



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search  
<http://ageconsearch.umn.edu>  
[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

## RENTABILIDAD DEL HERBICIDA PASTAR® EN EL CONTROL QUÍMICO DE ARBUSTOS EN PRADERAS DE ZACATE BUFFEL EN LA REGIÓN CENTRAL DE SONORA, MÉXICO

Fernando A. Ibarra Flores<sup>1</sup>, Martha H. Martín Rivera<sup>1</sup>, Salomón Moreno Medina<sup>1</sup>,  
Rodolfo Garza Ortega<sup>2</sup>, Jorge Ezequiel Hernández Hernández<sup>3</sup>,  
José Carmen Rodríguez Castillo<sup>3</sup> y Rafael Retes López<sup>4</sup>

### Profitability of Pastar® herbicide in the chemical control of shrubs in Buffel Grass pastures in the Central Region of Sonora, Mexico

#### ABSTRACT

The study was carried out in 2008 in 3 locations to evaluate the efficiency of Pastar® herbicide in the control of chirahui, vinorama and mezquitillo in buffel grass prairies at central Sonora. The following treatments were applied: 1) Pastar® 1.0% dissolved in water and applied to the foliage and 2) Absolute control without application. The herbicide was applied to the foliage to plants 1.6 m high. Changes in vegetation during 2008, 2009, 2012 and 2015 were evaluated and financial runs were carried out to determine the profitability of shrub control. Pastar 1% herbicide controlled 100% of the species in the 3 study sites and did not affect the native grasses or buffel grass. The density, height and basal cover increased ( $P \leq 0.05$ ) between 33.7 and 148.0% and the total pasture forage production varied from 1.42-1.68 in the control and 2.48-3.01 ton DM/ha in the plots treated with herbicide. The animal carrying capacity increased between 144.0 and 211.9%. The financial runs to evaluate the profitability of the use of 1% Pastar® herbicide indicate that the grasslands rehabilitated by these means can produce additionally from 34.4 to 50.4 kg of breeding/ha and provide an extra net gain of \$ 2,428.2 to \$ 3,310.9 pesos/ha/year in comparison with the untreated check. It is concluded that the buffel grass pastures invaded by invasive shrubs require the application of control methods to recover productivity. It is economically profitable to use the Pastar® herbicide to rehabilitate degraded buffelgrass pastures.

**Key Words:** Invasive shrubs, chemical control, Sonoran Desert, cattle, buffelgrass.

#### RESUMEN

El estudio se realizó durante 2008 en 3 localidades para evaluar la eficiencia del herbicida Pastar® en el control de chirahui, vinorama y mezquitillo en praderas de zacate buffel del centro de Sonora. Se aplicaron los siguientes tratamientos: 1) Pastar® 1.0% disuelto en agua y aplicado al follaje y 2) Testigo absoluto sin aplicación. El herbicida se aplicó al follaje a plantas de 1.6 m de altura. Se evaluaron cambios en la vegetación durante 2008, 2009, 2012 y 2015 y se realizaron corridas financieras para determinar la rentabilidad del control de arbustos. El herbicida Pastar al 1% controló el 100% de las especies en los 3 sitios de estudio y no afectó los pastos nativos ni el zacate buffel. La densidad, altura y cobertura basal, se incrementó ( $P \leq 0.05$ ) entre un 33.7 y 148.0% y la producción total de forraje de pastos varió de 1.42-1.68 en el testigo y 2.48-3.01 ton M.S./ha en las parcelas tratadas. La capacidad de carga animal se incrementó entre 144.0 y 211.9%. Las corridas financieras para evaluar la rentabilidad del uso del Pastar® al 1% indican que las praderas rehabilitadas por estos medios pueden producir adicionalmente de 34.4 a 50.4 kg de cría/ha y brindar una ganancia neta extra de \$2,428.2 a \$3,310.9 pesos/ha/año en comparación con el testigo. Se concluye que las praderas de buffel invadidas por arbustos invasores requieren de la aplicación de métodos de control para recuperar la productividad. Es económicamente rentable el uso del herbicida Pastar® para rehabilitar praderas de zacate buffel deterioradas.

**Palabras Clave:** arbustos invasores, control químico, desierto de Sonora, ganado, zacate buffel.

<sup>1</sup> Profesor de Tiempo Completo del Departamento de Administración Agropecuaria de la División de Ciencias Administrativas, Sociales y Agropecuarias de la Universidad de Sonora, *Campus*, Santa Ana. Carretera Internacional y 16 de Septiembre s/n. Col. La Loma. Santa Ana, Sonora. E-mail: fernando.ibarra@unison.mx.

<sup>2</sup> Dow-Agrociencias de México. Av. Patria 2085. Piso 4. Fraccionamiento Plaza Andares. Zapopan, Jalisco, México. C.P. 45116. E-mail: yoreme38@hotmail.com.

<sup>3</sup> Cuerpo Académico en Zootecnia y Bienestar Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; Puebla, México. Carretera Tecamachalco-Cañada Morelos Km 7.5. El Salado, 75460 Tecamachalco, Puebla. E-mail: ovichiv\_05@yahoo.com.

<sup>4</sup> Profesor de Tiempo Completo del Departamento DE Agricultura y Ganadería Regional Centro de la Universidad de Sonora, México. E-mail: retes@gmail.com.

## INTRODUCCIÓN

El zacate buffel [*Pennisetum ciliare* (L.) Link] se introdujo a Sonora, México a mediados de los 50's y para 1994 éste se había establecido en aproximadamente 400,000 ha (Martín et al., 1995), para 1998 se contaba con 740,000 ha y para el 2008 se estiman cerca del millón y medio de hectáreas establecidas con la especie (Ibarra et al., 2016). El zacate buffel es una planta perenne introducida que es ampliamente usada para la revegetación de agostaderos después del control mecánico de arbustos (Hanselka, 1988), es preferida sobre los zacates nativos locales ya que es de fácil establecimiento, resiste sequías y sobrepastoreo. Las praderas establecidas con el zacate producen 3 a 10 veces más forraje en comparación con el agostadero (Martin et al., 1995; Hanselka et al., 2004; Martin et al., 2019). Sin prácticas adecuadas de manejo y mantenimiento en las praderas, la densidad de arbustos invasores se incrementa y la productividad del pasto puede ser reducida en los primeros 10 años después de la siembra (Martin et al., 2001).

El chírahui (*Acacia cochliacantha* Humb & Bonpl Willd.), vinorama (*Acacia constricta* A. Gray) y mezquitillo (*Mimosa dysocarpa* Benth.) son algunas de las especies arbustivas más agresivas en las praderas de zacate buffel del centro del estado. En Sonora, se reporta que por lo menos un 30% de las praderas presentan problemas de invasión, pudiendo reducir la producción de forraje de 30 a 50% en áreas con invasiones de arbustos de ligeras a moderadas y hasta en 80% con invasiones severas (Ibarra, 1999). Las praderas de buffel una vez deterioradas e invadidas de arbustos, difícilmente se recuperan con el ajuste de carga animal o el manejo rotacional del pastoreo, requiriendo de la siembra o interseembra del pasto y del control de las especies arbustivas invasoras para recuperar su productividad (Hanselka et al., 2004; Martin et al., 2019). El fenómeno de la invasión de arbustos se presenta en diversas regiones del mundo y es atribuido a factores de suelo, clima y manejo (Archer y Predick, 2014; Wonkka et al., 2016; Hruska et al., 2017)

Los herbicidas 2,4-D, 2,4,5-T, Picloram, Dicamba y Tebuthiuron controlan entre 45 y 90% de plantas de mezquite, vinorama, mezquitillo y chírahui (Morton et al., 1990). El fuego reduce entre 45 y 90% la población de estas especies lo cual incrementa el forraje (Ibarra, 1999; Felger et al., 2007). El herbicida Pastar® al momento del estudio era un producto nuevo del que se desconocía su efectividad y la dosis óptima en el control de arbustos. De igual manera se desconocía el costo-beneficio asociado con el control de estos. Los objetivos de este estudio fueron: 1) Determinar la eficiencia del producto Pastar® aplicado en forma foliar y diluido al 1% en agua para el control de chírahui, vinorama y mezquitillo en praderas de zacate buffel en Sonora; 2) Determinar la tolerancia del zacate buffel y otros pastos nativos al producto y 3) Determinar la rentabilidad con el uso del herbicida Pastar® para el control de arbustos en praderas de zacate buffel del centro de Sonora.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo simultáneamente, en tres ranchos ubicados en la región central del estado de Sonora: (1) Rancho "San Juan", en el municipio de Hermosillo (29° 05' 11.0" Lat. N. y 110° 35' 13.1" Long. O), donde se controló mezquitillo, (2) Rancho "El Aigame" en el municipio de la Colorada (28° 43' 47.4" Lat. N. y 110° 26' 2.4" Long. O) donde se controló vinorama y (3) Rancho "Los Mautos" en el municipio de La Colorada (28° 38' 23.9" Lat. N. y 110° 10' 39.9" Long. O), donde se controló chírahui. Los Rancho San Juan, El Aigame y Los Mautos se localizan a 34.5, 62 y 92.5 km, respectivamente, de la ciudad de Hermosillo (CONAGUA, 2019). Las áreas de estudio se encuentran en el Matorral Arbosufrutescente (COTECOCA, 1988), a elevaciones de 430 a 655 msnm en terrenos planos y lomeríos bajos con pendiente menor al 3%, con suelos: Yermosoles luvicos y cálcicos con Regosoles calcáreos (SEMARNAT, 2014), de origen granítico formación aluvial y coluvial e *in-situ*, medianamente profundos (50 -100 cm) y de textura Migajón arenosa a Franco arenosa con poca grava, varían de color castaño claro a castaño rojizo y castaño gris claro. El drenaje interno varía de moderado a medianamente rápido. El clima es del tipo muy árido o seco semicálido BW hw (x') (García, 1973). La precipitación promedio anual varía de 287 a 547 mm, 70%, la cual usualmente ocurre de julio a septiembre. La temperatura promedio anual varía de 23.2 a 24.0 °C, con un promedio de 25 a 30 días del año con temperaturas bajo cero y con temperaturas máximas y mínimas extremas de 48 y -2 °C, respectivamente (CONAGUA, 2019).

Al inicio del estudio la cobertura aérea en las praderas fue de 35.6, 29.7 y 41.3% para mezquitillo en San Juan, vinorama en El Aigame y chírahui en Los Mautos, respectivamente. Se utilizó el herbicida Pastar®, es un producto químico sistémico y selectivo para el control de malezas de hoja ancha en derechos de vía y

agostaderos. Está compuesto de los herbicidas: 2,4-D (Ácido 2,4-diclorofenoxiacético) y Aminopyralid (4-amino-3,6-dicloropiridina-2-ácido carboxílico). Contiene 6.58% de Aminopyralid y 51.06% de 2,4-D por peso, equivalente en gramos de i. a./kg a 320 g de 2,4-D por litro más 40.0 g de Aminopyralid por litro (Dow-AgroSciences, 2019).

Durante agosto del 2008 se aplicaron los siguientes tratamientos: 1) Pastar® 1.0%, y 2) Testigo absoluto sin aplicación. El herbicida se aplicó al follaje con un equipo convencional de una mochila aspersora manual con capacidad de 18 litros, calibrándose para utilizar un volumen total equivalente a 300 litros de agua por hectárea (a presión constante de 25 lbs/pulg<sup>2</sup> se aplicó un volumen total promedio de 50 ml/planta), además se utilizó el adherente bufferizante BUFF-IT 0-10-0 al 1%. Se utilizó una boquilla marca Tee Jet No. 8003 de cortina. En todos los sitios de estudio solamente se aplicó a plantas jóvenes que presentaban alturas máximas de 1.6 m. Los tratamientos se aplicaron, en una sola ocasión, durante la época de crecimiento activo de las plantas en el verano del 2008. La aplicación de herbicidas se realizó el 8, 9 y 10 de agosto en los sitios de estudio El Aigame, Los Mautos y San Juan, respectivamente; durante la mañana cuando las condiciones del viento fueron las adecuadas. El tamaño de la parcela experimental fue de 30 x 40 m, con tres repeticiones en todos los sitios de estudio.

Se evaluó el daño y/o el porcentaje de control sobre los arbustos. La fitotoxicidad del herbicida se determinó mediante la medición visual del daño de malezas en comparación con el testigo (Elzinga, 2015); considerándose como una planta muerta, cuando no presentó ningún broto de por lo menos 1 cm durante la época de crecimiento. El daño del herbicida al pasto se evaluó con base en una escala de 11 categorías (Cuadro 1). Los cambios en la vegetación se monitorearon durante el verano del 2008, 2009, 2012 y 2015.

**Cuadro 1. Escala para evaluar el porcentaje de toxicidad en pastos nativos y zacate buffel en tres localidades del centro de Sonora 1, 4 y 7 veranos después de la aplicación foliar del herbicida, evaluaciones finales septiembre del 2015**

Clasificación	Efecto sobre los pastos
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

Fuente: SEMARNAT, 2014.

#### VARIABLES EVALUADAS

Las variables fueron: mortalidad de arbustos, densidad, altura y cobertura basal del pasto buffel, así como producción de forraje de los zacates nativos presentes, producción de forraje del zacate buffel y producción de forraje total de todos los pastos. La mortalidad de los arbustos se determinó por diferencia evaluando el número de plantas vivas y muertas en las parcelas tratadas (50 plantas/parcela). La densidad, altura y cobertura de plantas de zacate buffel se determinó en tres cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> distribuidos al azar en cada parcela (Cook y Stubbendieck). La densidad total de pastos se determinó contando el número total de plantas/cuadrante. La altura de los zacates se midió con una cinta métrica en 5 plantas seleccionadas al azar en cada cuadrante por parcela. La cobertura basal de los zacates se cuantificó en cada parcela experimental midiendo con cinta métrica lo largo y ancho de la corona de todos los pastos presentes en 3 cuadrantes de 1 m<sup>2</sup>, seleccionados al azar por parcela. La producción de forraje se estimó mediante cortes, utilizando 20 cuadrantes de 1 m<sup>2</sup>/parcela al azar y se determinó al final del periodo de crecimiento activo de las plantas durante los veranos de 2009 y 2012 y 2015. Los cortes se realizaron a 5 cm de altura sobre la superficie del suelo. Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 70 °C por 72 horas (Avery, 1975).

**Análisis estadísticos y corridas financieras**

Todas las variables evaluadas se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias utilizando la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) (Steel y Torrie, 1980). La información se analizó como trifactorial para determinar diferencias entre sitios y/o especies y fechas de evaluación para cada tratamiento (Cuadro 2). Posteriormente, como bifactorial para detectar diferencias entre tratamientos, años de evaluación y finalmente análisis de varianza sencillos para detectar diferencias entre tratamientos para cada sitio, utilizando el paquete estadístico Costat (CoHort Software, 1995).

Para determinar la rentabilidad del uso del herbicida Pastar® en el control de arbustos, se realizaron proyecciones financieras a 14 años utilizando dos escenarios. El primero donde se aplicó el herbicida Pastar® al 1% y el Testigo. En las corridas financieras se comparó la rentabilidad económica en cuanto a potencial de producción ganadera de un rancho de 1,000 hectáreas con praderas de zacate buffel en condición de regular a pobre e invadida con arbustos, con otro rancho de igual superficie que aplicó prácticas de control de arbustos. Se realizaron proyecciones individuales para cada predio.

**Cuadro 2. Resultados de análisis de varianza de pruebas para diferencias entre variables agronómicas evaluadas en respuesta al control químico de arbustos en tres localidades 1, 4 y 7 años después de la aplicación de los tratamientos en el centro de Sonora, México**

Variable	SC	CM	GL	F	P	Signif.
<b>Densidad</b>						
Tratamiento	349.65	349.65	1	1569.40	0.000	***
Rancho	109.12	54.60	2	244.90	0.000	***
Años	77.33	38.70	2	173.50	0.000	***
Año x Tratamiento	39.49	19.70	2	88.60	0.000	***
Año x Rancho	2.64	0.66	4	2.96	0.022	*
Tratamiento x Rancho	6.47	3.23	2	14.50	0.000	***
Año x Tratamiento x Rancho	3.54	0.89	4	3.97	0.004	**
<b>Altura</b>						
Tratamiento	32088.90	32088.90	1	1080.20	0.000	***
Rancho	3521.70	1760.80	2	59.30	0.000	***
Años	17893.80	8946.90	2	301.20	0.000	***
Año x Tratamiento	1925.70	962.80	2	32.40	0.000	***
Año x Rancho	4417.60	1104.40	4	37.20	0.000	***
Tratamiento x Rancho	269.70	134.90	2	4.50	0.123	*
Año x Tratamiento x Rancho	1555.50	388.90	4	13.10	0.000	***
<b>Cobertura</b>						
Tratamiento	770.10	770.10	1	1226.90	0.000	***
Rancho	513.70	256.90	2	409.30	0.000	***
Años	177.90	88.90	2	141.70	0.000	***
Año x Tratamiento	32.80	16.40	2	26.10	0.000	***
Año x Rancho	6.30	1.60	4	2.50	0.043	*
Tratamiento x Rancho	15.10	7.60	2	12.00	0.000	***
Año x Tratamiento x Rancho	15.80	3.90	4	6.30	0.000	***
<b>Producción de Forraje</b>						
Tratamiento	93.10	93.10	1	2226.50	0.000	***
Rancho	7.10	3.60	2	85.50	0.000	***
Años	82.90	41.50	2	991.40	0.000	***
Año x Tratamiento	28.80	14.40	2	344.60	0.000	***
Año x Rancho	1.90	0.46	4	11.20	0.000	***
Tratamiento x Rancho	1.40	0.71	2	17.10	0.000	***
Año x Tratamiento x Rancho	1.30	0.33	4	8.10	0.000	***

Fuente: Elaboración propia.

En cada caso se consideraron dos escenarios en las proyecciones: el escenario uno, que analizó la rentabilidad considerando la capacidad de producción de carne en función de la cantidad actual de forraje sin planes futuros de aplicar ninguna práctica de control de arbustos. En este caso se retroalimentó el modelo con los datos de producción de forraje resultantes durante 2009, 2012 y 2015. El escenario dos, incluyó la rehabilitación anual de 200 ha de buffel por un periodo de 5 años, con incrementos anuales correspondientes en la capacidad de producción de carne, en función del incremento en producción de forraje resultante de la rehabilitación. Las corridas financieras se realizaron con un *software* de computadora para el análisis y evaluación de proyectos de inversión agropecuarios (UNISON, 2008).

La producción anual de forraje considerada para cada año y para cada sitio de estudio, fue la producción real que se registró durante los años de evaluación. La capacidad de carga animal se calculó en cada escenario durante cada año y en cada sitio de estudio. Se consideró que una unidad animal (U.A.), equivale a una vaca adulta de 450 kg de peso vivo con su cría al pie, considerando que el consumo diario de forraje de una unidad animal U.A. es equivalente al 3% del peso vivo del mismo (13.5 kg de materia seca) y la utilización permitida fue siempre igual al 50% del forraje total disponible (Frost y Smith, 1991).

Los costos variables incluyeron: alimentación, suplementación mineral, medicamentos, gastos médicos, prueba de palpación, prueba de fertilidad de toros y fletes calculándose para cada escenario; además, el costo de cada variable se obtuvo un promedio de costos reales en 3 predios con características similares de la región. Los costos fijos incluyeron gastos de salarios, mantenimiento, reparación, corriente eléctrica, combustibles, pago de impuestos y otros. Para las variables productivas y reproductivas se consideró: una relación vaca toro 20:1, 75% de parición, 2% de mortalidad animal y 15% de vaquillas de remplazo. La misma capacidad de producción y reproducción se consideró para todos los años, en los dos escenarios analizados. Para los costos del herbicida Pastar®, se consideró la aplicación de 0.33 litros del producto por hectárea con un precio de \$225.00 por litro más \$200.00 por hectárea de aplicación (\$275.00/ha total). En todos los ranchos se consideró la aplicación de los herbicidas cada tercer año para evitar la re-invasión de las especies arbustivas en las praderas, durante los 14 años de la proyección.

## RESULTADOS

La precipitación registrada en los sitios de estudio, aunque fue variable entre sitios y años de evaluación, estuvieron cerca de la media normal de cada región y promedió 362.3, 547.6 y 287.6 mm (Figura 1). Las lluvias fueron adecuadas en cantidad y distribución y promovieron el crecimiento adecuado de la vegetación, razón por la cual se tuvieron resultados inmediatos con la aplicación del herbicida. Las hojas de las plantas aplicadas mostraron clorosis intensa, marchitez severa y pérdida completa de follaje durante los primeros 7 días de la aplicación del herbicida. Las hojas de las plantas aplicadas mostraron clorosis intensa, marchitez severa y pérdida completa de follaje durante los primeros 7 días de la aplicación.

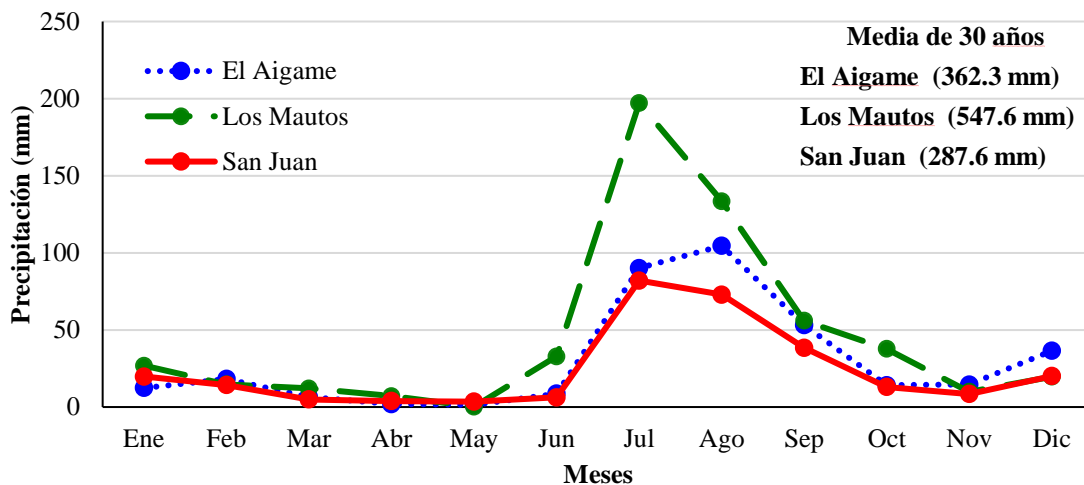


Figura 1. Precipitación mensual y anual recibida durante treinta años (1985-2015) en estaciones climatológicas más cercanas a los sitios de estudio (CONAGUA, 2019).

El herbicida Pastar al 1% aplicado al follaje de las plantas durante el periodo de crecimiento activo, resultó muy efectivo para el control de los arbustos eliminando el 100% de las plantas de mezquitillo, chírahui y vinorama. El zacate buffel y los zacates nativos grama china, liebrero, aceitilla, y tres barbas de semilla no resultaron fisiológicamente afectados por el herbicida en ningún sitio de estudio y durante ningún año de evaluación.

### Respuesta de variables agronómicas

La densidad de plantas de zacate buffel fue superior ( $P \leq 0.05$ ) en las áreas tratadas con Pastar® al 1% en comparación con el testigo en todos los sitios de estudio y años de evaluación. Consistentemente, se encontraron entre 3.7 y 4.7 plantas más de zacate buffel /m<sup>2</sup> en las áreas donde se controlaron los arbustos que en las áreas sin tratar (Cuadro 3). La altura de las plantas de zacate buffel fue 29 a 42 cm superior ( $P \leq 0.05$ ) en las áreas tratadas en comparación con el testigo en todos los sitios de estudio y años de evaluación. La cobertura basal del zacate buffel se vio también favorecida en las praderas donde se controlaron los arbustos. El zacate buffel obtuvo una cobertura basal 5.0 a 6.4% superior ( $P \leq 0.05$ ) en las parcelas tratadas con herbicidas (Cuadro 3), y varió de 12.1 a 16.1% en las áreas donde se controlaron los arbustos y de 7.1 a 10.9% en las áreas testigo.

La producción de forraje tanto de los pastos nativos como del zacate buffel, así como la producción total de forraje resultó superior ( $P \leq 0.05$ ) en las praderas de todos los sitios de estudio donde se controlaron los arbustos en comparación con los testigos. La producción total anual de forraje varió de 3.98 a 4.44 ton M.S./ha en las praderas donde se controlaron los arbustos y de 1.42 a 1.68 ton M.S./ha en los testigos durante el año de 2015 (Cuadro 4). La producción total de forraje se incrementó entre 147.2 y 211.5% en las praderas tratadas en comparación con las áreas testigo que produjeron entre 1.42 y 1.68 ton M.S./ha al final del estudio.

**Cuadro 3. Densidad, altura y cobertura basal de plantas de zacate buffel en tres localidades del centro de Sonora 1, 4 y 7 veranos después de la aplicación foliar del herbicida Pastar para control de chirahui<sup>1</sup>, vinorama<sup>2</sup> y mezquitillo<sup>3</sup> en tres Ranchos**

Año	Densidad de plantas (pl/m <sup>2</sup> )					
	El Aigame <sup>4</sup>		Los Mautos		San Juan	
	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo
2009	3.2 a	2.1 b	5.0 a	3.4 b	6.0 a	3.2 b
2012	4.5 a	2.0 b	6.7 a	3.7 b	6.2 a	3.5 b
2015	6.2 a	2.5 b	8.1 a	3.8 b	8.5 a	3.8 b

Año	Altura de plantas (cm)					
	El Aigame		Los Mautos		San Juan	
	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo
2009	81 a	62 b	89 a	73 b	108 a	77 b
2012	92 a	75 b	104 a	82 b	114 a	79 b
2015	126 a	84 b	137 a	95 b	115 a	86 b

Año	Cobertura basal (%)					
	El Aigame		Los Mautos		San Juan	
	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo
2009	7.9 a	5.7 b	10.8 a	7.7 b	13.5 a	8.8 b
2012	9.4 a	6.0 b	13.7 a	8.2 b	14.3 a	10.6 b
2015	12.1 a	7.1 b	15.0 a	8.6 b	16.1 a	10.9 b

<sup>1</sup> Chírahui (*Acacia cochliacantha* Humb & Bonpl Willd.).

<sup>2</sup> Vinorama (*Acacia constricta* A. Gray).

<sup>3</sup> Mezquitillo (*Mimosa dysocarpa* Benth.).

<sup>4</sup> Para cada sitio y año, medias entre tratamientos seguidas por literales distintas son diferentes de acuerdo con Duncan ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 4. Producción de forraje de zacates nativos, buffel y producción total acumulada en tres localidades del centro de Sonora 1, 4 y 7 veranos después de la aplicación del herbicida Pastar para control de chirahui<sup>1</sup>, vinorama<sup>2</sup> y mezquitillo<sup>3</sup> en los tres ranchos**

Año	Producción de forraje de zacates nativos (ton M.S./ha)					
	El Aigame <sup>4</sup>		Los Mautos		San Juan	
	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo
2009	0.195 a	0.087 b	0.176 a	0.118 b	0.226 a	0.128 b
2012	0.220 a	0.187 b	0.210 a	0.180 b	0.280 a	0.190 b
2015	0.390 a	0.240 b	0.340 a	0.230 b	0.356 a	0.187 b

Año	Producción de forraje de zacate buffel (ton M.S./ha)					
	El Aigame		Los Mautos		San Juan	
	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo
2009	0.90 a	0.50 b	1.40 a	0.60 b	1.45 a	0.75 b
2012	1.70 a	0.90 b	2.30 a	1.10 b	2.80 a	1.30 b
2015	3.60 a	1.20 b	4.10 a	1.30 b	3.80 a	1.50 b

Año	Producción acumulada de forraje de zacates nativos más buffel (ton M.S./ha)					
	El Aigame		Los Mautos		San Juan	
	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo	Pastar	Testigo
2009	1.095 a	0.586 b	1.596 a	0.717 b	1.676 a	0.968 b
2012	1.920 a	1.086 b	2.510 a	1.280 b	3.081 a	1.491 b
2015	3.985 a	1.442 b	4.440 a	1.425 b	4.156 a	1.681 b

<sup>1</sup> Chirahui (*Acacia cochliacantha* Humb & Bonpl Willd.).

<sup>2</sup> Vinorama (*Acacia constricta* A. Gray).

<sup>3</sup> Mezquitillo (*Mimosa dysocarpa* Benth.).

<sup>4</sup> Para cada sitio y año, medias entre tratamientos seguidas por literales distintas son diferentes de acuerdo con Duncan ( $P \leq 0.05$ ).

### Corridas financieras

Se realizaron corridas financieras por predio y considerando la media de los tres sitios. Las corridas financieras indican que, los resultados pueden ser variables entre los predios por diferencias en suelos, clima y manejo y son una opción viable para incrementar la rentabilidad (Figura 2). Considerando como base la proyección de 1,000 hectáreas, los predios que utilicen esta tecnología pueden ganar adicionalmente entre \$56.9 y \$7,222.3 pesos/ha anualmente.

Considerando las proyecciones financieras en los tres sitios, si no aplica ninguna tecnología, este puede ganar entre \$56.9 y \$1,179.6 pesos por hectárea por año. Si se aplica el programa continuo de control de arbustos, durante los primeros seis años, aunque las inversiones son altas, se pueden ganar entre \$78.4 y \$587.7 pesos por hectárea anualmente, siendo a partir del séptimo año cuando se empiezan a lograr las ganancias reales en comparación con el predio similar sin aplicar prácticas control de arbustos. La ganancia anual promedio durante los 14 años de proyección es de \$509.7 y \$1,563.5 pesos/ha, en un predio sin y con la aplicación de prácticas de control de arbustos, respectivamente; por lo que el predio, bajo estas condiciones, gana en promedio anualmente \$1,053.8/ha (Cuadro 5).

Como resultado tanto del control de arbustos que promovió la emergencia de plántulas y el incremento en cobertura basal, altura, y producción de forraje de las ya existentes, la capacidad de pastoreo o las unidades animal (U.A.) se incrementaron ( $P \leq 0.05$ ) significativamente en las áreas donde se controlaron los arbustos con Pastar al 1% (Cuadro 5) y fue evidente en todos los sitios de estudio y años de evaluación. El número de U.A. se incrementó en un 176.3, 211.9 y 144.0% durante los 14 años de evaluación en las parcelas tratadas con Pastar al 1% en los ranchos el Aigame, Los Mautos y San Juan, respectivamente.



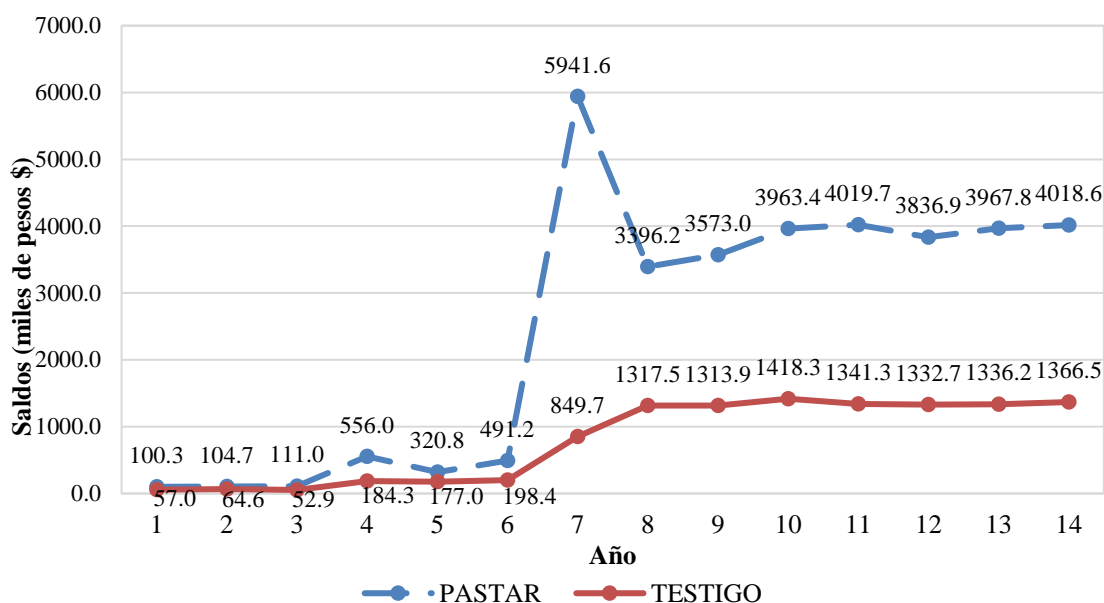


Figura 2. Proyección de la rentabilidad promedio de la producción de un rancho con 1,000 hectáreas de praderas de zacate buffel invadidas por arbustos en el Rancho El Aigame, Los Mautos y San Juan manejadas con y sin la opción de control químico con Pastar® al 1.0% en la región central de Sonora.

Cuadro 5. Características Productivas y Reproductivas, Ganancia neta anual (\$/U.A.) y Ganancia neta anual (\$/ha) utilizadas en las proyecciones económicas en tres predios ganaderos del centro de Sonora, México<sup>1</sup>.

Tratamiento	Producción de Forraje Ton M.S./ha	Capacidad de Carga ha/U.A. <sup>2</sup>	Producción de Crías kg/U.A. <sup>2</sup>	Producción de Crías kg/ha	Ganancia Neta Anual \$/U.A. <sup>2</sup>	Ganancia Neta Anual \$/ha
<b>Rancho El Aigame</b>						
Pastar 1.0%	3.985	3.09	184.2	59.6	11,112.3	3,594.8
Testigo	1.442	8.54	95.6	11.2	9,962.1	1,166.6
Diferencia	2.543 ↑ <sup>3</sup>	5.45 ↓	88.6 ↑	48.4 ↑	1,150.2 ↑	2,428.2 ↑
<b>Rancho Los Mautos</b>						
Pastar 1.0%	4.440	2.77	177.5	64.0	12,547.3	4,522.0
Testigo	1.425	8.64	117.5	13.6	10,467.6	1,211.1
Diferencia	3.015 ↑	5.87 ↓	60.0 ↑	50.4 ↑	2,079.7 ↑	3,310.9 ↑
<b>Rancho San Juan</b>						
Pastar 1.0%	4.156	3.00	147.8	49.2	12,476.1	4,152.1
Testigo	1.681	7.32	108.4	14.8	10,812.4	1,475.9
Diferencia	2.475 ↑	4.32 ↓	39.4 ↑	34.4 ↑	1,663.7 ↑	2,676.2 ↑

<sup>1</sup> Para las proyecciones se consideraron 1,000 ha praderas de zacate buffel, 7 años después de ser tratadas con el herbicida Pastar® al 1% para el control de arbustos y Testigo

<sup>2</sup> U. A. = Una vaca de 450 kg con su cría al pie.

Consumo diario de M. S. por U.A. equivalente al 3% de su peso vivo = 13.5 kg.

Se asigna un 50% de uso (40% para el pastoreo de ganado bovino y 10% para fauna silvestre mayor y menor).

<sup>3</sup> ↑ Incremento y ↓ Decremento.

## DISCUSIÓN

La práctica de rehabilitación de agostaderos mediante el control de arbustos menos forrajeros, indeseables, invasores y tóxicos, por diferentes medios ha sido analizada en diversas regiones y ambientes agroecológicos (Dunn *et al.*, 2010) y en la mayoría de los casos han resultado positivas. Las inversiones en el control de la vegetación indeseable para aumentar la producción de forraje tienen el potencial de aumentar la producción de carne roja, los ingresos del rancho y otros beneficios para la sociedad, como la reducción de la erosión del suelo, promover el establecimiento de especies, incrementar la biodiversidad y contribuir al desarrollo sustentable (Workman, 1995).

Los ganaderos deberían tratar de mantener o mejorar la capacidad de producción de los ranchos para preservar los valores inmobiliarios y el poder de endeudamiento durante tiempos de no inflación (Workman, 1995). Se ha encontrado que el pastoreo de ganado durante largos períodos de tiempo en tierras de pastoreo pobres no es económicamente sostenible (Martin *et al.*, 2019; Workman, 1986; Dunn *et al.*, 2010). Si un rancho elige una carga animal que excede la capacidad de carga, la disminución asociada en la productividad podría amenazar la sostenibilidad a largo plazo del rancho (Valentine, 2001; Holechek *et al.*, 1999; Holechek *et al.*, 2004).

Está comprobado que la eliminación de especies arbustivas invasoras incrementa la densidad y cobertura de pastos en los agostaderos (Torres, 1989). La respuesta de la vegetación es el resultado de la reducción de la competencia que promueve el establecimiento de especies forrajeras en las áreas previamente ocupadas por las especies invasoras (Holechek *et al.*, 2004). Resultados similares se reportan en otros trabajos como consecuencia de la reducción de la competencia de las especies arbustivas controladas (Del Ci y Becerra, 1981; Ibarra *et al.*, 1987).

Los resultados encontrados en este estudio, al igual que los reportados por otros autores, muestran que las coronas de los zacates respondieron positivamente a la reducción de la competencia de las especies arbustivas en las praderas de zacate buffel. Tanto la densidad como la altura, cobertura basal y la producción de forraje de los zacates nativos, del zacate buffel así como la producción total de forraje se vio incrementada con el control de arbustos invasores en las praderas. Al igual que en otros estudios realizados en diversos ambientes (Holechek *et al.*, 2004), la reducción de las especies que compiten en el agostadero promueve la respuesta de la vegetación deseable de pastos.

Los resultados encontrados indican que aunque el herbicida Pastar al 1% aplicado al follaje durante el verano controla el 100% de las poblaciones de plantas de chírahui, mezquitillo y vinorama menores de 1.6 m de altura en praderas de zacate buffel, no todas las praderas tienen la misma capacidad de recuperarse después del control de arbustos, por lo que se recomienda utilizar esta práctica preferentemente en praderas que presenten una buena densidad y cobertura de zacates al momento del tratamiento. Para mejores resultados se sugiere que las praderas tengan por lo menos 3.0 plantas de buffel/m<sup>2</sup>, una cobertura basal de 8%, buen vigor de plantas y que durante la temporada verde alcancen una altura de 75 cm (Martin *et al.*, 2019; Ibarra *et al.*, 1999).

Estos incrementos en la capacidad de carga de los ranchos son muy importantes considerando que permiten hacer más eficiente y rentable la producción ganadera de los mismos (Martin *et al.*, 2001; Ibarra *et al.*, 1999). Resultados similares en la respuesta de la vegetación se reportan en Texas, Utah y Wyoming con la aplicación de prácticas de control de arbustos y manejo del pastoreo (Workman, 1986; Johnson, 1999; Valentine, 2001).

Estudios económicos realizados en otros ambientes agroecológicos donde se emplearon diversas prácticas de control de arbustos y opciones de pastoreo de ganado en agostaderos indican que el control de mezquite brinda incrementos máximos en capacidad de pastoreo a partir de los primeros 3 años, mientras que el control mecánico puede que no produzca un retorno hasta después de 3 o 4 años (Valentine, 2001; Workman y Tanaka, 1991) y se requieren de cinco a nueve años para recuperar la inversión inicial de la aplicación aérea de herbicidas para el control de mezquite. Por otro lado, se reporta que el período requerido para recuperar la inversión en los tratamientos de control de arbustos es de aproximadamente 8

años (Johnson, 1999). Manejar matorrales tanto para la producción ganadera como para el hábitat de la vida silvestre lleva tiempo. Al menos 15 años deberían estar disponibles para la recuperación de la inversión, ya que los beneficios económicos rara vez compensan los costos del tratamiento inicial más los costos adicionales en el corto plazo.

Está demostrado que la medición de los costos para rastrear la rentabilidad real en los hatos ganaderos ha sido una tarea difícil (Holechek *et al.*, 1994; Boggs *et al.*, 1997; Taylor y Field, 2019). En los Estados Unidos se estima que menos del 10% de los productores ganaderos calculan adecuadamente el costo de producción y enfatizan que bajo estas circunstancias es casi imposible ser económicamente eficiente ya que es difícil administrar lo que no se mide (Workman y Tanaka, 1991).

Otros autores recomiendan fuertemente la diversificación de los activos, el mantenimiento de un alto grado de liquidez y la conservación de una parte importante de los recursos financieros donde recibirán el mayor rendimiento (Holechek *et al.*, 1994; Taylor y Field, 2019). Estudios sugieren que un ganadero que aplica control de mezquite puede ganar \$ 48.77/ha y resulta mejor invertir en el establecimiento de pastos que hacer una inversión equivalente en una cuenta de ahorros pagando una tasa anual real del 5% en un horizonte de planificación de 20 años (Holechek *et al.*, 1994).

En el presente estudio se demuestra que es económicamente rentable rehabilitar praderas de buffel invadidas por arbustos en el desierto de Sonora. Con su aplicación, es posible incrementar anualmente entre 35.6 y 92.7% la producción de crías en las vacas en los ranchos, lo que equivale a producir anualmente entre 34.4 y 50.4 kg de cría adicional/ha (Cuadro 5). Lo que representa una ganancia neta anual que fluctúa de \$1,150.2 a \$ 2,079.7 pesos/U.A., que equivale a una ganancia neta anual adicional de \$2,428.2 a \$3,310.9 pesos por/ha. En este estudio, los análisis financieros muestran que normalmente, las ganancias son bajas durante los primeros seis años después del control de arbustos, debido a que las inversiones son fuertes, por un lado porque se están rehabilitando 200 ha anualmente y hay años en que hasta 400 ha pueden estar en rehabilitación en forma simultánea, además al inicio, no sale mucho ganado a venta ya que se queda en el rancho para aprovechar al máximo la respuesta del forraje adicional disponible resultante de la aplicación de esta práctica. Después del sexto o séptimo año, una vez que se estabiliza la inversión en los predios, se comienza a tener ganancias significativas como resultado de la aplicación de la práctica, pero solamente los predios con praderas en buena condición tienen más posibilidades de lograr las mejores ganancias. Los predios con problemas de invasión de arbustos que no cuentan con una buena densidad y cobertura de zacate buffel tienen poca factibilidad desde el punto de vista financiero de mejorarse mediante esta práctica y pueden requerir de la aplicación de otras estrategias para incrementar primero la densidad y cobertura del pasto en las praderas. No hay que olvidar que se trata de inversiones fuertes de lenta recuperación.

### CONCLUSIONES

Se concluye que el herbicida Pastar® al 1% en agua fue igual de efectivo en el control del chírahui, vinorama y mezquitillo en praderas de zacate buffel. El herbicida no causó daño al zacate buffel ni a los zacates nativos aceitilla, grama china, liebrero y tres barbas de semilla que crecían abajo del dosel y alrededor de los arbustos aplicados. El herbicida aplicado al follaje durante la época de crecimiento activo es una buena opción para el control de estas malezas en las praderas de zacate buffel del Desierto de Sonora. La respuesta de gramíneas al control de arbustos es lenta, por lo que se requiere de periodos largos de evaluación (3 a 7 años) para detectar los incrementos en forraje después del control de arbustos. Se comprueba que, desde el punto de vista financiero, sí es económicamente rentable rehabilitar praderas de buffel invadidas por arbustos como chírahui, vinorama y mezquitillo, siendo posible incrementar entre un 78 y 93% el potencial de producción de las praderas después del control de arbustos. Aunque la efectividad del herbicida Pastar® es del 100% en las especies probadas, no es recomendable rehabilitar praderas de buffel deterioradas con bajas densidades y coberturas del pasto dada su poca respuesta causada por su bajo y lento potencial biológico de recuperación y el asociado bajo potencial económico de retorno de la inversión que se requiere.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Archer, S. R. and K. I. Predick. 2014. An ecosystem services perspective on brush management: research priorities for competing land-use objectives. *Journal of Ecology* (102):1394–1407.
- Avery, T. E. 1975. *Natural Resources Measurements*. Second Edition. McGraw-Hill Book. New York, N.Y., USA.
- Boggs, D., and E. Hamilton. 1997. Cow/Calf Analysis: Key indicators of profitability. Range Beef Cow Symposium. 167. <http://digitalcommons.unl.edu/rangebeefcow symp/167>.
- CoHort Software. 1975. CoStat statistical software. Version 5.01. Co-Hort Software, Minneapolis, MN. USA.
- CONAGUA, 2019. Comisión Nacional del Agua. Servicio Meteorológico Nacional. Normales climatológicas por estación. Sonora. [http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75). Consultado el 12 de febrero de 2019.
- Cook, W. C. and J. Stubbendieck. 1986. *Range Research: Basic problems and techniques*. Society for Range Management Ed. First edition. Denver, Colorado. USA. 317p.
- COTECOCA, 1988. Tipos de vegetación, sitios de productividad forrajera y coeficientes de agostadero del estado de Sonora. *Hermosillo, Sonora, México*. (1):1-361.
- Del Cid, N. V. y J. A. Becerra. 1981. Control químico de rama blanca (*Encelia farinosa*). Resumen de Avances de Investigación del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.
- Dow-AgroSciences. 2016. Pastar Ficha Técnica. <http://innovacionagricola.com/wpcontent/uploads/2016/10/Pastar-FICHA-TECNICA-PDF.pdf>. 2016. Consultado en mayo de 2019.
- Dunn, B. H., A. J. Smart, R. N. Gates, P. S. Johnson, M. K., Beutler, M. A. Diersen and L. L. Janssen. 2010. Long-term production and profitability from grazing cattle in the Northern Mixed Grass Prairie. *Rangeland Ecology and Management* 63(2):233-242.
- Elzinga, C. L., D. W. Salzer and J. W. Willoughby. 2015. *Measuring and Monitoring plant populations*. Bureau of Land Management Editors. Denver, Colorado. USA. 492p.
- Felger, R. S. and B. Boyles. 2007. *Dry borders: Great natural reserves in the Sonoran Desert*. University of Utah Press. First edition. Salt Lake City, Utah. USA. 816p.
- Frost, W. E., and E. L. Smith. 1991. Biomass productivity and range condition on range sites in southern Arizona. *Journal of Range Management* 44(1):64-67.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Hanselka, C. W. 1988. Buffelgrass–South Texas wonder grass. *Rangelands* 10:279-281.
- Hanselka, C. W., M. A. Hussey and F. Ibarra F. 2004. Chapter 13 Buffelgrass. In: Warm-season (C<sub>4</sub>) grasses. Number 45 Agronomy Series. Amer. Soc. Agr., Crop. Sci. Soc. Of Am., Soil Science Society American. Madison, Wisconsin, USA. 477-502p.

- Holecheck, J. L., R. D. Pieper and C. H. Herbel. 2004. Range management principles and practices. Fifth Edition. Upper Saddle River, NJ. USA. Pearson Prentice Hall. 607p.
- Holecheck, J. L., J. Hawkes and T. D. Darden. 1994. Macroeconomics and cattle ranching. *Rangelands* 16(3):118-123.
- Holecheck, J. L., M. Thomas, F. Molinar and D. Galt. 1999. Stocking desert rangelands: what we've learned. *Rangelands* 21(6):8-12.
- Hruska, T. D. Toledo, R. Sierra-Corona and V. Solís-Gracia. 2017. Social-ecological dynamics of change and restoration attempts in the Chihuahuan Desert grasslands of Janos Biosphere Reserve, Mexico. *Plant Ecology* 218(1):67-80.
- Ibarra, F. F., M. H. Martín R., R. Garza O., S. Moreno M. y R. Retes L. 2016. Rentabilidad del uso del herbicida Tronador para el control de invasiones de rama blanca en praderas de zacate buffel en Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 39:489-499.
- Ibarra, F. F., M. H. Martín R., H. y Miranda Z. 1999. Rehabilitación de praderas de zacate buffel invadidas por arbustos mediante el uso de la quema prescrita. *Técnica Pecuaria en México* 37(3):9-22.
- Ibarra, F., M. Martín, C. Cajal *et. al.* 1987. Importancia del buffel en el aprovechamiento del pastizal y recomendaciones para su establecimiento y manejo derivado de la investigación regional. Banamex Ed. Memorias del IV Simposio Internacional de ganadería. Hermosillo, Sonora, México. 53-65 p.
- Johnson, P, A. Gerbolini, D. Ethridge C. Britton and D. Ueckert. 1999. Economics of redberry juniper control in Texas Rolling Plains. *Journal of Range Management* 52(6):569-574.
- Martin, R. M., F. A. Ibarra, S. Moreno M., J. R. Martínez, R. y R. Retes L. 2019. Impacto económico de los biosólidos en la rehabilitación de praderas viejas de zacate boer en el norte de Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 44:158-168.
- Martin-R, M. H., J. R. Cox and F. Ibarra-F. 1995. Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonoran Desert. *Journal of Range Management* 48(1):60-63.
- Martin-Rivera, M., F. Ibarra-Flores, F. S. Guthery, W. P. Kublesky Jr. G. Camou-Luders, J. J. Fimbres-Preciado and D. Johnson-Gordon. 2001. Habitat improvement for wildlife in north-central Sonora, Mexico. *Shrubland Ecosystem Genetics and Biodiversity: Proceedings. USDA-Forest Service, Rocky Mtn. Res. Sta. Proceedings RMRS-P-21. Provo, Utah, USA. 356-360 p.*
- Morton, H. L., F. A. Ibarra-F, M. H. Martin-R. and J. R. Cox. 1990. *Creosotebush* control and forage production in the Chihuahuan and Sonoran Deserts. *Journal of Range Management* 43(1):43-48.
- SEMARNAT. 2014. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Inventario Estatal Forestal y de Suelos – Sonora 2014. México. 2014:20. Consultado el 28 de marzo de 2019.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. New York, USA: McGraw-Hill Book Co.
- Taylor, R. E. and T. G. Field. 1995. Achieving Cow/Calf profitability through Low-Cost production. Beef Cow Symposium 199. Proceedings, The Range Beef Cow Symposium XIV. December 5-7. Gering, Nebraska. University of Nebraska – Lincoln. USA. <http://digitalcommons.unl.edu/rangebeefcow symp/> 1995. Accessed April 30, 2019.

Torres, R, F. Ibarra y M. Martín. 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. CIPES. Hermosillo, Sonora, México.

UNISON, 2008. Universidad de Sonora. Sistema único de evaluación de proyectos. Versión Windows 1.0. Hermosillo, Son. México.

Valentine, J. F. 2001. Grazing Management. Second Edition. San Diego, California, USA. California Academic Press, Inc. 659 p.

Wonkka, C. L., D. Twidwell J., B. West and W. E. Rogers. 2016. Shrubland resilience varies across soil types: implications for operationalizing resilience in ecological restoration. Ecological Applications 26(1):128-145.

Workman, J. P. 1986. Range economics. Inc. First Edition. New York, USA. Macmillan Publishing: 217p.

Workman, J. P. 1995. The value of increased forage from improved rangeland condition. Rangelands 17(2):46-48.

Workman, J. P. and J. A. Tanaka. 1991. Economic and feasibility and management considerations in range revegetation. Journal of Range Management 44:566-573.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a los propietarios de los Rancho San Juan, El Aigame y Los Mauto del estado de Sonora, Mexico, a la compañía DowAGrociencia por su apoyo económico para el desarrollo del estudio, así como a los técnicos que apoyaron en la colección de datos de campo que con su esfuerzo y tiempo dedicado se llevó a cabo la presente investigación.

**Artículo recibido el día 16 de abril de 2020 y aceptado para su publicación el día 03 de noviembre de 2020.**