

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

**USO DEL FUEGO PRESCRITO PARA CONTROL DE ARBUSTIVAS
EN PRADERAS DE ZACATE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.)
EN EL ESTADO DE SONORA**

T E S I S

ADRIAN IÑIGO AGUILAR

MAYO DEL 2001

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



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

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

USO DEL FUEGO PRESCRITO PARA CONTROL DE ARBUSTIVAS EN
PRADERAS DE ZACATE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.) EN EL
ESTADO DE SONORA.

TESIS

ADRIAN IÑIGO AGUILAR

MAYO DEL 2001

USO DEL FUEGO PRESCRITO PARA CONTROL DE ARBUSTIVAS EN
PRADERAS DE ZACATE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.) EN EL
ESTADO DE SONORA.

TESIS

Sometida a la consideración del
Departamento de Agricultura y Ganadería

De la

Universidad de Sonora

Por

Adrián Iñigo Aguilar

Como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Mayo del 2001

Esta Tesis fue realizada bajo la dirección del consejo particular y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

CONSEJO PARTICULAR

ASESOR _____
Dra. Martha H. Martín Rivera.

CONSEJERO _____
Ms. Diego Valdez Zamudio.

CONSEJERO  _____
Ms. Gilberto Valenzuela Robles.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y terminar mi educación.

A mi familia por darme siempre su invaluable cariño, apoyo y comprensión, especialmente durante mi desarrollo profesional.

Al Dr. Fernando Ibarra y a su Sra. esposa Dra. Martha Martín Rivera por su invaluable apoyo incondicional para la elaboración de esta tesis.

A todos los maestros del departamento de Agricultura y Ganadería especialmente a M.S. Jesús Anaya Islas por su gran apoyo en la revisión de esta tesis.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y a la Fundación Produce Sonora, A. C., por el apoyo económico brindado para la realización de este trabajo.

Al Lic. Ricardo Mazón Lizarraga propietario del rancho "La Casita"; así como al Ing. Emilio Murrieta Amaya, T.A.R. Aurelio Ramos Jonson y al Sr. Cruz Ibarra Quihui por su invaluable apoyo durante la conducción del experimento.

DEDICATORIA

A Dios, por prestarme salud y vida.

A mi padre Sr. Francisco Iñigo Aguilar (†) y a mi madre Sra. Leticia Aguilar Cañez con todo mi amor por el cariño, educación y formación que me brindaron.

A mis hermanos, Francisco, Iván, Fernando y Paloma con el cariño de siempre, por todo su apoyo en mi vida.

A mis amigos, por darme su amistad confianza y apoyo, especialmente a Judith.

CONTENIDO

	Pag.
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
LITERATURA REVISADA.....	4
MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.....	9
APLICACIÓN DE LA QUEMA PRESCRITA.....	14
PARÁMETROS EVALUADOS.....	16
DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO...	18
RESULTADOS.....	19
DISCUSIÓN.....	30
CONCLUSIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	41

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1.- Características físicas y químicas de suelo a 0-10, 10-20, 20-30 cm de profundidad y en el perfil total del suelo en el sitio de estudio.....	12
Cuadro 2.- Media y Desviación Estandar (DE) de los diversos subcomponentes del forraje combustible y factores ambientales prevalecientes al momento de la quema prescrita para el control de arbustos en praderas de zacate buffel el área de estudio.....	21
Cuadro 3.- Mortalidad de plantas arbustivas (%) en praderas de zacate buffel al cuarto año después de la quema prescrita en el área de estudio.....	24
Cuadro 4.- Densidad (plantas/ m ²) del zacate buffel 1, 2, 3 y 4 veranos después del control de arbustos mediante quema prescrita en área de estudio.....	26
Cuadro 5.- Altura (cm) del zacate buffel 1, 2, 3 y 4 veranos después del control de arbustos mediante quema prescrita en el área de estudio.....	28
Cuadro 6.- Cobertura basal (%) del zacate buffel 1, 2, 3 y 4 veranos después del control de arbustos mediante quema prescrita en el área de estudio.....	28
Cuadro 7.- Producción de forraje (t/ha) del zacate buffel, base materia seca 1, 2, 3 y 4 veranos después del control de arbustos mediante quema prescrita en el área de estudio.....	29

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.- Localización del sitio de estudio.....	11
Figura 2.- Precipitación (mm) registrada en el rancho la Casita durante el periodo 1995-1998 y promedio de precipitación pluvial registrada durante los últimos diez años.....	20
Figura 3.- Fluctuación de la cobertura aérea del Chiráhui en áreas quemadas y sin quemar cuatro años después de la aplicación de la quema prescrita en el sitio de estudio..	23

RESUMEN

El chírahui (*Acacia cochliacantha* H & B. Ex Wild.) es un arbusto agresivo que invade praderas de zacate buffel [*Cenchrus ciliaris* (L.) Link] y limita la producción de forraje en el matorral arborescente. El estudio se realizó en una pradera fuertemente invadida por arbustos para evaluar la respuesta del pasto al control de los mismos mediante la quema prescrita. El fuego se aplicó a favor de la dirección del viento durante el verano de 1995 en tres parcelas de 50 hectáreas. Las variables evaluadas fueron: densidad de arbustos, cobertura del chírahui y densidad, altura, cobertura y producción de forraje del zacate buffel. La mortalidad de arbustos con la quema fue diferente ($p < 0.05$) entre especies con rangos que variaron de 25 a 81%. La densidad del chírahui se redujo en un 58% con la quema. El zacate buffel no fue dañado por el fuego. La producción de forraje del pasto fue de 1.5 a 2.5 toneladas por hectárea superior ($p < 0.05$) en las áreas quemadas, en comparación con el testigo durante todos los años de evaluación. De manera acumulativa el área quemada produjo un total de 7.7 toneladas por hectárea de forraje adicional en comparación con el área sin quemar.

La quema prescrita aunque controló especies arbustivas invasoras, eliminó también plantas importantes para el ganado y la fauna. Consecuentemente, su aplicación en praderas debe de restringirse a sitios con presencia sólo de plantas no deseables.

INTRODUCCIÓN

Históricamente, los fuegos naturales han sido reportados como esporádicos en matorrales del Desierto de Sonora, excepto en lugares donde el desierto se integra con los pastizales semidesérticos (Humphrey, 1974., Humphrey, 1987), o donde se siembran otras especies más productivas de gramíneas (Cox et al., 1990). Los fuegos ocurren en esas áreas durante otoños e inviernos en años precedidos por lluvias excepcionales que originan un crecimiento substancial de pastos y herbáceas (Rogers y Steele, 1980; Cave Patten 1984)). Aparentemente, la ocurrencia del fuego en pastizales semidesérticos en el pasado, contribuyó para mantener comunidades predominadas por pastos y herbáceas, las cuales son ahora dominadas por arbustos, árboles y cactáceas (Brown y Minnich, 1986; Bock y Bock, 1990).

El zacate buffel [*Cenchrus ciliaris* (L.) Link] se introdujo a Sonora, México a mediados de los 50's y para 1994 este se había establecido en aproximadamente 400,000 hectáreas dentro del Desierto de Sonora (Martín et al., 1995); en 1998 se reportaron 740,000 ha sembradas con el pasto (Aguirre, 1998). Las praderas adecuadamente establecidas con el zacate, producen de 3 a 10 veces mas

forraje en comparación con el agostadero (Hanselka, 1985; Ibarra et al., 1987)). Sin prácticas adecuadas de manejo y mantenimiento en las praderas, las densidades de arbustos se incrementan y la productividad del pasto puede ser seriamente reducida en los primeros 10 años después de la siembra. Esta información es consistente tanto en las planicies del Sur de Texas (Hamilton y Scifres, 1982) como en el área de matorral arbosufrutescente (Ibarra et al., 1987) y matorral arborescente en Sonora, México (Borjas, 1997).

La invasión de arbustos es un serio problema de manejo en los agostaderos y su control mediante el fuego tiene gran potencial principalmente en situaciones con abundante cubierta de pasto que permita fuegos intensos (Trollope 1980; Cox et al., 1990; Wright, 1990). La quema de praderas de buffel durante el invierno no ha mostrado tener efectos adversos en la densidad y producción del zacate en Texas (Hamilton y Scifres, 1982). Resultados similares se han obtenido en la región central de Sonora, México, en las zonas mas áridas del matorral arbosufrutescente, con quemas en el verano (Ibarra et al ., 1997).

Sin embargo, aun no se ha documentado el impacto del fuego prescrito sobre la vegetación en regiones más húmedas, típicas del matorral arborescente; donde el chírahui (*Acacia cochliacantha* H & B. ex Willd.) es la especie invasora mas importante en praderas de zacate buffel (Borjas, 1997; Aguirre, 1998).

El chírahui es un arbusto menos tolerante al fuego en comparación a otras especies con las que se asocia en el matorral arborescente. Si esta hipótesis es cierta y la especie resulta susceptible al fuego, entonces la quema prescrita puede ser usada para rehabilitar praderas de buffel invadidas con este arbusto, sin afectar otras arbustivas importantes del agostadero. Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la quema prescrita en la reducción de especies arbustivas de bajo valor forrajero para el ganado en praderas de zacate buffel, así como evaluar la respuesta del pasto a la quema de verano.

LITERATURA REVISADA

El zacate buffel es una gramínea perenne amacollada de crecimiento de verano, nativa de África, Asia y el Este Medio (Khan y Zarif, 1982). En los lugares donde la planta predomina, la superficie del suelo es arenosa y la precipitación anual varía de 200 a 1200 mm (Cox et al., 1988).

En los últimos 40 años, el zacate buffel ha sido usado para incrementar la producción de forraje en los agostaderos de México (Ibarra et al., 1987), Texas (Hanselka, 1985), y Australia (Eberson, 1970). Los ganaderos prefieren esta especie porque es fácil de establecer, tolerante a la sequía (Humphreys, 1967), más productiva que los zacates forrajeros nativos (Ibarra et al., 1987; Hanselka, 1989) y tolerante al pastoreo (Hanselka, 1985; Hussey, 1985).

La semilla del zacate buffel colectada en el Desierto de Turkana, localizado en la parte central de Kenia, fue sembrada y evaluada para su establecimiento, producción de forraje y su persistencia, en el sur de Texas durante la década de los 40's (Holt, 1985). Las plántulas de la

semilla que se sembró en el verano se establecieron fácilmente y fueron capaces de sobrevivir durante el invierno. En 1949 El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos informó y liberó el T-4464 denominado zacate buffel común americano, que inicialmente persistió en la mayoría de los sitios de siembra en el sur de Texas y entre 1949 y 1985 el zacate fue sembrado en mas de 4 millones de hectáreas (Cox et al., 1988).

La semilla se transportó al sur de México y se estableció exitosamente a lo largo de las zonas costeras de la República Mexicana (Cota y Johnson, 1975). Los manejadores de pastizales asumieron que la planta persistiría bajo una amplia gama de suelos y climas. Las poblaciones establecidas, sin embargo, se dispersaron hacia sitios no sembrados en algunos sitios al sur de Texas y Noroeste de México. En otros sitios de siembra las poblaciones de plantas han persistido pero no se han dispersado, o han desaparecido (Ibarra et al., 1995).

Por décadas se ha venido recomendado la siembra de especies forrajeras como una posible alternativa para mejoramiento de agostaderos degradados. La práctica

consiste en eliminar vegetación indeseable por medios mecánicos, preparar cama de siembra, seleccionar especies con alto potencial de adaptación, tirar y cubrir semilla de buena calidad, esperar por lluvia para su establecimiento (Cox et al., 1988).

El chírahui (*Acacia cochliacantha* H & B. ex Willd.) es un arbusto o árbol de la familia Leguminosae, con espinas rectas, aplanadas, cóncavas de 1 a 6 cm. de largo y 4 a 10mm. de diámetro en la base, en forma de bote al madurar. Pinnas de 5 a 25 pares; foliolos de 15 a 35 pares, lineales pequeños y apretados; pedúnculos de 2 a 2.5 cm. de largo, con una bráctea suborbicular bajo la cabezuela globosa puberulenta; legumbre linear oblonga con estípites, rojiza, lustrosa, dehiscencia tardía; semillas embebidas en pulpa succulenta. Su floración ocurre de marzo a mayo y de julio a noviembre (Bujdud, 1995).

Se estima que el 50% de las praderas de zacate buffel en el Estado de Sonora tienen problemas de invasión por arbustos indeseables (Johnson y Navarro, 1992). La invasión de arbustos indeseables es un serio problema en praderas establecidas de zacate buffel, ya que las plantas invasoras

no tienen la presión del pastoreo por el ganado y tienden a desplazar paulatinamente al zacate de las praderas por efecto de competencia por espacio, agua, nutrientes y luz (Ibarra et al., 1989).

El control de arbustos indeseables es la práctica mediante la cual se reduce o se eliminan ciertas especies no forrajeras para disminuir su competencia (Scifres, 1980). Los métodos de control de arbustos más comunes son: manuales, mecánicos, pírnicos (fuego controlado), químicos y biológicos (Scifres, 1980).

El control de arbustos mediante fuego controlado se recomienda donde no es factible llevar a cabo prácticas de control mecánico y químico. Esta práctica requiere de suficiente material combustible para realizar una quema caliente capaz de dañar a los arbustos (Vallentine, 1979), para lo cual se requiere de 4 a 5 toneladas de materia seca por hectárea (Martín et al., 1989) y conducir el fuego a favor y dirección del viento para ocasionar quemaduras más intensas (Ibarra et al., 1989).

Para llevar a cabo una buena quema es importante tener una humedad relativa de 20 a 40%, una velocidad del viento de 10 a 25 Km. por hora y temperatura de 20 a 38 °C. Además cuando se quema a favor del viento se requiere de buenas brechas contra el fuego que se deben construir en los lados del potrero hacia donde soplan los vientos dominantes (Martín et al., 1989).

El fuego prescrito ha sido utilizado para controlar rama blanca (*Encelia farinosa* A. Gray) y otros arbustos de porte pequeño en praderas de zacate buffel en la región central del Estado de Sonora. Con la aplicación de fuegos de verano ha sido posible controlar hasta el 90% del arbusto, con lo que se ha incrementado la producción de forraje en un 50% en las áreas quemadas (Ibarra et al., 1989). En estudios realizados en la región Sur del Estado de Sonora se ha controlado hasta en un 70% las densidades del chírahui, logrando incrementar de un 40 a 60% la densidad, cobertura y producción de zacate buffel (Ibarra et al., 1989).

MATERIALES Y METODOS

Descripción del sitio de estudio:

El estudio se realizó en el rancho "La Casita", municipio de La Colorada, el cual se encuentra localizado 30 Km. al sureste del poblado de Mazatán, Sonora ($28^{\circ} 51' 17''$ latitud norte; $109^{\circ} 57' 05''$ longitud oeste) (Figura 1). La vegetación en el sitio de estudio fue clasificada como Matorral Arborescente hasta 1992 (COTECOCA, 1988), a partir de esa fecha fue desmontada y sembrada con zacate buffel. El área se encuentra a una elevación de 540 metros sobre el nivel del mar y se caracteriza por presentar lomeríos bajos con pendientes de 3 a 12%. Los suelos son de origen granítico y de formación aluvial y coluvial, medianamente profundos (20 a 50 cm), de textura franco arenosa y pH de 6.8. Los suelos están clasificados como Xerosoles, Yermosoles y Litosoles (FAO-UNESCO, 1975). Las características físicas y químicas del área de estudio aparecen en el Cuadro 1. El clima es del tipo seco o estepario, semicálido BS₀ (h')hw(e') (García, 1973). La precipitación promedio anual es de 450 mm, 70% de la cual usualmente ocurre de julio a septiembre. La temperatura

promedio anual es de 22.5 °C con temperaturas máximas y mínimas extremas de 45 y -2 °C, respectivamente.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de suelo a 0-10, 10-20, 20-30 cm de profundidad y en el perfil total del suelo en el sitio de estudio.

PROFUNDIDAD (cm)	ARENA LIMO ARCILLA (%)			MO	C. I. C. mEq/100g	pH	C. E. ds/m	P	Ca	Mg (ppm)	Na	K
	ARENA	LIMO	ARCILLA									
0-10	78.2	12.9	8.9	0.76	6.36	6.6	0.23	12.2	826	160	66	241
10-20	79.0	11.5	9.5	0.73	7.93	6.7	0.24	4.3	1081	211	33	246
20-30	79.5	7.7	12.8	0.73	8.21	7.0	0.24	4.7	1113	240	52	163
\bar{X} PERFIL	78.9	10.7	10.4	0.74	7.5	6.8	0.24	7.1	1007	204	50	217

C. I. C. = Capacidad de Intercambio Catiónico.

C. E. = Conductividad Eléctrica.

El zacate buffel se sembró durante el verano de 1992 sobre una cama de siembra preparada con una rastra pesada de discos, después de que la vegetación indeseable de mayor tamaño fue derribada con la cuchilla frontal de un buldózer. El zacate se estableció adecuadamente en el mismo año de siembra, pero ni la cuchilla ni la rastra fueron lo suficientemente efectivas para controlar la vegetación arbustiva y arbórea indeseable. En 1995, al inicio del estudio, la pradera se encontraba en condición de regular a buena pero fuertemente invadida por arbustos. La densidad de plantas de chírahui en las praderas de buffel, 4 años después de la siembra del pasto, fue 3 veces superior a la de los potreros adyacentes no sembrados (3,711 versus 1,255 plantas/ha).

La vegetación en el sitio de estudio estaba compuesta en el estrato inferior por zacate buffel principalmente, y en menor proporción por los zacates grama china (*Cathestecum brevifolium* Swallen), aceitilla [*Bouteloua aristidoides* (H.B.K.) Griseb] y liebrero (*Bouteloua rothrockii* Vasey). El estrato superior estaba dominado preferentemente por arbustos y árboles entre 2 y 5 metros de altura, entre los que predominaba el chírahui, uña de

gato (*Mimosa laxiflora* Benth.), pintapán [*Anoda cristata* (L.) Schlecht.], sangregado [*Jatropha cardiophylla* (Torr.) Muell. Arg.], vara prieta (*Cordia parvifolia* A.D.C.), confiturilla (*Lantana horrida* H.B.K.), y bachata [*Condalia lycioides* (Gray) Weberb.]. En menor proporción se encontraron el mezquite [*Prosopis glandulosa* (L. Benson) M.C. Johnst.], palo verde (*Cercidium floridum* Benth.), mauto [*Lysiloma divaricata* (Jacq.) Macbr.], vara blanca (*Croton sonorae* Torrey), palo brasil (*Haematoxylon brasiletto* Karst.), vinorama (*Acacia constricta* Benth.), papache (*Randia thurberi* S. Watts.), salicieso (*Lycium andersonii* A. Gray) y chicura (*Ambrosia ambrosioides* Cav. Payne).

Aplicación de la quema prescrita:

Un año previo al inicio del estudio las parcelas se excluyeron del pastoreo, con el fin de crear las condiciones favorables de combustible para la conducción del fuego. Antes de la quema se construyeron brechas contra fuegos de 4 metros de ancho en la periferia de las parcelas. Las brechas se trazaron con la cuchilla de un buldózer. La quema se aplicó el 18 de junio de 1995

utilizando una antorcha manual de gota, alimentada con una mezcla al 50% de aceite destilado y gasolina. Para mover con rapidez la línea de fuego, la antorcha se desplazó en una cuatrimoto a lo largo de las brechas perimetrales a una velocidad aproximada de 20 km/h.

Las parcelas fueron quemadas individualmente por la mañana entre las 11:00 y las 12:00 horas. El fuego se inició en sentido contrario a la dirección del viento en los lados norte y este de las parcelas, hasta que el frente de la lumbre consumió la vegetación en una franja de 50 metros hacia el centro de la misma. Hasta entonces se inicio el fuego a favor de la dirección del viento, encendiendo los lados sur y oeste para promover el rápido desplazamiento del mismo hacia el centro de las parcelas (Wright y Bailey, 1982). Aunque el área de estudio fue cercada para protegerla del pastoreo del ganado; durante los inviernos de 1996 y 1997 las parcelas fueron pastoreadas en forma ligera por la intrusión del ganado.

Parámetros evaluados:

Previo a la quema, la cantidad de material combustible en pié y en el suelo se estimó mediante cortes de forraje, utilizando 5 cuadrantes de 1 m² por parcela. El combustible incluyó el material viejo, verde y mantillo. La humedad del combustible se determinó después de que las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 70 °C por 72 horas (Avery, 1975); todas las estimaciones se expresaron en base a materia seca. El contenido de humedad en el suelo antes de la quema se cuantificó colectando 3 muestras de suelo a 10 cm de profundidad en cada parcela experimental.

El contenido de humedad del suelo se determinó gravimétricamente (Gardner, 1982), después de que las muestras se secaron en una estufa a 75 °C por 72 horas. Durante la quema la temperatura ambiental y humedad relativa se midieron cada 15 minutos utilizando un psicrómetro (Battan, 1979), y la velocidad del viento con un anemómetro (Unwin, 1980).

Los tratamientos aplicados fueron quema y no quema con tres repeticiones cada uno. El tamaño de la parcela

experimental fue de 50 ha para las áreas quemadas y de 1.0 ha para los testigos. El efecto de los tratamientos fue medido en base a densidad de arbustos (plantas/ha), cobertura aérea de chírahui (%) y densidad (plantas/m²), cobertura basal (%), altura (cm) y producción de forraje (ton/ha) del zacate buffel antes de la quema y en septiembre de cada año de 1995 a 1998. La densidad de arbustos se cuantificó utilizando 3 cuadrantes permanentes de 72.4 m² por parcela (Avery, 1975). La mortalidad de las especies y la emergencia de plantas de chírahui se estimó por diferencia en las parcelas quemadas y no quemadas comparando la densidad de plantas antes del fuego y durante cada verano después de la aplicación del mismo.

La densidad de plantas de buffel se determinó en 3 cuadrantes permanentes de 10 m² por parcela. La cobertura basal del zacate buffel y la cobertura aérea del chírahui se determinó en 3 transeptos permanentes de 10 metros de longitud por parcela (Canfield, 1941). La altura del zacate buffel se determinó en 10 plantas al azar por parcela, midiéndose desde la base al ápice de la misma con una cinta métrica. La producción de forraje se cuantificó mediante cortes al azar, utilizando 15 cuadrantes de 1 m² por parcela

y cortando el zacate a 10 cm sobre el nivel del suelo (Avery, 1975). Las muestras de forraje se secaron en una estufa de aire forzado a 70 °C por 72 h, y la producción de forraje se expresó en base a materia seca.

Diseño experimental y análisis estadístico:

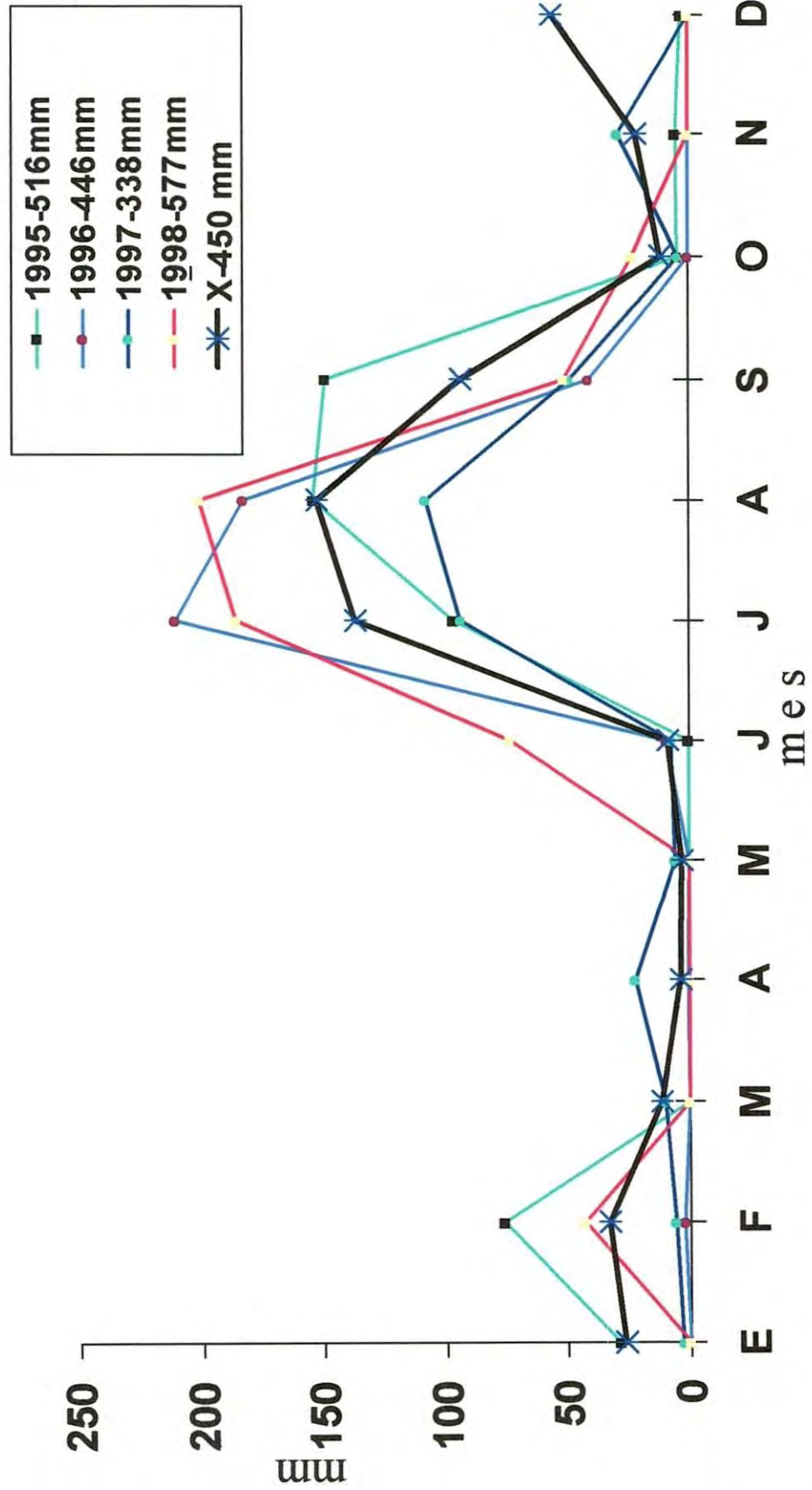
La quema y no quema de buffel se comparó utilizando un diseño completamente al azar con 3 repeticiones. Las variables evaluadas fueron analizadas en forma individual mediante un análisis de varianza (Snedecor y Cochran, 1980). Adicionalmente, la información se analizó como un arreglo bifactorial (2x4) cuando se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre años, donde el primer factor fueron los tratamientos, y el segundo factor fueron los años 95, 96, 97 y 98. Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), la comparación entre medias se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey (Snedecor y Cochran, 1980).

RESULTADOS

Las lluvias registradas durante el periodo de estudios fueron muy variables en cantidad, pero la distribución fue relativamente homogénea entre años (Figura 2), con promedios de 516, 446, 338 y 577 mm, para 1995, 1996, 1997 y 1998, respectivamente. En comparación con la media de diez años (450 mm), en 1995 la lluvia estuvo 15% arriba de la media, cercana a la media durante 1996, 25% abajo de la media en 1997 y 28% arriba de la media durante 1998.

Las características de la pradera y las condiciones ambientales prevalecientes al momento del fuego fueron relativamente homogéneas entre las parcelas experimentales (Cuadro 2). El 90% del material combustible estuvo formado por forraje viejo en pie y el 10% restante correspondió a material verde y mantillo. El combustible y las condiciones atmosféricas durante la quema permitieron la conducción del fuego en forma rápida y continua. La quema cubrió aproximadamente el 95% de la superficie de las parcelas; el 5% restante no se quemó por falta de combustible que interrumpió la continuidad del fuego.

Figura 2. Precipitación (mm) registrada en el "Rancho La Casita" durante el periodo 1995-1998 y promedio de precipitación pluvial registrada durante los últimos 10 años.



Cuadro 2. Media y Desviación Estandar (DE) de los diversos subcomponentes del forraje combustible y factores ambientales prevalecientes al momento de la quema prescrita para el control de arbustos en praderas de zacate buffel en el área de estudio.

V A R I A B L E S	\bar{x}	(DE)
Combustible viejo en pie (t/ha)	4.0	(0.43)
Combustible verde en pie (t/ha)	0.1	(0.02)
Combustible mantillo (t/ha)	0.4	(0.05)
Combustible total (t/ha)	4.5	(0.41)
Humedad material viejo en pie (%)	1.8	(0.30)
Humedad material verde en pie (%)	9.0	(1.39)
Humedad en mantillo (%)	2.4	(0.57)
Humedad del suelo (%)	3.4	(0.40)
Temperatura ambiental (°C)	39.4	(0.79)
Humedad relativa (%)	27.3	(1.56)
Velocidad del viento (km/h)	11.4	(2.46)

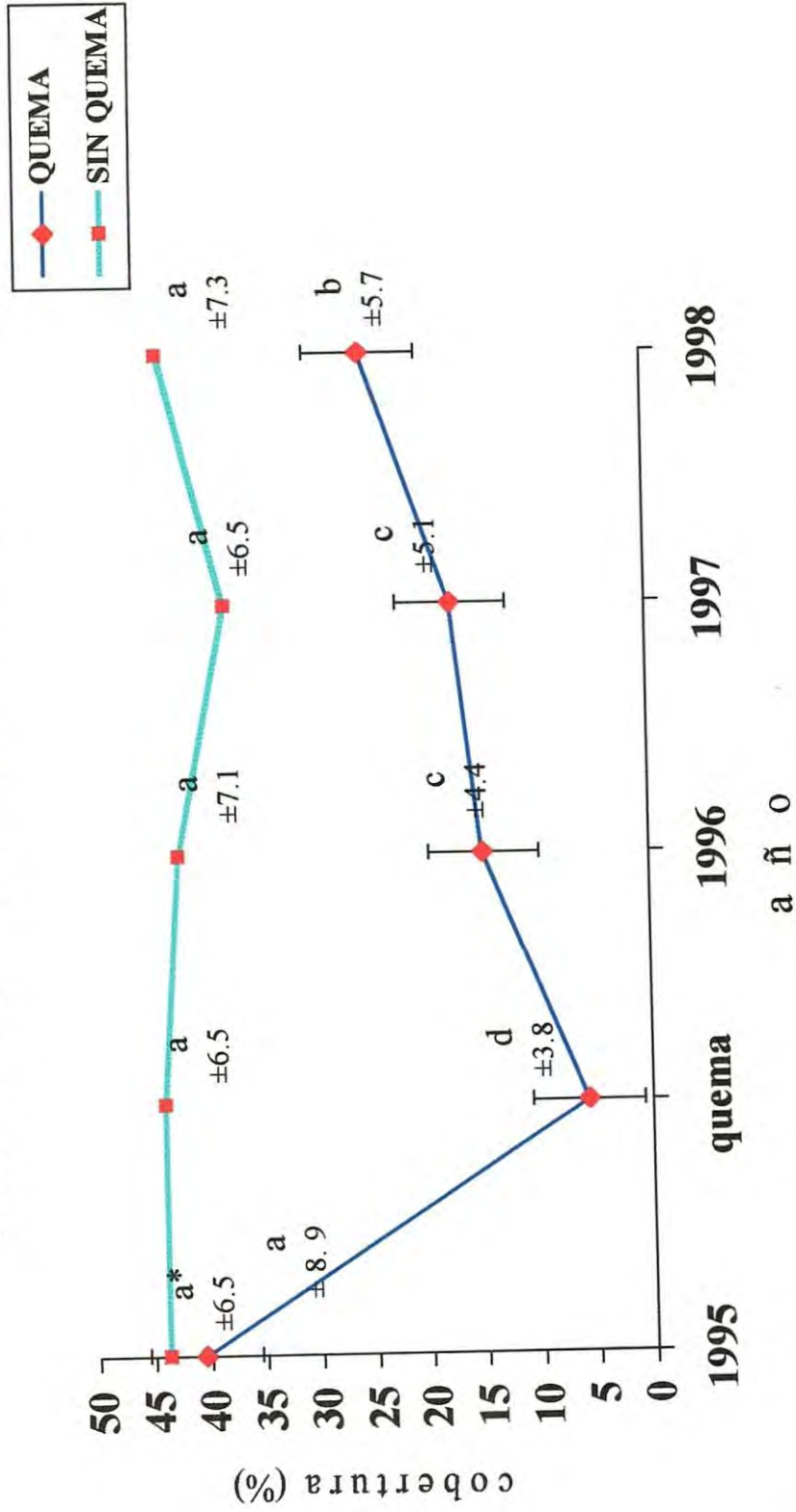
* La quema se efectuó el 18 de junio de 1995.

La densidad de arbustos al momento del fuego fue variable entre especies (Cuadro 3), y fluctuó de 27 a 3,711 plantas por hectárea. Las especies con mayor densidad fueron chírahui, uña de gato y pintapán, promediando 3,711, 2,771 y 1,340 plantas/ha, respectivamente; estas conforman el 63% de la densidad total de los arbustos en el área de estudio. Todas las plantas fueron afectadas por el fuego. La densidad total de arbustos en las parcelas quemadas se redujo de 12,509 a 4,716 plantas/ha, lo que representa un control promedio de 62%. La mortalidad de plantas fue

significativamente diferente entre especies ($p < 0.05$) con valores entre 25 y 81%. Los arbustos mas dañados por el fuego fueron el pintapán y la uña de gato y se controlaron en un 81 y 76%, respectivamente. El palo Brasil, confiturilla, vara blanca, salicieso, vinorama, chicura, chírahui y vara prieta resultaron significativamente menos susceptibles al fuego ($p < 0.05$) y sus densidades se redujeron entre 55 y 66%. Las especies mas tolerantes a la quema prescrita ($p < 0.05$) fueron el papache, bachata, sangregado, mezquite, palo verde y mauto, con porcentajes de mortalidad que fluctuaron entre 25 y 49%.

La cobertura aérea total del chírahui en las áreas no quemadas no mostró cambios significativos ($p > 0.05$) durante los 4 años de evaluación, y fluctuó de 35 a 46% (Figura 3), pero fue significativamente diferente ($p < 0.05$) entre años en las parcelas quemadas.

Figura 3. fluctuación de la cobertura aérea (%) del chirahui en áreas quemadas y sin quemar cuatro épocas de crecimiento después de la aplicación de la quema prescrita en el sitio de estudio.



* a, b, c, d. Literales distintas dentro de la misma línea señalan diferencias significativas ($P < .05$)

Cuadro 3. Mortalidad de plantas arbustivas(%) en praderas de zacate buffel al cuarto año después de la quema prescrita en área de estudio.

ARBUSTIVA*	DENSIDAD DE PLANTAS (p/ha)		MORTALIDAD (%)
	TESTIGO	QUEMA	
Pintapán	1,340	253	81 a ⁺
Uña de gato	2,771	657	76 a
Palo Brasil	442	152	66 b
Confiturilla	531	202	62 b
Vara blanca	326	130	60 b
Salicieso	183	75	59 b
Vinorama	439	179	59 b
Chicura	131	55	58 b
Chírahui	3,711	1,567	58 b
Vara prieta	632	284	55 b
Papache	247	126	49 c
Bachata	496	263	47 c
Sangregado	897	518	42 c
Mezquite	121	76	37 c
Palo verde	27	18	33 c
Mauto	215	161	25 d
TOTAL	12,509	4,716	62

* Presentada por su nombre común; el nombre científico se presenta en materiales y métodos.

⁺ a,b,c,d = Literales distintas dentro de la columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

La cobertura aérea total del chírahui durante 1995 se redujo en las parcelas de 41% antes de aplicar el fuego a 6% después de realizada la quema. Sin embargo, ésta se

incrementó a 15, 17 y 25% durante los veranos de 1996, 1997 y 1998, respectivamente.

La quema no afectó la emergencia de nuevas plantas de chírahui. La densidad de plantas detectadas de 1995 a 1998 fue similar ($p>0.05$) entre tratamientos y promedio 400 y 430 plantas/ha en las parcelas quemadas y sin quemar, respectivamente.

El zacate buffel no fue dañado por la quema prescrita (Cuadro 4). La densidad de plantas varió de 9.3 a 10.6 plantas/m² en las áreas quemadas y de 9.1 a 9.8 plantas/m² en las áreas sin quemar entre 1995 y 1998, respectivamente. La densidad del buffel en las áreas quemadas se incrementó de 2 a 12% pero las diferencias no fueron significativas ($p>0.05$) entre tratamientos ni entre años.

Cuadro 4. Densidad (plantas/m²) del zacate buffel 1, 2, 3 y 4 veranos después del control de arbustos mediante quema prescrita en el área de estudio.

AÑO	DENSIDAD (plantas/m ²)	
	QUEMA	SIN QUEMA
1995	9.3 aA	9.1 aA
1996	10.4 aA	9.8 aA
1997	9.6 aA	9.3 aA
1998	10.6 aA	9.5 aA

a,b Literales distintas en hileras indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$).
 A,B Literales distintas en columnas indican diferencia significativa entre años ($p < 0.05$).

La altura del zacate buffel fue consistentemente superior ($p < 0.05$) en las áreas quemadas que en los testigos durante todos los años de evaluación (Cuadro 5). Esta variable fue superior entre 19 y 31% en las áreas quemadas en comparación con las áreas testigo y varió entre años de 84 a 115 cm en las áreas quemadas y de 69 a 96.5 cm en los testigos. La altura del zacate fue diferente ($p < 0.05$) entre años solamente en las parcelas quemadas.

La cobertura basal del zacate buffel (Cuadro 6) no fue dañada con la quema y fluctuó entre años de 15.6 a 18.5%

en las áreas quemadas y de 12.5 a 14.4% en las áreas sin quemar.

Esta variable fue siempre superior ($p < 0.05$) en las áreas quemadas en comparación con el testigo y se incrementó durante todos los años de evaluación entre 25 y 28%. En cada uno de los tratamientos, no se encontró efecto de año en la cobertura del zacate buffel.

La producción de forraje del buffel fue consistentemente superior ($p < 0.05$) en las áreas quemadas que en los testigos durante todos los años de evaluación (Cuadro 7). Esta variable fluctuó entre años de 3.9 a 5.5 t/ha en las áreas quemadas y de 2.4 a 3.3 t/ha en las áreas,

Cuadro 5. Altura (cm) del zacate buffel 1, 2, 3 y 4 veranos después del control de arbustos mediante quema prescrita en el área de estudio.

AÑO	ALTURA (cm)	
	QUEMA	SIN QUEMA
1995	115.0 aA	88.0 bA
1996	109.0 aA	92.0 bA
1997	84.0 aB	69.0 bA
1998	115.0 aA	96.5 bA

a,b Literales distintas en hileras indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$).

A,B Literales distintas en columnas indican diferencias significativa entre año ($p < 0.05$).

Cuadro 6. Cobertura basal (%) del zacate buffel 1, 2, 3 y 4 veranos después del control de arbustos mediante quema prescrita en el área de estudio.

AÑO	COBERTURA (%)	
	QUEMA	SIN QUEMA
1995	15.6 aA	12.5 bA
1996	18.2 aA	14.2 bA
1997	17.8 aA	13.9 bA
1998	18.5 aA	14.4 bA

a,b Literales distintas en hileras indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$).

A,B Literales distintas en columnas indican diferencia significativa entre años ($p < 0.05$).

Cuadro 7. Producción de forraje (t/ha) del zacate buffel 1, 2, 3 y 4 veranos después del control de arbustos mediante quema prescrita en el área de estudio.

AÑO	PRODUCCION DE FORRAJE (t/ha)	
	QUEMA	SIN QUEMA
1995	5.3 aA	3.2 bA
1996	4.9 aB	3.3 bA
1997	3.9 aC	2.4 bC
1998	5.5 aA	3.0 Bb

a,b Literales distintas en hileras indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$). A,B Literales distintas en columnas indican diferencia significativa entre años ($p < 0.05$).

sin quemar siendo los incrementos en la producción de 49 a 83% mayores en las parcelas expuestas al fuego, en comparación con las áreas testigo. La producción acumulada de forraje durante los años de evaluación fue de 19.6 t/ha en las áreas quemadas y de 11.9 t/ha en las áreas sin quema. Esto representó un aumento en la producción de forraje de 7.7 t/ha como resultado de la práctica de quema.

DISCUSIÓN

La precipitación ocurrida durante 1994, un año antes de la aplicación del fuego, fue de 467 mm y estuvo arriba de la media normal. Esto contribuyó a la acumulación de material combustible en las parcelas. Factor importante para provocar fuegos intensos cuando se desea controlar arbustos (Frandsen, 1983; Hodgkinson, 1991; Cheney, 1993), ya que la cantidad de combustible al momento del fuego está directamente relacionada con la mortalidad de las plantas (Wright, 1976; Patten y Cave 1984; Smith y Tainton 1985). El material combustible total al momento del fuego promedió 4.5 t/ha (Cuadro 2), que fue casi 3 veces superior a la cantidad de combustible mínimo recomendado en la realización de un fuego para control de arbustos (Wright y Bailey 1982).

La precipitación está directamente relacionada con la respuesta de la vegetación al fuego (Wright y Bailey, 1982; Wright, 1990). En este estudio la precipitación (516 mm) registrada durante el año de la aplicación de la quema (Figura 2) estuvo 15% arriba de la media y fue muy oportuna después del fuego, lo que promovió un rebrote rápido en las plantas de buffel. Las hojas verdes en el pasto aparecieron 10 días después de la quema, y las plantas alcanzaron 1 m de

altura 32 días después de la aplicación de la misma. Otros estudios reportan resultados similares en el rebrote del pasto en años con lluvia arriba de la media, tanto después de quemas de invierno para mantenimiento de praderas en Texas (Hamilton y Scifres 1982), como con quemas de verano para el control de arbustos en el Desierto de Sonora (Ibarra et al., 1986). En contraste, este estudio reporta un rebrote pobre del buffel y 1.2 t/ha de reducción en la producción de forraje en quemas de verano seguidas por lluvias 244 mm abajo de la media (320 mm).

Aunque todas las especies arbustivas fueron dañadas por el fuego, la susceptibilidad de las plantas fue variable entre especies (Cuadro 2). Resultados similares se han logrado tanto con fuegos prescritos como accidentales en la zona centro y norte del desierto de Sonora (Hamilton y Cifres, 1982; Ibarra et al., 1986; Ibarra et al., 1997). Los arbustos que murieron con el fuego fueron detectados en las evaluaciones realizadas inmediatamente durante el verano después de la quema; sin embargo, las plantas que fueron parcialmente quemadas rebrotaron vigorosamente durante los 4 veranos subsecuentes. La mortalidad de arbustos obtenida con

el fuego promedió 62% y varió de 25 a 81% entre especies. Mortalidades similares se han reportado en plantas de mezquite, uña de gato, salicieso, sangregado, palo verde y rama blanca con la quema prescrita en praderas de buffel en el matorral arbosufrutescente (Ibarra et al ., 1986; Ibarra et al., 1997).

Los resultados de mortalidad de arbustos logrados en éste estudio difieren de los obtenidos por (Hamilton y Scifres 1982), los cuales quemaron praderas de zacate buffel durante el invierno para controlar fuertes infestaciones de mezquite y largoncillo (*Acacia rigidula* y *A. Tortuosa*) en Texas. Estos autores indicaron que ni una segunda quema realizada 2 años posteriores a la quema inicial fue suficiente para controlar estos arbustos. Evidentemente, las condiciones climáticas y de combustible al momento de aplicar los fuegos no fueron las ideales para matar los arbustos. En éste estudio, comparado con el de Texas, las condiciones ambientales y de combustible fueron mas propicias; lo que en conjunto permitió producir calores más intensos para controlar arbustos. Se ha reportado que es posible lograr un mayor porcentaje de mortalidad de plantas cuando se dispone de más material combustible, viento y

temperatura que provoquen fuegos más intensos (Wright y Bailey 1982; Ibarra et al .,1997) y cuando las quemas son seguidas por años de escasa lluvia, considerando que la mayoría de los arbustos son más dañados por el fuego en años secos que en años húmedos (Smith y Tainton, 1985).

La cobertura aérea del chírahui se redujo de 40.5 a 5.7% (86%) durante el año de aplicación del fuego (Figura 3); sin embargo, su cobertura se incrementó en un 15, 17 y 25% durante las épocas de crecimiento activo de 1996, 1997 y 1998, respectivamente. Las plantas de chírahui en las áreas quemadas fueron capaces de recuperar aproximadamente 60% de su cobertura inicial cuatro veranos después de la quema. Esto indica que si las plantas continuaran con la misma tasa de crecimiento, éstas podrían recuperar su cobertura inicial en los siguientes 2 o 3 años. La frecuencia de la aplicación de fuegos prescritos bajo estas condiciones quizás pudiera ser de 6 a 7 años para mantener bajas densidades de arbustos en las praderas. En Texas, la frecuencia recomendada de aplicación de fuegos para control de arbustos en praderas de zacate buffel es de 4 a 5 años (Hamilton y Scifres, 1982).

Con respecto a la densidad del zacate buffel, ésta no fue significativamente ($p < 0.05$) afectada por el fuego durante ningún año de evaluación (Cuadro 4). Lo que pudo deberse a que la densidad inicial (9.1 plantas/m^2) de las plantas de buffel en las parcelas estaba de antemano cerca del óptimo ($3-10 \text{ plantas/m}^2$) considerado para praderas bien establecidas en Sonora (Ibarra y Martín, 1995). Resultados similares se reportan después de quemas realizadas en praderas de zacate buffel con 7.7 plantas/m^2 en el matorral arbosufrutescente del centro de Sonora (Ibarra et al., 1997).

Aunque la altura de las plantas de buffel en las áreas testigo tendió a incrementarse en los años con mas lluvia, los incrementos no resultaron significativos durante ningún año. La altura del buffel tendió a ser mayor durante todos los años en las áreas quemadas que en las no quemadas. Sin embargo, las diferencias fueron significativamente superiores (19 y 31%) solamente durante 1995 y 1998, respectivamente, cuando la precipitación estuvo 15 y 28% arriba de la media anual (Cuadro 5). La mayor altura del buffel en las parcelas quemadas es probablemente debida al efecto combinado de mayor disponibilidad de agua, nutrientes

y luz, como resultado de la reducción de la competencia de los arbustos con el fuego (Scifres, 1980; Parker y Kelly, 1989). Respuestas similares en el crecimiento y producción del buffel se han reportado con quemas prescritas para el control de arbustos en la zona de matorral arbosufrutescente en el centro de Sonora (Ibarra et al., 1997).

Por otra parte, la cobertura basal del buffel fue 25 a 28% superior durante todos los años de evaluación en las áreas quemadas en comparación con el testigo (Cuadro 6). Lo anterior concuerda con resultados reportados en otro estudio realizado en el desierto de Sonora (Ibarra et al., 1997), bajo condiciones de vegetación similar pero con 130 mm de precipitación debajo de la media (320 mm). El incremento en la cobertura basal es posiblemente debido a la reducción de la competencia de arbustos (Trollope, 1980), a la mayor disponibilidad de nutrientes en las áreas quemadas (Wright, 1978) y a la estimulación del crecimiento basal del pasto que resulta de la remoción del forraje maduro y material muerto en la base de las plantas (Wright y Bailey 1982).

Contrario a éstos resultados, en estudios realizados en Texas en un área con 450 mm de precipitación se reportan

cambios no significativos en la cobertura del buffel 3 años después del fuego (Hamilton y Scifres, 1982). Esto probablemente se debió a la nula mortalidad de arbustos lograda con la quema como resultado de la escasa cantidad de combustible al momento del fuego. Sin embargo, en este estudio la cobertura del pasto en las parcelas quemadas y no quemadas no fue influenciada sobre tiempo a pesar de la variación anual de la precipitación. Esto puede deberse a que la cobertura basal es una variable vegetación estable y de respuesta lenta (Avery, 1975), por lo que la capacidad biológica pudo no manifestarse bajo éstas condiciones.

En relación a la producción de forraje del buffel, ésta fue de 1.5 a 2.5 t/ha superior durante todos los años en las áreas quemadas en comparación con el testigo (Cuadro 7). Cambios similares en la producción de forraje (1 a 2 t/ha) se han reportado con el fuego en praderas con 450 mm de precipitación en Texas (Hamilton y Scifres, 1982). Este incremento es posiblemente debido a la mayor disponibilidad de nutrientes, agua y luz que tuvieron las plantas en las áreas quemadas; en adición a la reducción de la competencia de los arbustos mediante el fuego prescrito (Scifres, 1980; Mayeux y Hamilton, 1983).

En este estudio la producción de forraje se incrementó consistentemente en las áreas expuestas al fuego incluso en años con 330 mm de precipitación, lo que resulta muy favorable en las zonas áridas y semiáridas no sólo por el forraje adicional producido, sino por la mejor calidad nutritiva del pasto reportada en las áreas quemadas (Hanselka, 1989). Sin embargo, el crecimiento y la producción de forraje del buffel, pueden resultar seriamente reducidos con el fuego cuando esta práctica es seguida por veranos secos con lluvias 76% abajo de la media (320 mm) en áreas del matorral arbosufrutescente (Ibarra et al ., 1997). Bajo estas condiciones la producción de forraje durante el año de la quema podría ser superior en las áreas sin quemar, aunque este efecto puede invertirse cuando las condiciones de lluvia se normalizan tanto en el Desierto de Sonora (Ibarra et al., 1997), como en el sur de Texas (Hamilton y Scifres 1982).

La quema prescrita redujo la densidad y cobertura de arbustos en la pradera e incrementó significativamente el área basal y la altura del pasto, lo que en conjunto provocó una mayor producción de forraje en las praderas. Sin

embargo, esta práctica tuvo poco efecto sobre el establecimiento de nuevas plantas de buffel y chírahui, considerando que el incremento en la densidad de ambos durante el período del estudio fue similar ($p>0.05$) tanto en el área quemada como en el testigo.

La invasión de arbustos es un problema que frecuentemente se presenta en agostaderos mecánicamente desmontados y sembrados con zacate buffel. El alto costo de los tratamientos mecánicos y de los herbicidas para controlar arbustos está contribuyendo a que exista cada vez más interés en el uso del fuego como una alternativa para el mejoramiento de praderas de zacate buffel invadidas con arbustos indeseables. Sin embargo, diversos estudios indican que el uso del fuego se debe de tomar con muchas reservas por el peligro que representa cuando se sale de control, por la contaminación ambiental asociada con la práctica y por ser un tratamiento de control poco selectivo entre arbustos (Wright, 1978; Scifres, 1980; Ibarra et al., 1997). Por lo anterior, la quema prescrita puede no ser la mejor elección comparada con otros métodos de control de plantas.

En este estudio la hipótesis planteada resultó falsa ya que tanto el chírahui, como el resto de los arbustos con los que esta planta se asocia en la pradera, fueron significativamente ($p < 0.05$) reducidos con la quema. El palo verde, mauto, mezquite, confiturilla, uña de gato, sangregado, salicieso y pintapán son especies importantes como forraje en la dieta del ganado y fauna silvestre (Ibarra et al., 1986; Miranda y Martín 1988; Alcarás, 1989). Si bien es cierto que el fuego aplicado bajo estas condiciones, aunque incrementa sustancialmente la producción del buffel, también presenta el riesgo de reducir la diversidad de especies en la pradera. Esto pudiera ocasionar una baja en la producción de forraje por la eliminación de especies importantes de ramoneo que producen alimento de buena calidad en las épocas de sequía. Consecuentemente, el uso de la quema prescrita como herramienta para controlar chírahui tiene un futuro limitado cuando el arbusto se encuentra asociado con otras especies deseables de plantas en praderas de zacate buffel.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados se concluye que el zacate buffel respondió favorablemente a la quema prescrita durante el verano, produciendo anualmente de 1.5 a 2.5 t/ha de forraje adicional. El fuego no es una práctica selectiva de control para el chírahui por que mato también otros arbustos asociados de importancia para el ganado y fauna silvestre. La quema juega un papel muy importante para mejorar y rehabilitar praderas invadidas exclusivamente con chírahui, pero su uso no se recomienda en áreas con una amplia diversidad de especies por el peligro que representa la pérdida de la vegetación deseable y el peligro en su manejo cuando existe falta de conocimiento de la técnica.

BIBLOGRAFIA

- Aguirre, M. R. 1998. Situación actual de praderas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) establecidas en el estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. Informe interno. SAGAR COTECOCA. p.16.
- Alcaraz F R. 1989. Importancia de las plantas forrajeras y tóxicas. Hermosillo, Sonora. Secretaria de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora. 19:11-13.
- Avery, T. E. 1975. Natural resources measurements. Second edition. N.J. U.S .A Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. p.339.
- Battan, L. J. 1979. Fundamentals of meteorology. N. J. U.S.A Prentice-Hall, Inc. Englewood cliffs. p.321
- Bock, C. E., and J. H. Bock. 1990. Effects of fire on wildlife in southwestern iowland habitats. In: Krammes J. S. (De.) management of southwestern natural resources. Tucson, Az, USA. p.50-64.
- Borjas, M. H. 1997. Control de arbustivas indeseables en praderas de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en la región de Sahuaripa, Sonora. Hermosillo Sonora México. Universidad de Sonora. Tesis De licenciatura. p.53.
- Brown, D. E., and R. A. Minnich. 1986. Fire and changes in creosote bush scrub of the western Sonoran Desert, California. The American Midland Naturalist. 116:411.
- Bujdud, C. Ch. 1995. Estudio florístico aspectos ecológicos y utilidad de Las leguminosas del municipio de Ures, Sonora. Monterrey N. L. Universidad Autónoma de Nuevo León. Tesis de Licenciatura
- Canfield, R. H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. J. Forest. 39:388.

- Cave, G. H., and D. T. Patten. 1984. Short-term vegetation responses to fire in the upper Sonoran Desert. *Journal of Range Manage.* 37:491.
- Cota, A., y D. Jonhson.. 1975. Adaptación y producción de diez especies de zacates perennes en Sonora. Chihuahua, México Pastizales-CI-MP-OOI.
- COTECOCA, 1988. Tipos de vegetación, sitios de productividad forrajera y coeficientes de agostadero del estado de Sonora. Hermosillo, Sonora. p.361.
- Cox, J. R., F. F. A. Ibarra and M. H. Martin. 1990. Fire effects on grasses in semiarid deserts. In: Krammes J. S. DeBano L. F. Zwolinski M. J. (Eds.) *Proceedings of symposium effects of fire in managment of southwestern natural resources.* Tucson, Az., USA. 43-49.
- Cox, J.R., M. H. R. Martin, F. A. F. Ibarra, J. H. Fourie, N. F.G. Rethman, and D. G. Wilcox. 1988. Theinfluencie of climate and soils on the distributions of four African grasses. *Journal of Range Managment* 41:127-139.
- Eberson, J. P. 1970 Herbage production from native grsses and sown pastures in south-west Queensland. *Tropical Grasslands* 4:37-41.
- FAO-UNESCO, 1975. Soil map of the world. USA. México and central América.3:746.
- Frandsen, H.W. 1983. Modeling big sagebrush as a fuel. *J. Range Manage.* 36:596-600.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. p.71.
- Gardner, W. H. 1982. Water content. En : Klute A. (Ed.) *Methods of soils analysis. Part 1 - Physical and mineralogical methods.* USA. p.493-544.

- Hamilton, W. H., and C. J. Scifres. 1982. Prescribed burning during winter for maintenance of buffelgrass. *Journal of Range Manage.* 35:9-12.
- Hanselka, C. W. 1989. Forage quality of common buffelgrass as influenced by prescribed fire *Texas Journal Of Agriculture and Natural Resources.* 3:15-18.
- Hanselka, C. W. 1985. Grazing management strategies for buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) In: Runge E. C. A. and J. L. Schuster (Eds) *Buffelgrass: Adaption, Management and Forage Quality Symposium.* Texas USA. Texas Agric. Exp. Sta. College Station. Mp-1575. p.53-64 .
- Holt, E. C. 1985. Buffelgrass- A brief history.. Runge and J. L. Schuster (Eds) *Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality symposium.* Texas, USA. Texas Agric. Exp. Sta. College Station. Mp-1575. p.1-5.
- Humphrey. R. R. 1974. Fire in the deserts and desert grassland areas of North America. In: Kozlowski T. T. Ahlfren C. E. (Eds.) *Fire America and ecosystems.* USA. New York Academic Press. p.365-401.
- Humphrey, R. R. 1987. Ninety years and 535 miles. Vegetation changes along the mexican border. Second Edition. U.S.A. Univ. Of New Mexico Press. p.448.
- Humphreys, L. R. 1967. Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) in Australia. *Tropical Grasslands* 1:123-134.
- Hussey, M. A. 1985. Buffelgrass breeding and evaluation for south Texas. In: E.C.A. Runge and J. L. Schuster, (eds.) *Buffelgrass: Adaption, management and forage quality symposium.* Texas, USA. Texas Agr. Exp. Sta. Collage Station. Mp-1575. p.9-12
- Ibarra, F., F. A., J. R. Cox., M. H. Martin R. T. A. Crowl, and C. A. Call 1995. Predicting buffelgrass usrvival across a geographical and environmental gradient. *Journal of Range Manage.* 48:53- 59.

- Ibarra, F., M. Martín, C. Cajal , G. Lizárraga , E. Gastelum , M. Sau y M. Velázquez. 1987. Importancia del buffel en aprovechamiento del pastizal nativo y recomendaciones para su establecimiento y manejo derivado de la investigación regional. En: BANAMEX (Eds.) IV Simposium internacional de ganadería .Hermosillo, Sonora, México. p.96-122.
- Ibarra, F. F. A., M. Martín R., M. Silva J. Carranza M. Parra y R. Torres. 1989. Alternativas de control de rama blanca en praderas de zacate buffel. . Hermosillo, Sonora CIPES-INIFAP-SAGAR, Gob. del Estado de Sonora. U.G.R.S.
- Ibarra, F. F., M. Martin R., J. R. Cox, and H. Mirana Z. 1997. The effect of prescribed burning to control brush species on buffelgrass pastures in Sonora, Mexico. In: Krammes J. S, DeBano L. F. Zwolinski M.J. (Eds) Proceedings of Symposium Effects of Fire on the Madrean Province Ecosystems. Tucson, Az. U.S.A. p.195-204.
- Ibarra F. F y M. H.Martín R. 1995. Establecimiento del zacate buffel. En: PATROCIPES (Eds) Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Hermosillo, Sonora, Mexico p.15-30.
- Ibarra F. F. R, M. Martín . L. R. Torres. M. F. Silva. H.L. Morton. J. R. Cox. 1986. The Brittlebush problem and potential control mearures in buffelgrass pastures in Sonora, Mexico. In: WSWs (Eds) Proceedings of the 39th Meeting of the Western Society of weed Science. San Diego, Calif. USA. p.57-66.
- Johnson, G. D y A. Navarro C. 1992. Zacate buffel y biodiversidad en el desierto sonorense. fomento ganadero. Hermosillo, Sonora. Gob. Del Estado de Sonora. secretaria de fomento ganadero. 36:5-7.
- Khan, S. M., and R: M. Zarif. 1982. Enchancing Range Productiviti thtough grass seeding in subtropical semiarid shrublands near pashawar. Pakistan Journal of Forestry 32:89-94.
- McLaughlin S. P and J. E. Bowers . 1982 Effects of

- wildfire on Sonoran Desert community. *Ecology*. 63:246
- Martín, R, M., F. F. Ibarra y H. Z . Miranda. 1989. ¿ Qué debe conocer el ganadero para quemar praderas de buffel?. Boletín Rancho. Hermosillo, Sonora. , Gob. del Estado de Sonora. PATROCIPES-SAGAR., U:G:R:S., Volumen 7. No. 6.
- Martín R. M. H., J. R. Cox ., and F. F. Ibarra . 1995. Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonora Desert. *Journal of Range Manage.* 48:60-63.
- Mayeux H. S and W. T. Hamilton.1983. Response of common (*Isocoma coronopifolia*) and buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) to fire and soil-applied herbicides. *Weed Sci.* 31:355-360.
- Miranda Z. H., y R. M. H. Martín. 1988. Las leguminosas en el estado de Sonora. Fomento Ganaderia. Hermosillo, Sonora. Gobierno del Estado de Sonora. Secretaria de Fomento Ganadero. 17:9-10.
- Parker V. T., V. R. Kelly. 1989. Seedbanks in California chaparral and other mediterranean climate shrublands. In: Leck M. A. Parker V. T. Simpson R. L. (Eds) *Ecology of soils seed banks.* San Diego Calif. USA. p231-255.
- Patten, D. T., G. H. Cave. 1984. Fire temperatures and physical characteritics of a controlled burn in the upper Sonoran Desert. *Journal of Range Management.* P.37-277.
- Rogers, G. F., and J. Steele. 1980. Sonoran Desert fire ecology. In: Stooches M. A. Dieterich J. H. (Eds) *Proceedings of fire history workshop.* Tucson, Az., USA. p.15-19.
- Scifres, C. J. 1980. Brush managment. Principles and practiices for Texas and the southwest. College Station Texas. Texas A&M Univ. Press. p.360.
- Smith, F. R and N. M. Tainton. 1985. Effects of season of burn on shrub survival, regeneration and structure in the Natal Drakensberg. *Journal of the Grassland Society of South Africa.* p.2-4.

- Snedecor, G. W., and W. G. Cochran. 1980. Statistical Methods. Seventh Edition. USA. The Iowa State Univ. Press. p348.
- Trollope, W. S. W. 1980. Controlling brush encroachment with fire in the savanna areas of south Africa. Proc. Grassld. Soc. Sth. Afr. 15:173-177.
- Unwin, D. M. 1980. Microclimate measurement for ecologists. New York. USA. Academic Press, p.423.
- Vallentine, J. F. 1979. Range development and improvements. Provo, Utah, USA. Brigham Young University Press, 2:545.
- Wright, H. A., and A. W. Bailey. 1982. Fire ecology: United States and south Canada. John Wiley & Sons Inc. USA. p.501.
- Wright, H. A. 1990. Role of fire in the management of southwestern ecosystems. In: Krammes J. S. DeBano L. f: Zwolinski M. J. (Eds) Proceedings of the symposium effects of fire in management of southwestern natural resources. Tucson, Az, USA. p.1-5.
- Wright, H. A. 1978. Use of fire to manage grasslands of great plains: Central and southern Great plains. Proceedings of the first International Rangeland Congress. USA. p.694-697.