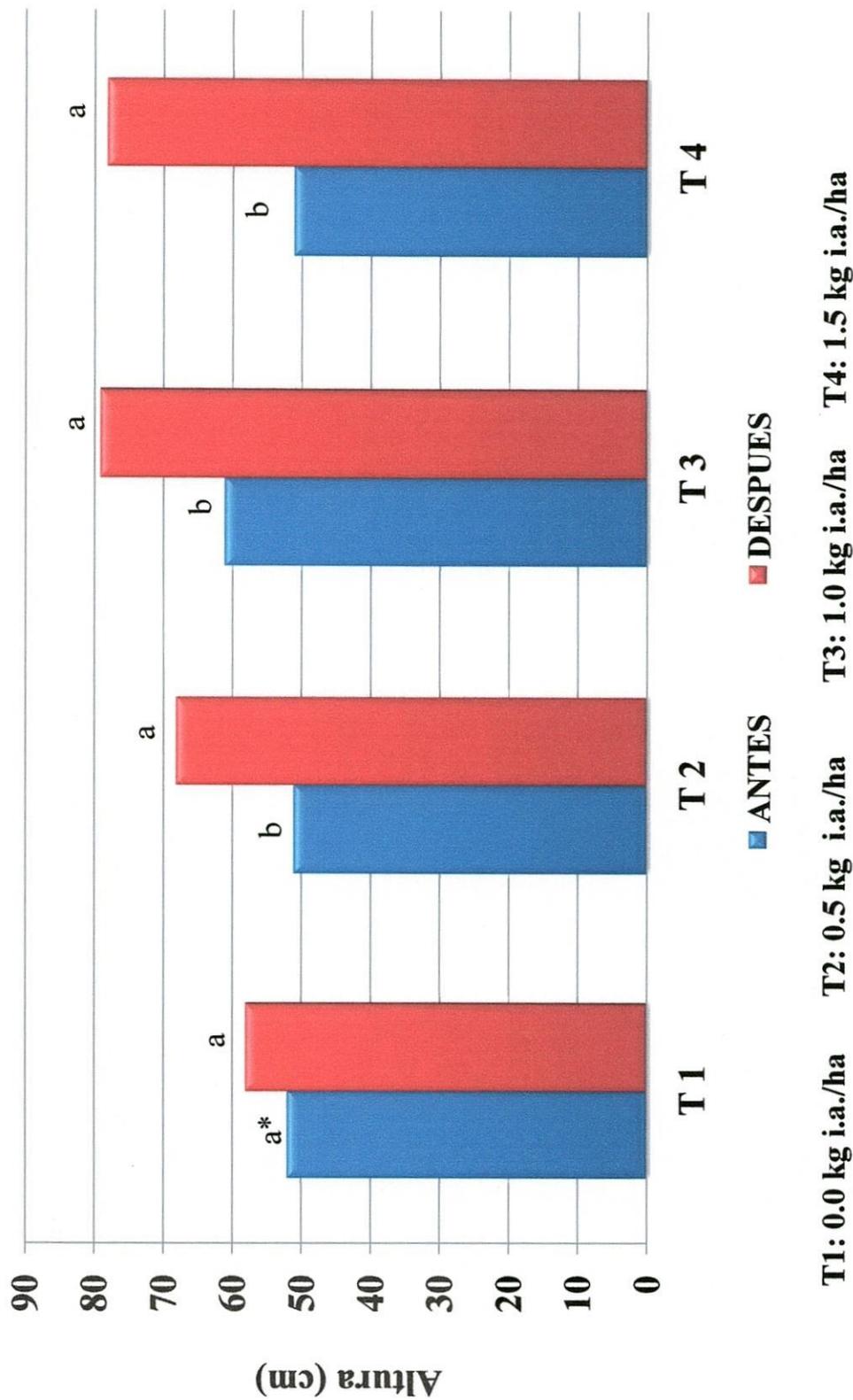


Figura 9. Altura (cm) de los pastos, antes y después de la aplicación del herbicida Tebuthiurón para el control de uña de gato en el sitio de estudio en Cananea, Sonora, México.

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

trabajos realizados en la parte central del estado de Sonora por Ibarra *et al.*, (1989) arrojan resultados similares, y muestran que distintos herbicidas líquidos aplicados de forma foliar tales como Estamine, Esteron 99 y Banvel y con las mezclas de los herbicidas Estamine (+) Banvel y Tordon 22 K (+) Banvel en sus distintas dosis, ayuda a que la altura de las plantas aumenten hasta los 80 cm aproximadamente al hacer estas aplicaciones.

Cobertura basal de las plantas forrajeras.

La cobertura basal de las distintas especies forrajeras antes de la aplicación del herbicida granular Tebuthiurón para la eliminación de uña de gato era relativamente baja, dentro de los diferentes tratamientos y varió de 6.2 a 7.9% (Figura 10). En el tratamiento T1 que fue el testigo sin aplicar, la cobertura basal era aproximadamente de 6.2% antes y después de las aplicaciones fue de 8.1%. La cobertura en promedio se incrementó en 1.9%, pero su incremento no fue significativo. El resultado del incremento en las parcelas testigo puede haberse debido al descanso y protección del pastoreo proporcionados durante tres años consecutivos ya que de acuerdo con Ibarra *et al.* (2004), e Ibarra *et al.* (2009a), la protección del pastoreo puede resultar en incrementos significativos en la densidad y cobertura de las especies de pastos tanto en el agostadero como en las praderas de zacate buffel.

La cobertura basal de los pastos en el tratamiento T2 fue de 5.8% antes de la aplicación del herbicida y 9.7% tres veranos después. La cobertura se incrementó significativamente ($P < 0.05$), logrando acumular 3.9% de incremento durante los tres veranos de evaluación (Figura 10). La cobertura basal de los zacates en el tratamiento T3 que recibió 1.0 kg de i.a./ha de tebuthiurón aumentó de 6.0 a 11.1%, logrando incrementos significativos de 5.1% promedio en la cobertura basal de plantas durante el periodo de

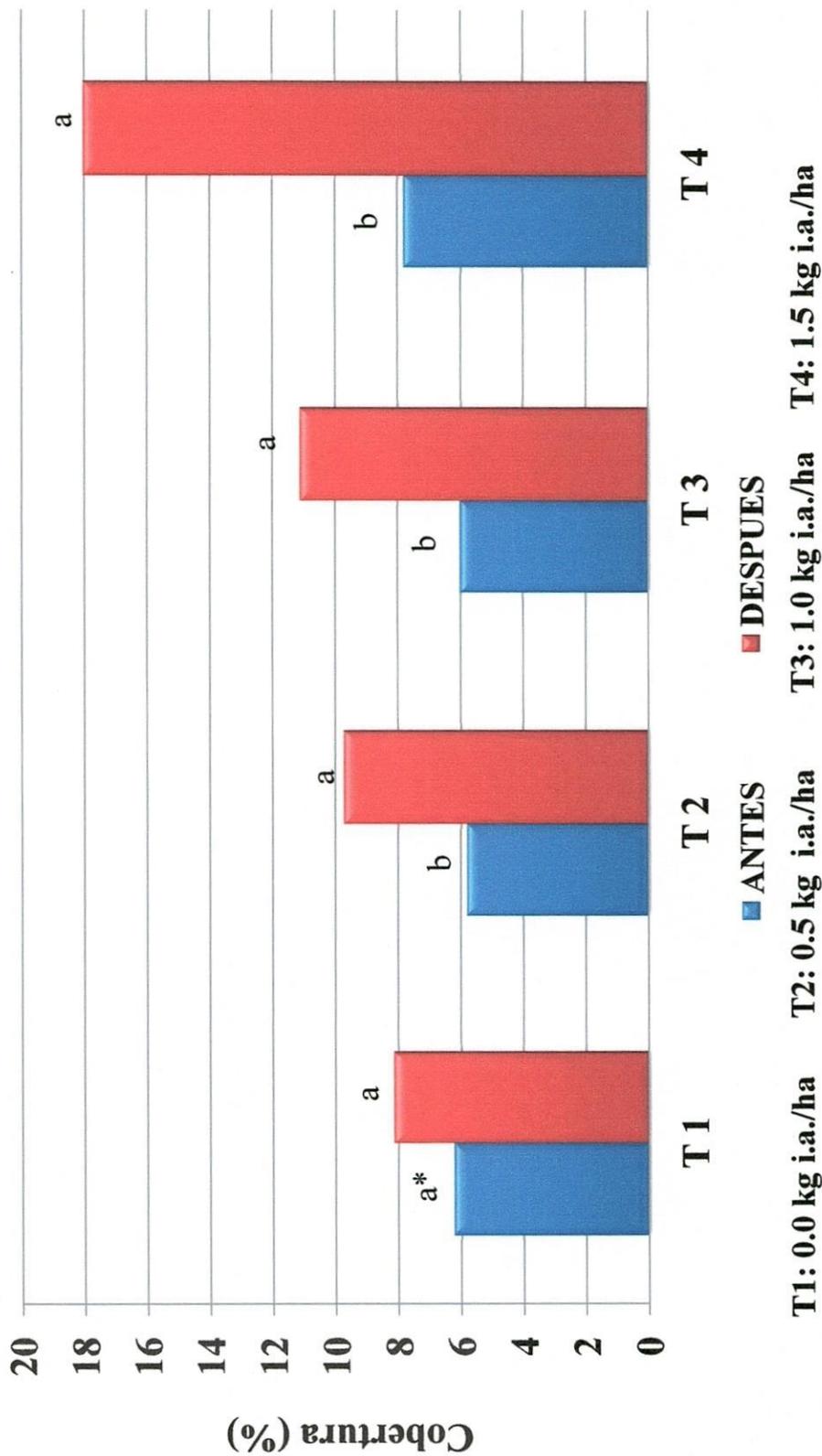


Figura 10. Cobertura basal (%) de los pastos antes y después de la aplicación del herbicida Tebuthiuron para el control de uña de gato durante el verano de 2009 en Cananea, Sonora, México.

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

estudio. La cobertura basal de los pastos en el tratamiento T4 que recibió 1.5 kg de i.a./ha de tebuthiurón aumentó de 7.8 a 18.0%, logrando incrementos significativos de 10.2% promedio en la cobertura basal de los pastos durante el periodo de estudio.

Los incrementos en la cobertura de plantas en este estudio están asociados a la reducción de la competencia de uña de gato después del control de arbustos en agostaderos. Resultados similares se han reportado en otros estudios realizados en matorrales y pastizales así como en praderas de zacate buffel para el control químico, mecánico y pírco de ésta y otras malezas (Scifres, 1980; Ibarra *et al* 1989a; Ibarra et al., 1989b; Ibarra *et al.*, 1999).

Producción de forraje.

La producción de forraje de los zacates se vio significativamente incrementada ($P < 0.05$) en las parcelas donde se controló la uña de gato con cualquier dosis del herbicida tebuthiurón aplicadas (Figura 11). Las áreas testigo, donde no se controló el arbusto mantuvieron producciones de forraje muy similares sobre tiempo, con medias que variaron de 230 a 240 kg de M.S./ha. La producción de forraje en el tratamiento T2 que recibió 0.5 kg de i.a./ha de tebuthiurón se incrementó de 300 a 520 kg de M.S/ha, mientras que la producción de forraje en el tratamiento T3 que recibió 1.0 kg de i.a./ha de tebuthiurón se incrementó de 280 a 970 kg de M.S/ha. El tratamiento T4 que se aplicó con 1.5 kg de i.a./ha de tebuthiurón logró incrementar la producción de forraje de 320 a 1,260 kg de M.S./ha

Los resultados encontrados en este estudio confirman que las altas infestaciones de la uña de gato en pastizales compiten con los zacates y reducen el potencial de producción de los mismos. De acuerdo a investigaciones hechas por Avila (1988), sobre efecto de dos

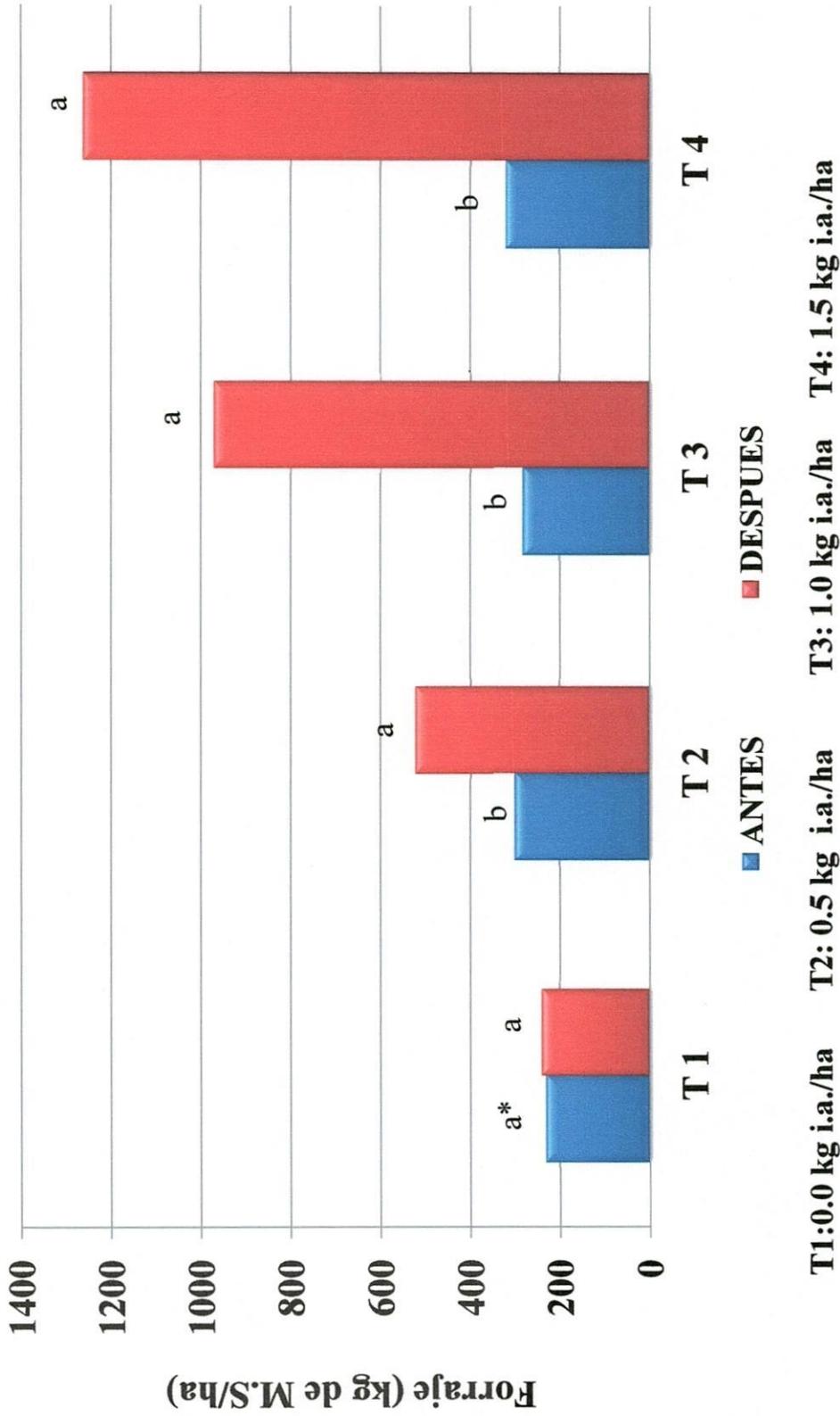


Figura 11. Producción de forraje (kg de M.S/ha) antes y después de la aplicación del herbicida Tebuthiuron para el control de uña de gato en Cananea, Sonora, México.

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

herbicidas y diesel sobre el control de mezquite (*Prosopis juliflora*) y huizache (*Acacia farnesiana*) se encontró una relación muy estrecha con los resultados obtenidos, ya que al aplicar los herbicidas sobre las malezas se encontró que la producción de forraje del zacate se aumentaba hasta los 1,300 kg/ha, lo cual indica que al aplicar los herbicidas se obtiene una mayor cantidad de pasto. El investigador menciona también que la producción está muy relacionada con las precipitaciones durante el año para tener un buen crecimiento de los pastos, por lo que es posible obtener mejores resultados con el control de arbustos en años con buena precipitación.

Rentabilidad del herbicida tebuthiurón.

La rentabilidad del herbicida se midió en función del costo beneficio es decir, que tantas malezas se eliminaron con cada tratamiento en las distintas dosis del herbicida granular tebuthiurón y en el aumento de la producción de forraje. Las proyecciones económicas se realizaron considerando los costos reales de los tratamientos y la producción de forraje en cada tratamiento aplicado.

En el primer escenario, se consideró la producción real de forraje en el pastizal mediano abierto invadido por uña de gato (testigo) donde no se aplicó ninguna opción de control de vegetación. Se estima que en un rancho con 1,000 hectáreas bajo estas condiciones, sin aplicación de alguna práctica de control de arbustos y usadas al 75% de su capacidad de producción, producen forraje suficiente para mantener anualmente 37.3 U.A. (Figura 12). En el segundo escenario, el mismo rancho de 1,000 hectáreas aplicando el herbicida tebuthiurón en dosis de 0.5 Kg de i.a/ha para controlar a la uña de gato produce 5.10 toneladas/ha de forraje seco acumulado durante los 9 años de proyección y produce

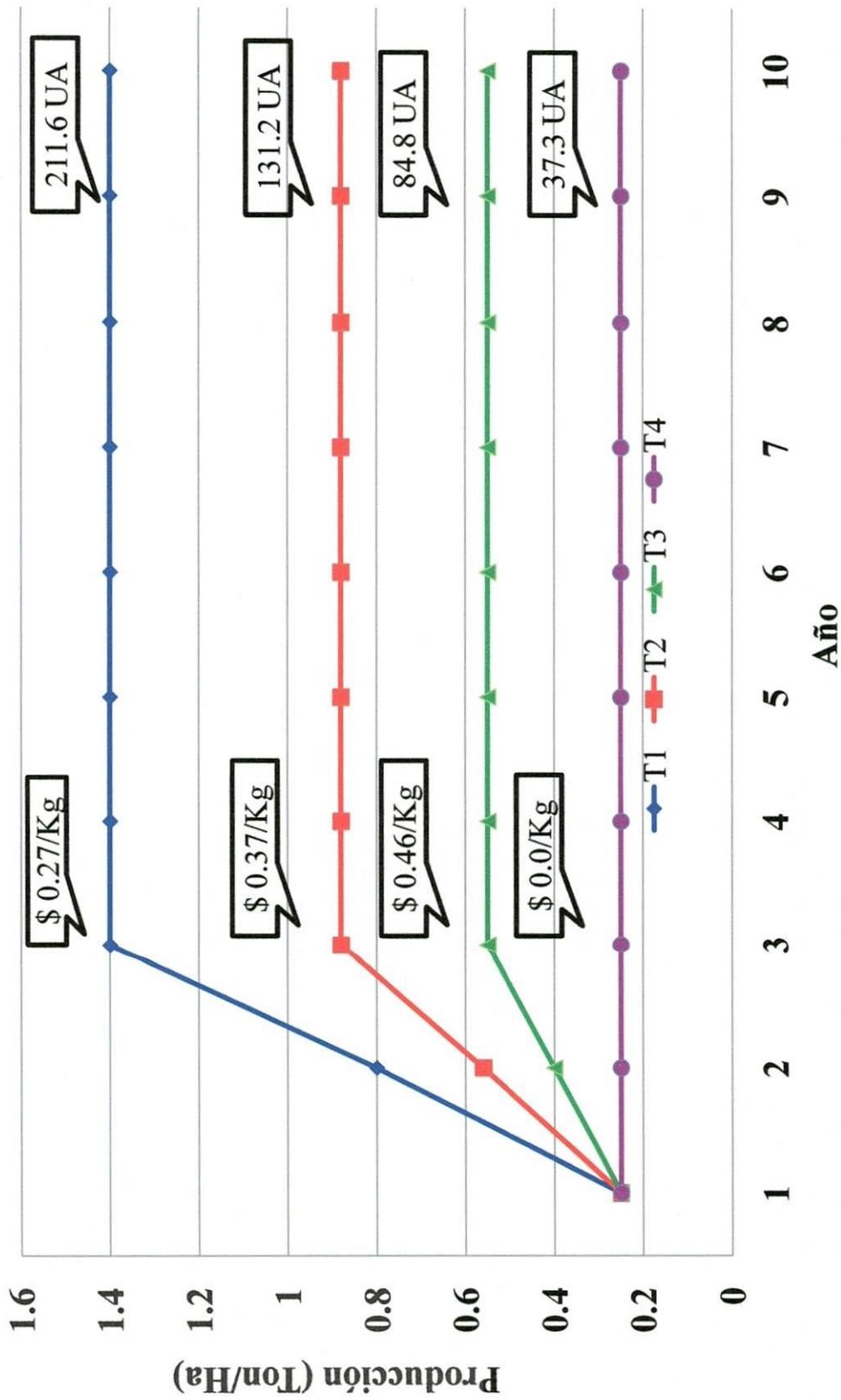


Figura 12. Tendencia de la producción de forraje (ton M.S./ha) proyectada a 10 años con la aplicación de 4 dosis de herbicida Tebuthiurón para el control de invasiones de uña de gato en un Pastizal Mediano Abierto de Cananea, Sonora, México.

forraje suficiente para mantener anualmente 84.8 U.A; con un costo de \$0.46 pesos por kg de forraje adicional producido (Figura 12).

En el tercer escenario, el mismo rancho de 1,000 hectáreas aplicando el tebuthiurón en dosis de 1.0 de Kg de i.a/ha para controlar la uña de gato se produce 7.7 toneladas/ha de forraje seco acumulado durante los nueve años de proyección y produce forraje suficiente para mantener anualmente a 131.2 U.A; con un costo de \$0.37 pesos por Kg de forraje adicional producido. En el cuarto escenario, el mismo rancho de 1,000 hectáreas, aplicando tebuthiurón en dosis de 1.5 Kg de i.a/ha para control de uña de gato produce alrededor de 12.18 toneladas/ha de forraje seco acumulado durante los 9 años de proyección y produce forraje suficiente para mantener anualmente 211.6 U.A; con un costo de \$0.27 pesos por kg de forraje adicional producido.

Está demostrado que no es rentable hacer ganadería en ranchos con agostaderos deteriorados por la gran cantidad de hectáreas de terreno requeridas para mantener una vaca anualmente (Ibarra *et al.*, 2005). Sin embargo, existen muchas hectáreas de agostadero en mal estado que requieren de rehabilitación y el costo es alto. En este estudio se requirieron invertir de \$1,225 a 2,675.00 por hectárea para la rehabilitación de pastizales invadidos por uña de gato, y aunque el costo es aparente alto, la rehabilitación resultó rentable y el costo de la inversión se pagó siempre entre el primer y el segundo año de la aplicación del herbicida. Aparentemente, el costo de la rehabilitación engaña, el no hacer nada también tiene un costo alto.

En las áreas testigo donde no se hizo inversión, no se gastó pero no se obtuvo ningún ingreso, ya que los agostaderos no se recuperaron; por el contrario se dejó de producir entre 0.312 y 1.145 toneladas anuales de forraje seco por hectárea (se gana

solamente 10 a 20 % del potencial). Los resultados de este estudio demuestran que si se quiere producir forraje y hacer ganadería y producir e incrementar la fauna silvestre, hay que invertir en la rehabilitación de agostaderos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las condiciones bajo las que se realizó el estudio se concluye lo siguiente:

El herbicida granular tebuthiurón controla hasta en un 98% la densidad de plantas de uña de gato en el Pastizal Mediano Abierto.

Todas las dosis de aplicación del herbicida tebuthiurón controlaron al arbusto e incrementaron la producción de forraje. La dosis de 1.5 kg de i.a./ha fue la mejor porque controló mas arbustos y provocó los incrementos más significativos en la densidad, altura, cobertura y producción de forraje de los pastos.

Las altas densidades de uña de gato compiten con las especies forrajeras de pastos y limitan el potencial de producción de forraje en esas áreas. La densidad, altura, cobertura basal y la producción de forraje de todos los zacates se incrementó cuando se controló la uña de gato.

Es económicamente rentable aplicar el herbicida granular tebuthiurón para el control de uña de gato en el Pastizal Mediano Abierto. Aunque el costo del herbicida y su aplicación parezcan altos (\$1,225 a 2,675.00 por hectárea), la rehabilitación resultó rentable y el costo de la inversión se pagó siempre entre el primer y el segundo año de la aplicación del herbicida.

Es recomendable aplicar un método de control de arbustos en el rancho si se encuentra con una invasión de uña de gato en los potreros. También hacer prácticas de mejoras de los potreros, tales como rotación de potreros, descompactación de suelos con riego, trazar curvas de nivel para captación de agua, lo que permitirá mejorar la condición de los potreros, y así mismo ayudar al control químico para que tenga un mejor efecto y rendimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M. R., F. Ibarra F. y S. G. Luna. 2002. Condición y clasificación de los pastizales para la región ecoregional Apache Highlands en Sonora, México. The Nature Conservancy. IMADES. 92p.
- Aguirre, M. R. 2011. La ganadería en Sonora y sus recursos naturales-origen y su historia al presente. Libro (en prensa). Hermosillo, Sonora, México. Pág. 63.
- Avery, T. E. 1975. Natural Resources Measurements. Second Edition. McGraw-Hill Book. New York, N. Y., USA.
- Avila, J. M. 1988. Efecto de dos herbicidas y diesel sobre el control de mesquite (*Prosopis juliflora*) y huizache (*Acacia farnesiana*). In: SOMECIMA ed. Memorias IX Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Cd. Juárez, Chihuahua, México. 231-236p.
- Becerra, D. J., V. Del Cid N., y F. Ramírez M. 1982. Control químico de rama blanca (*Encelia farinosa*). Avances de Investigación Pecuaria en el Estado de Sonora. INIP-SARH-GOB-EDO-SON-UGRS. Hermosillo, Sonora, México. 30-31p.
- Beetle, A. A., D. Johnson y A. Navarro. 1991. Gramíneas de Sonora. Gobierno del Estado de Sonora y SARH eds. Hermosillo, Sonora, México. P 50.
- Bes-Tex, 2010. Spike 20P specialty herbicide. Chemical Price list to march 1, 2010. www.Bes-Tex.com . March 10 2010.
- Berjin, D. J. y J. Laoh. 1987. Protección de cultivos. Editorial Trillas. Primera edición. México, D.F. 95p.
- Berlin, D. J. y E. A. Bernandon. 1982. Pastizales naturales. Editorial Trillas. Primera edición. México D. F .80 p.
- Bodegan, A. 1997. Pastos tropicales y plantas de forraje. Editorial editor S.A. Primera edición. México. 411p.
- Branson, F. A., G. F. Gifford., R. F. Hadley., A. E, García J. R, Reynaga, T. G, Medina, y R, Jasso. 1989. Características físicas y químicas de suelos de islas de fertilidad y áreas adyacentes de mezquite, en un matorral mediano espinoso en el Norte de Coahuila. Agraria 5(1):38-48.

- Cable, D. R. 1975. Range Management in the chaparral type and its ecologic basis: the status of our knowledge. Res. Pap. RM-155. Fort Collins, U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station. 30p.
- Cherry, M. 1970. Conservación de forrajes. Editorial Academia S. L. Primera edición. España. 191p.
- COTECOCA. 1988. Comisión Técnica Consultiva para la determinación de Coeficientes de Agostaderos. Tipos de vegetación, sitios de productividad forrajeras y coeficientes de agostaderos del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. Pág 361.
- Denogean, F., S. Moreno., Ibarra, F. F., M. R. Martin. 2008. Impacto económico de las plantas toxicas para el ganado sobre la producción pecuaria en Sonora. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol. XII. Número 22. 538-549p.
- Detroux, L. y J. Gostinchar. 1967. Los herbicidas y su empleo. Editorial Oikos-Tan, S. A. Primera Edición. España. 477p.
- Duthil, J. 1976. Producción de forrajes. Ediciones Mundi-prensa. Tercera edición. Madrid España. 407p.
- Esqueda, V., O. Tosquy., y E. Rosales. 2005. Efectividad de la mezcla picloram y fluroxipir en el control de malezas perennes de pastizales tropicales. Agronomía Mesoamericana. Costa Rica. Vol. 16. Número 002. 185-190p.
- Esqueda, V. A. 2000. Efecto del chapeo manual y dos herbicidas en el control de maleza y la producción de forraje de zacate Pangola (*Digitaria decumbens* Stent.) Memorias XXI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Morelia, Mich., México. p.112-117.
- FAO-UNESCO. 1975. Soil map of the world. U.S.A., México and Central América. 4:34-41.
- Flores, M., G ., J. Jiménez L., X. Madrigal ., F. Moncayo., y F. Takaki T. 1971. Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos, México, D. F.. 59 p.
- Frankel, M. A. 1984. Conservación de forrajes- henificación, ensilado y deshidratación. Editorial Albatros. Buenos Aires, Republica Argentina. 145p.

- Frías, H. J., C. J. González, P. V. Angoa., R. G Reyes., A. E. Flores., L. Dendooven., y P. V. Olalde. 2003. Contribución al conocimiento sobre el papel de las arbustivas leguminosas en ecosistemas de pastizal. I Simposio Internacional de manejo de pastizales. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias. Aguascalientes, Ags. 2003:1-9.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kooppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 71p.
- García, T. y C. Fernández. 1991. Fundamentos sobre herbicidas malas hierbas y herbicidas. editorial mundi-prensa. Primera Edición. Madrid, España. 345p.
- Gómez, J. 1993. Control químico de la maleza. Editorial Trillas. Primera edición. México. 249p.
- Hanselka, C. W., S. D. Livingston, and D. Bade. 1993. Renovation practices to improve rainfall effectiveness on rangeland and pastures. L-5077, Texas Agricultural Extension Service. p5.
- Hernández, M y F. Herrera. 2002. Combate químico de navajuela (*Scleria melaleuca* Rchb.f.ex.Schltldl.Cham.) en una pastura de zacate natural (*Paspalum conjugatum*) en Guápiles, Pococí. Rev. Agr. Trop. 32: 01-06.
- Holechek, J. L., R. D. Pieper, and C. H. Herbel. 2004. Range management; principles and practices. Ed. Prentice Hall. Fifth Edition. New Jersey, U. S. A. 607 p.
- Hughes, D. H, M. E. Heath, and D.S. Metcalfe. 1985. Forrajes. Editorial Continental S.A. de C.V. Segunda edición. México. D.F. 747p.
- Ibarra, F. F., M. Martín R., C. Cajal M., G. Lizárraga del C., E. Gastelum P., M. Sau N. y M. Velázquez A. 1987. Importancia del buffel en el aprovechamiento del pastizal nativo y recomendaciones para su establecimiento y manejo derivado de la investigación regional, p. 96-122. En: Banamex (ed.), IV Simposio Internacional de Ganadería. Hermosillo, Sonora, México.
- Ibarra, F. F., O. Cázares y M. Martín R. 1988. Utilización y conservación de praderas de zacate buffel. Fomento Ganadero. Secretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora. 14:9-36.
- Ibarra, F. F., M. R. Martín., y R. Torres. 1989. Control químico de rama blanca en praderas de zacate buffel en la parte central del estado de Sonora. Investigación pecuaria en el estado de Sonora.

- Ibarra, F. F., M. R. Martin., J. Cox., H. Morton., M. Silva., R. Torres y F Gómez. 1989a. efecto de fuegos accidentales en el control de rama blanca en praderas de zacate buffel. Investigación pecuaria en el estado de Sonora.
- Ibarra, F. F., M. R. Martin., M. Silva., J. Carranza., M. Parra y R. Torres. 1989b. Alternativas de control de rama blanca en praderas de zacate buffel. Investigación pecuaria en el estado de Sonora.
- Ibarra, F. F. A. 1990. Manejo de pastizales, nutrición en agostadero y forrajes de riego. 20 aniversarios del CIPES. Hermosillo, Sonora, México.
- Ibarra, F. F. A. y M. Martin. 1995. Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Productividad y calidad forrajera. PATROCIPES. Hermosillo Sonora, México. Cáp III.
- Ibarra, F.F., Martín, R.M y H. Miranda. 1999. Rehabilitación de praderas de zacate buffel invadidas por arbustos mediante el uso de quema prescrita. Tec. Pec. Mex. 37(3):9-22.
- Ibarra, F. F., M. M. Rivera., A. E. Blanco., S .P. Pesqueira. 2003. Mejoramiento forrajero de los agostaderos de Sonora. Revista técnico informativa de Patrocipes. No. 16. México. p25.
- Ibarra, F. F. A. F. Ramírez y M. H. Rivera. 2004. El subsoleo como práctica de 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, R., F. Denogean y Gerlach. B. 2005. La siembra del zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos en la sierra de Sonora. Tec. Pecu. Mex. 43(2):173- 183.
- Ibarra, F. F., M. R. Martin., F. Denogean., y S. Moreno. 2008. Es indispensable crear obras para captar agua. Revista del ganadero el rancho. No 35. 23-26 p.
- Ibarra, F. F., A. M. Martin., F. Denogean., y S. Moreno., 2009a. Técnicas de rotación de potreros. Revista del ganadero rancho. No.36. Hermosillo, Sonora, México. p19.
- Ibarra, F. F., M. R. Martin., F. Denogean., S. Moreno., O. Muñoz., R. Ortega., 2009b. Arbustos invasores. Sonora ganadera. Núm. 12. Hermosillo, Sonora, México. 21-22p.
- Jacob, A, y H. Uexkull. 1973. Fertilización. Ediciones Euroamericanas. Cuarta edición. México. D. F. 606p.
- Jiménez, M. A. 1989. La producción de forrajes en México. Segunda edición. Editorial Fira. México. 83p.

- Johnson, G. D. y A. Aguayo. 1973. Adaptación y producción de diez especies de zacates perennes bajo condiciones de temporal, en un matorral arbosufrutescente. Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora, A.C. CIPES. Hermosillo, Sonora, México.
- Johnson, G. D. y A. Navarro. 1992. Zacate buffel y biodiversidad en el desierto sonorense. Fomento Ganadero. Secretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora. 36:5-7.
- Jordan, G. L., and H. L. Morton. 1989. Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs. *Journal of Range Management* 42(1):41-45.
- Juscáfresa, B. 1974. Forrajes fertilizantes y valor nutritivo. Editorial Aedos. México D.F. 205P.
- Kirk, T. and C. Ochoa. 2005. Wyoming Big Sagebrush Recovery and Understory Response With Tebuthiuron Control. *Rangeland Ecology & Management*.58:65–76. New Mexico.
- Kearney, T. H., R. H. Peebles, J. T. Howell and K. J. Boote, and W. J. Campbell. 1984. Spybean canopy growth, photosynthesis, and transpiration responses to whole-season carbon dioxide enrichment. *Agronomy Journal* 76:633-637.
- Koppel, E. T., G. A. Ortiz, A. Ávila, J. Lagunes, O. G. Castañeda, I. López, U. Aguilar, H. Román, J. A. Villagómez, R. Aguilera, J. Quiróz y R. C. Calderón. 1999. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. INIFAP. CIRGOC. Libro Técnico Núm. 5. Veracruz, México. 158 p.
- Liu, L. C. y J. Rodríguez. 1988. Optimum time interval and frequency glyphosate application for weed control in plantain (*Musa* sp.). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 72: 297-300.
- López, Y., F. Goycoolea., M. Valdez., y A. M. Calderón. 2006. Goma de mezquite una alternativa de uso industria. *Interciencia*. Caracas, Venezuela. Vol. 31. Número 003. 183-189p.
- Maroder, H. L. y A. I. Prego. 1986. Aspectos fisiológicos del control químico en “vinal” (*Prosopis ruscifolia* Gris). Características de la foliación. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. INTA. Vol. XXI, N° 1. Buenos Aires, Argentina.
- Miranda, Z. H. 1990. Métodos de control de plantas indeseables en praderas de zacate buffel y vegetación nativa. CIPES. Hermosillo, Sonora, México.

- Miranda, Z. H., y M. F. Ramírez. 1995. Guía práctica para el establecimiento, manejo utilización del zacate buffel. Patronato del centro de investigaciones pecuarias de estado de Sonora A.C. Hermosillo, Sonora, México.50-52p.
- Muslera, E., y C. Ratera. 1991. Praderas y forrajes-produccion y aprovechamiento. Segunda edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.671p.
- Navarro, C.A. 1988. Áreas en el estado de Sonora con potencial para praderas de temporal. Fomento Ganadero. Secretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora. 18:18-23.
- Orth, E. A. 1995. Plants of Arizona. Falcon Helena. First edition. Montana U.S.A. p118.
- Ozores-Hampton, M. 1998. Compost as an alternative weed control method. Horticultural Science 33(6): 938-940.
- Parra, G. M., y R. A. Gómez. 1995. Guía práctica para el establecimiento, manejo utilización del zacate buffel. Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias de Estado de Sonora A.C. Hermosillo, Sonora, Mexico.41-43p.
- Pérez, P. S. 2008. Claves de la nutrición y alimentación del ganado. Revista del ganadero el rancho. No 35. Patrocipes. Hermosillo, Sonora, México. 28-29 p.
- Pérez, P. S. 2009. Conociendo mi rancho para administrarlo mejor. Revista del ganadero el rancho. No 36. Patrocipes. Hermosillo, Sonora, México. 28-31 p.
- Ramírez, M. F., M. A. Parra y E. Enríquez. 2007. Prácticas de manejo del Chiráhui y Vinorama en agostadero y praderas de zacate buffel. INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo.
- SAGARPA. 2002. Diagnostico del estado de Sonora. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Hermosillo, Sonora, México. Pág. 52.
- Saucedo, R. 2009. Control de gatuño con aplicaciones dirigidas del herbicida granular tebuthiurón. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Campana. Chihuahua, Chih, México.
- Scifres, C. J. 1980. Brush Management- Principles and Practices for Texas and Southwest. Texas A&M University Press. First Edition. College Sation, Texas. USA. 360p.
- Shreve, F. and I. L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonora Desert. Stanford University Press. Stanford, California, U.S.A. 608p.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. Mc Graw Hill. Ed. First Edition. New York, USA.

- Steven, P and K. McDaniel. 2005. Infiltration and Sediment Rates Following Creosotebush Control with Tebuthiuron. *Rangeland Ecology & Management*. New Mexico. 605p.
- Tocagni, H. 1980. Plantas forrajeras. Editorial Albatros. Buenos Aires Republica Argentina. p7.
- Universidad de Sonora. 1967. Vegetación del Estado de Sonora. En: UNISON. Ed. informe Anual de investigación 1966-1967. Hermosillo, Sonora, Mexico.
- Vallentine, J. F. 1971. Range development and improvements. Second Edition. Brigham Young University, Press. Provo, Utah, U.S.A.
- Vines, R. A. 1960. Trees, shrubs, and woody vines of the Southwest. Austin, TX. University of Texas Press. 1,104p.
- Zar, J. H. 1984. Bioestatal analysis. Prentice-Hall Book, Co. Second Edition. Englewood, Cliffs, USA.