

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



FRECUENCIA E INTENSIDAD DE PASTOREO CON CABRAS PARA CONTROLAR  
*Salsola Kali* EN AGOSTADERO DEL NORTE DE MÉXICO.

Tesis

Que presenta EDITH DEL CARMEN MARTÍNEZ RUIZ

como requisito parcial para obtener el Grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Marzo, 2022

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

## SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



FRECUENCIA E INTENSIDAD DE PASTOREO CON CABRAS PARA  
CONTROLAR *Salsola Kali* EN AGOSTADERO DEL NORTE DE MÉXICO

Tesis

Que presenta EDITH DEL CARMEN MARTÍNEZ RUIZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

  
Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Director UAAAN

  
Dr. Jaime Molina Ochoa  
Director Externo CUIDA, Colima

Torreón, Coahuila

Marzo 2022

FRECUENCIA E INTENSIDAD DE PASTOREO CON CABRAS PARA  
CONTROLAR *Salsola Kali* EN AGOSTADERO DEL NORTE DE MÉXICO

Tesis

Elaborada por EDITH DEL CARMEN MARTÍNEZ RUIZ como requisito parcial  
para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Producción Agropecuaria con la  
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



---

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Asesor Principal



---

Dr. Jaime Molina Ochoa  
Asesor



---

Dr. Oscar Ángel García  
Asesor



---

Dra. Viridiana Contreras Villarreal  
Asesor



---

Dr. Rafael Rodríguez Martínez  
Asesor



---

Dr. Evaristo Carrillo Castellanos  
Asesor



---

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Jefe del Departamento de Postgrado



---

Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Subdirector de Postgrado

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar deseo expresar mi agradecimiento a Dios por bendecir mi vida, por guiarme en cada paso, ser el apoyo y fortaleza de aquellos momentos de dificultad y debilidad, brindarme la paciencia y sabiduría para culminar con éxito una meta más.

Agradezco a mis padres por ser pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, por su inspiración y amor, he concluido mi mayor meta.

Un agradecimiento a la Universidad por darme una oportunidad más al aceptarme en el Doctorado, que hoy culmina.

Un agradecimiento muy especial ya que sin ella no hubiera sido posible terminar, a la Dra. Leticia Gaytán, mi asesora quien estuvo durante todo momento brindándome su apoyo, su confianza, paciencia, orientándome en cada momento, guiándome en el desarrollo de la investigación y ser fortaleza para culminar con éxito esta etapa tan importante en mi vida.

Pero un trabajo de investigación es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin ellos no tendríamos la fuerza, la energía, que nos anima a crecer como personas y como profesionales, por ello agradezco a cada uno de los doctores que formaron parte de este proyecto, principalmente al Dr. Veliz, Dr, Rafael Rodríguez, Dr. Evaristo Carrillo.

Agradezco a mis amigas Andrea, Eloisa, por ser ese apoyo moral, motivación, brindarme su compañía y amor durante este trayecto, se convirtieron en amigas de vida y diversión.

A todos, muchas gracias.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado con mucho amor y gratitud a dos seres muy importantes en mi vida, ejemplos de honestidad, esfuerzo, perseverancia, mis padres Gerardo y Teresa, la dedico también a mis amadas hijas Victoria y Amalia que son mi motor para seguir esforzándome día a día, en ser una mejor persona y ser gran ejemplo para ellas en su vida, la dedico a mis hermanas Geovanina y Deyanira quienes estuvieron brindándome su apoyo y palabras de aliento en momentos difíciles, a mis amigas y compañeros quienes estuvieron apoyándome incondicionalmente.

Esto fue posible gracias a ustedes... Muchas gracias.

## CARTA DE ACEPTACIÓN DE ARTÍCULO

**From:** Dr. Efraín de la Cruz Lázaro editorera1@ujat.mx   
**Subject:** [ERA] Decisión del editor/a  
**Date:** 14 February 2022, 9:21  
**To:** Edith del Carmen Martínez Ruiz edith\_capric@yahoo.com.mx, Juan Manuel Guillen Muñoz mvz\_guillen@hotmail.com, Oscar Ángel García mvz.oscar\_2207@hotmail.com, Dalia Ivette Carrillo Moreno dalia.ivettecm@gmail.com, Ma de los Angeles de Santiago Miramontes angelesdesantiago867@gmail.com, Viridiana Contreras Villarreal dra.viridianac@gmail.com, Francisco Gerardo Véliz Deras velizderas@gmail.com, Leticia Gaytán Alemán zukygay\_7@hotmail.com

---

Edith del Carmen Martínez Ruiz, Juan Manuel Guillen Muñoz, Oscar Ángel García, Dalia Ivette Carrillo Moreno, Ma de los Angeles de Santiago Miramontes, Viridiana Contreras Villarreal, Francisco Gerardo Véliz Deras, Leticia Gaytán Alemán:

Hemos tomado una decisión sobre su envío a Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, "Efectos de la frecuencia de pastoreo de las cabras en la supresión de tres especies de plantas del agostadero".

Nuestra decisión es: Aceptado

Dr. Efraín de la Cruz Lázaro Editor Ecosistemas y Recursos Agropecuarios

---

Ecosistemas y Recursos Agropecuarios <http://era.ujat.mx>



B-3081  
aceptado.docx

## CARTA DE ENVÍO DE ARTÍCULO

**From:** Sergio Martínez-González abanicoveterinario@gmail.com  
**Subject:** Re: Envío de artículo para su consideración  
**Date:** 19 November 2021, 13:29  
**To:** Viridiana Contreras dra.viridianac@gmail.com



ABANICO VETERINARIO ISSN 2007-428X Impreso, 2448-6132 Internet web  
<https://abanicocademico.mx/revistasabanico/index.php/abnico-veterinario/index>

### ACUSE DE RECIBO PARA AUTORES Recibido 28 10 21

Clave 2021-73

#### Effects of stocking density and grazing frequency of goats on *Salsola kali* suppression

Efectos de la densidad de población y la frecuencia de pastoreo de las cabras en la supresión de *Salsola kali*

Edith Martínez-Ruiz<sup>ID</sup>, Oscar Ángel-García<sup>ID</sup>, Dalia Carrillo-Moreno<sup>ID</sup>,  
 Angeles de-Santiago-Miramontes<sup>ID</sup>, Viridiana Contreras-Villarreal<sup>ID</sup>, Leticia  
 Gaytán-Alemán<sup>ID\*</sup>

Una vez que recibimos un documento, el procedimiento interno es el siguiente:

**Primero.** El Comité Editorial y el Editor de la revista realizan una revisión general preliminar para determinar si cumple con las indicaciones para los autores. Si el trabajo no cumple, no será enviado al proceso de evaluación por pares académicos y se notificará al autor(es) mediante correo electrónico a más tardar en 10 días.

**Segundo.** De cumplir con las indicaciones para los autores, pasará al proceso de evaluación por pares académicos, donde especialistas nacionales e internacionales evaluarán el artículo de acuerdo a criterios ya establecidos por la revista, con respecto a pertinencia, originalidad, relevancia científica y académica, y emitirán una resolución sobre si el artículo propuesto merece ser publicado o no, y en su caso en qué condiciones. Es de aclarar que se trabaja con la política de ciencia abierta donde los árbitros tienen conocimiento de los autores y los autores saben quién revisó su manuscrito, en caso de presentarse la combinación de un "No aceptado" con "Aceptado con recomendaciones" o "Aceptado", se enviará a un tercer evaluador. Primero se envía al árbitro 1, segundo a los autores, tercero al árbitro 2, cuarto a los autores y si es necesario a un tercer árbitro. Si dos evaluaciones son de "No aceptado" implica el rechazo del artículo. En cualquier caso, se le notificará al autor(es) la decisión de los evaluadores, así como sus recomendaciones y observaciones, para que considere ajustarlo a los criterios ya establecidos en las Indicaciones para los autores.

**Tercero.** Para los artículos Aceptados y Aceptados con recomendaciones se les notificará a los autores, el cual deberá enviar la versión corregida por medio de un mensaje electrónico señalando que tomó en cuenta y que realizó todas las observaciones recomendadas por los evaluadores y/o el comité editorial.

**Cuarto.** Cuando el Editor reciba el texto en la versión corregida del autor, el manuscrito será revisado y ajustado por el Editor de la revista, según considere pertinente para adecuarlo a las normas y políticas editoriales de la revista. Sin embargo, el Editor les enviará a los autores para su lectura la galera final antes del envío a imprenta.

**Quinto.** Dicho artículo será publicado una vez enviado el comprobante de depósito del pago de depositar \$9,860.00 pesos mexicanos. En México depositar en Banco Scotiabank, Cuenta Bancaria 01401150472, CLABE INTERBANCARIA 044560014011504728. A Nombre de Sergio Martínez González. En otros países podrá pagar por PayPal o Conecta. Enviar depósito escaneado, datos de dirección postal y datos para factura.

Sobre cualquier duda, quedamos a su disposición.

Favor de contestar en este mismo correo, para dar mejor seguimiento al manuscrito y así se forma la cadena o historia de archivos y revisiones del manuscrito. Usar la función **Responder**, aquí abajo.

Sergio Martínez González. Móvil Cel (52-311) 1221626

ABANICO ACADEMICO

**Editor en Jefe de las revistas** ABANICO VETERINARIO (JCR, Index de CONACYT) y ABANICO AGROFORESTAL. **Coordinador de los congresos:** Congresos Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal, Pesquero y Acuícola. Congreso Virtual Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal, Pesquero y Acuícola.

<https://abanicoacademico.mx/>

<https://www.facebook.com/abanicoacademico/>

El jue, 28 oct 2021 a las 0:28, Viridiana Contreras (<[dra.viridianac@gmail.com](mailto:dra.viridianac@gmail.com)>) escribió:

SERGIO MARTÍNEZ GONZÁLEZ

Editor en Jefe de la revista ABANICO VETERINARIO

Por medio de la presente envío el siguiente artículo para ser considerado en su publicación en la revista Abanico Veterinario. De antemano agradezco su atención y le envío un cordial saludo.

Atentamente,

Dra. Viridiana Contreras Villarreal - Colaborador

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán - Autor de correspondencia

## TABLA DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>5</b>
<b>CARTA DE ACEPTACIÓN DE ARTÍCULO</b> .....	<b>6</b>
<b>CARTA DE ENVÍO DE ARTÍCULO</b> .....	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>10</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>14</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 Pastoreo extensivo de cabras</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2 Comportamiento selectivo de las cabras</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3 Plantas invasoras en agostaderos</b> .....	<b>16</b>
<b>2.4 <i>Salsola Kali</i></b> .....	<b>18</b>
2.4.1 Crecimiento y desarrollo de <i>Salsola Kali</i> .....	19
2.4.2 Reproducción de <i>Salsola Kali</i> .....	20
2.4.3 Requerimientos ecológicos del género <i>Salsola</i> .....	21
2.4.4 Alternativa como fuente de forraje de <i>Salsola Kali</i> .....	21
<b>2.5 <i>Solanum elaeagnifolium</i></b> .....	<b>23</b>
2.5.1 Morfología.....	23
2.5.2 Reproducción y Dispersión de las semillas .....	24
2.5.3 Alternativa como fuente de forraje <i>Solanum elaeagnifolium</i> .....	25
<b>2.6 <i>Prosopis spp</i></b> .....	<b>25</b>
<b>2.7 Estrategias de consumo para contrarrestar el efecto negativo de plantas de agostadero</b> .....	<b>26</b>
<b>III. REFERENCIAS</b> .....	<b>28</b>
<b>ARTÍCULO ACEPTADO</b> .....	<b>34</b>
<b>ARTÍCULO ENVIADO</b> .....	<b>44</b>
<b>CONCLUSIÓN GENERAL</b> .....	<b>51</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Rama de <i>Salsola kali</i> con frutos inmaduros.....	7
<b>Figura 2.</b> Planta completa de <i>Salsola kali</i> y división de sus partes.....	9
<b>Figura 3.</b> Planta de <i>Solanum elaeagnifolium</i> .....	12
<b>Figura 4.</b> Características morfológicas de <i>prosopis</i> .....	14

## RESUMEN

### FRECUENCIA E INTENSIDAD DE PASTOREO CON CABRAS PARA CONTROLAR *SALSOLA KALI* EN AGOSTADERO DEL NORTE DE MÉXICO.

Edith del Carmen Martínez Ruiz

Doctorado en Ciencias en Producción Agropecuaria  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dra. Leticia R. Gaytán Alemán

Se realizó un estudio para evaluar los efectos de la intensidad de cabras y la frecuencia de pastoreo sobre la densidad de población de forraje, área foliar y la producción de biomasa de *Salsola kali*, *Solanum eleagnifolium* y *Prosopis* spp. La carga animal (intensidad) fue de 2 o 4 cabras / 9 m<sup>2</sup>, combinada con una frecuencia de pastoreo de una o dos veces por semana durante dos horas diarias. Al final de cuatro semanas de pastoreo, no se observaron diferencias significativas en el número de plantas de *Solanum eleagnifolium* ni *Prosopis* spp entre los tratamientos ni a través del tiempo ( $P > 0.05$ ), sin embargo la biomasa de *Salsola kali* se suprimió totalmente con 4 cabras / m<sup>2</sup> y el pastoreo de dos veces por semana reduciendo la densidad de plantas en un 100% ( $P < 0.01$ ), así mismo y el área foliar fue consumida en su totalidad ( $P < 0.01$ ) por las cabras en el esquema de mayor frecuencia y número de cabras. Se concluyó que, independientemente de la carga animal o la frecuencia de pastoreo, la defoliación de *S. kali* por las cabras en pastoreo resultó en una marcada reducción de esta maleza. Por lo tanto, el pastoreo de cabras puede ser utilizada como una estrategia de control económica y eficaz para suprimir *S. kali*, sin embargo es necesario continuar con futuras investigaciones para el control de *Solanum eleagnifolium* y *Prosopis* spp.

*Palabras clave: Manejo de malezas, Frecuencia de pastoreo, Densidad de cabras, Densidad de plantas, Área foliar.*

## I. INTRODUCCIÓN

La incidencia nociva de las plantas indeseables, también conocidas como malas hierbas o maleza, es uno de los mayores obstáculos en la producción agrícola del mundo causando pérdidas de más del 45% en los rendimientos de los cultivos de campo (Gnanavel y Natarajan, 2014). Las malezas son plantas indeseables que bajo determinadas condiciones causan daño económico y social al agricultor (Lambdon y Hulme, 2006; Arslan *et al.*, 2015). Consideradas como plantas invasoras que representan un problema ambiental importante (Ajmal *et al.*, 2002; Mekki, 2007), ya que suelen presentarse de forma más común en los cultivos cuando las condiciones del suelo son pobres aunado a sequías prolongadas (Schillinger, 2007). Los desafíos para el control de las plantas invasoras en los pastizales incluyen áreas sin acceso para el control de malezas, así como áreas de bajo valor económico, haciendo impracticable el control químico y mecánico. El deshierbe manual se ha utilizado para lograr un control sobre las malezas, sin embargo, la escasez de mano de obra ha provocado el incremento en los costos de esta medida de control (Fennimore *et al.*, 2016; Uludag *et al.*, 2016), además debe repetirse a menudo. Las opciones de manejo químico contra malezas disminuyen a medida que las normas ambientales van en crecimiento (Sheppard *et al.*, 2006), conduciendo a un desequilibrio ecológico y resistencia de las malezas a los herbicidas (Gnanavel y Natarajan, 2014; Uludag *et al.*, 2016). Estos desafíos favorecen el uso del control biológico (Sheppard *et al.*, 2006) y cultural. Los insectos y microbios para el control biológico pueden ser bastante eficaces pero son difíciles, costosos y requieren mucho tiempo para implementarse. Harker y O'Donovan (2013) mencionan que deben desarrollarse estrategias útiles que ofrezcan a los productores más flexibilidad para el control de malas hierbas, considerando los aspectos económicos y ambientales (Jensen, 2015). Hay un agente fácilmente disponible y subexplotado que está demostrando rápidamente ser muy eficaz para el control de malezas junto con el fuego y el pastoreo del ganado doméstico (Papachristou y Nastis, 1993), y puede ser el primer instrumento utilizado por los humanos para este fin.

Frost y Launchbaugh (2003) mencionan que el “pastoreo dirigido” (Prescription grazing) es una herramienta para el control de la vegetación indeseable, en donde debería ocasionar un daño significativo a las plantas blanco del programa de control, aplicándose

un pastoreo en una estación específica con duración específica e intensidad determinadas para alcanzar los objetivos de manejo; sin embargo, se debe tomar en cuenta la vegetación circundante para limitar el daño irreparable y conocer los objetivos productivos del ganado. Por lo tanto en este estudio se propone utilizar la frecuencia de pastoreo dirigido y la carga animal de caprinos para la supresión de diferentes plantas nocivas en el agostadero de México.

## OBJETIVOS

- 1.- Evaluar el impacto que tiene la frecuencia de pastoreo dirigido con cabras sobre la supresión de diferentes plantas invasoras en el agostadero del norte de México.
- 2.- Evaluar los efectos de la intensidad de cabras y la frecuencia de pastoreo sobre la eliminación de *Salsola Kali* en el agostadero del norte de México

## HIPÓTESIS

La hipótesis en el primer estudio fue que la frecuencia de pastoreo dirigido con cabras puede suprimir el crecimiento de plantas invasoras en el agostadero del norte de México. La hipótesis del segundo trabajo de investigación fue que además de la frecuencia de pastoreo, la densidad de cabras en el agostadero puede coadyuvar a la eliminación de *salsola Kali* en los agopstaderos del norte de México.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Pastoreo extensivo de cabras

En México los caprinos son explotados en condiciones extensivas en las zonas áridas y semiáridas de México y son pastoreados en agostaderos naturales de la comunidad a través del año sin suministrar alguna suplementación alimenticia. En condiciones extremas de pastoreo las cabras utilizan muy bien los recursos forrajeros presentes, sin embargo, la producción de cultivos puede variar dependiendo de la estación del año (Gaytán *et al.*, 2015), lo que conlleva a que cuando no hay vegetación disponible, las cabras seleccionan diferentes variedades de plantas para complementar su dieta, aunque esto pueda traer como consecuencia que ingieran cantidades elevadas de metabolitos secundarios: alcaloides, terpenos, glucósidos y taninos, pudiendo tener efectos antinutricionales y tóxicos. Sin embargo, el comportamiento exploratorio que presentan estos animales a través del consumo en condiciones extensivas les permite, por un lado, equilibrar la dieta y por otro, contrarrestar los efectos perjudiciales de estos compuestos tóxicos, pudiendo ser medicinales o curativos. Por ejemplo, se ha demostrado que las cabras cuando son pastoreadas en matorrales micrófilos desérticos, muestran preferencias por las plantas leñosas cuando se encuentran en abundancia aun que contengan espinas o concentraciones altas de aleloquímicos (Mellado *et al.*, 2005).

Las cabras bajo condiciones de pastoreo extensivo exhiben estrategias de alimentación; oportunistas a generalistas dependiendo de la abundancia del agostadero y escases de la vegetación, respectivamente (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 1993). La gran variedad de especies que consumen las cabras en los pastizales de México, logra satisfacer y ajustar la dieta en base a sus necesidades nutricionales y al mismo tiempo, tiene la capacidad de neutralizar los efectos negativos de los compuestos bioactivos, como son los metabolitos secundarios (Mellado, 2016).

Las cabras figuran un papel importante en la rehabilitación de praderas y pastizales con invasividad de matorrales, ya que los hábitos alimenticios de los caprinos es seleccionar de la gran variedad de especies vegetales presentes como: herbáceas, arbustivas y arbóreas el mejor contenido de nutrientes de la vegetación, satisfaciendo sus requerimientos en recorridos de grandes áreas del agostadero en época de escasez (Álvarez, 1995).

## **2.2 Comportamiento selectivo de las cabras**

La producción ganadera utilizada en un sistema extensivo es del 25 % de la superficie de la tierra (Estell *et al.*, 2010), en el agostadero predomina la vegetación autóctona, que por la selectividad de los herbívoros posee potencial para la alimentación. Se ha observado que en éstas especies el comportamiento de pastoreo extensivo es muy variable y se puede notar rápidamente (Osoro *et al.*, 2005). Celaya *et al.* (2005) hacen una comparación de la conducta en el pastoreo de diferentes especies y mencionan que los bovinos y equinos muestran preferencia por especies herbáceas, mientras que los ovinos muestran un comportamiento en la selectividad de especies de mayor calidad nutritiva, como brotes tiernos de especies leñosas que conforman los matorrales, en cambio los caprinos, prefieren vegetación arbustiva, leñosa e incluso las partes lignificadas de las herbáceas.

El comportamiento del hato caprino durante el pastoreo depende de la variedad de las especies presentes y sus características nutricionales, entre más compleja sea la vegetación, se tendrá un comportamiento muy variado en las cabras. Papachristou y Nastis (1993), observaron que las cabras presentan cambios muy rápidos de pastoreo entre herbáceas, pastos y arbustos dependiendo de su valor nutritivo, ya que en ciertas épocas del año los caprinos prefieren primeramente grandes cantidades de arbustos para posteriormente seleccionar herbáceas. Una herbácea que es consumida por cabras jóvenes es *Solanum elaeagnifolium*, aunque contiene altos niveles de alcaloides, sin embargo las cabras la siguen consumiendo avidamente a pesar de su toxicidad y hasta llega a formar gran parte de la dieta en ciertas épocas del año (Mellado *et al.*, 2003; Mellado *et al.*, 2004), lo que demuestra que las cabras tienen la capacidad de neutralizar el gran contenido de fitotoxinas que pueden contener algunas plantas de los agostaderos del norte de México.

## **2.3 Plantas invasoras en agostaderos**

Un problema en la agricultura radica en la incidencia de plantas invasoras emergentes como *Solanum elaeagnifolium* que pueden invadir una amplia gama de ecosistemas causando en ellos una gran complejidad de las interacciones dentro de estos ecosistemas (Lambdon y Hulme, 2006; Arslan *et al.*, 2015). Cuando esta planta se

encuentra en los cultivos tales como algodón, trigo y tomate constituye una gran amenaza por su alta capacidad invasiva (Tsaballa *et al.*, 2015), por otra parte *S. elaeagnifolium*, catalogada como una especie herbácea colonizadora e invasiva puede causar graves daños a pastos y áreas tradicionales de pastoreo de ganado (Uludag *et al.*, 2016) y desde la década de 1980 se ha convertido en una maleza preocupante para los ganaderos por su gran velocidad de infestación y alta capacidad de regeneración, alto rendimiento y alta multiplicidad, ya que una vez introducida coloniza e invade parcelas (Boyd *et al.*, 2007), Esta planta endémica de Norte de México y del sur de Estados Unidos es denominada comúnmente trompillo o trompeta (Chávez-Garay *et al.*, 2015). Por otra parte, *Salsola kali* es un tipo de hierba invasiva extendida en los hábitats perturbados por la salinidad, a la que se le considera un colonizador primario (Ajmal *et al.*, 2002). La invasión de esta maleza es más aguda en cultivos cuando las condiciones del suelo son pobres aunado a sequías prolongadas (Schillinger, 2007).

Para contrarrestar el efecto invasivo de estas plantas se utilizan diferentes métodos de control. El biocontrol es una estrategia a largo plazo que se ha utilizado en las últimas dos décadas, esta herramienta se ha utilizado en Australia, América del Norte y Sudáfrica, pero encontraron que este manejo de biocontrol para *S. elaeagnifolium* tiene complicaciones debido al gran número de cultivos agronómicos en *Solanaceae* (Sforza y Jones, 2007). Al mismo tiempo, las opciones de manejo químico contra malezas disminuyen a medida que las normas ambientales van en crecimiento (Sheppard *et al.*, 2006), conduciendo a un desequilibrio ecológico y a resistencia a los herbicidas en malezas (Gnanavel y Natarajan, 2014). Uludag *et al.* (2016) reportaron el uso de una amplia gama de herbicidas para *S. elaeagnifolium* pero se obtuvieron resultados poco alentadores. Por otra parte el control mecánico presenta un resultado favorable pero por su elevado costo y su uso se limita a las zonas sin acceso para la maquinaria agrícola (Uludag *et al.*, 2016).

Los herbicidas utilizados para el control de *S. Kali* solo dañan las ramas superiores e intermedias sin impedir el consumo de agua presente en el suelo (Schillinger, 2007). Usualmente se realizan tres aplicaciones de Glifosato para controlar la invasión de *S. ibérica* generalmente por aviones de ala fija, ya que la pulverización en el suelo crea polvo, lo cual conduce a un control inaceptable de malezas mediante el uso de tractores

o pulverizadores autopropulsados (Lutcher, 2015). En los diferentes métodos utilizados para el control de estas plantas invasivas se tienen limitaciones. Ejemplo de ello en el control biológico clásico se tienen tres limitaciones; la percepción de público, la fiabilidad y la normatividad (Sheppard *et al.*, 2006). Harker y O'Donovan (2013) mencionan que deben desarrollarse estrategias útiles que ofrezcan a los productores más flexibilidad para el control de malas hierbas, considerando los aspectos económicos y ambientales (Jensen, 2015). Una alternativa viable puede ser el manejo de caprinos como agentes biológicos, ya que presentan una gran capacidad para el control de vegetación indeseable en bosques leñosos, sobre todo por que el uso de los herbicidas han causado inquietudes ambientales e incluso su prohibición como herramienta de manejo en el control de maleza.

#### **2.4 *Salsola Kali***

*Salsola Kali* (Fig. 2) es conocida como cardo ruso es anual y se mantiene solo por semillas que sobreviven al invierno en la planta expuesta o en el suelo. El ciclo vegetativo de *Salsola kali* culmina en la parte caliente del año y es beneficiado por las lluvias en la misma época. Su crecimiento es rápido y efectista, se ramifica (Fig. 1) y forma grandes esferas con aspecto de cúpula, que llegan medir 1 metro de alto y 1.5 metros de diámetro. Sus hojas son puntiagudas y se vuelven espinas a medida que disminuye su turgencia. *Salsola kali* se desprende de la base de la raíz cuando llega a la madurez, es decir, se seca y rueda por la superficie del suelo con ayuda del viento, soltando sus semillas paulatinamente lo largo de su recorrido (Rzedowski, 1959).

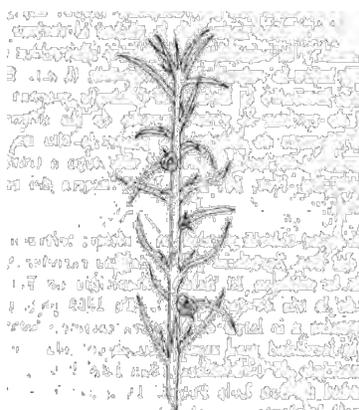


Figura 1. Rama de *Salsola kali* con frutos inmaduros. Fuente: Rzedowski (1959).

Es un colonizador primario y una sola planta puede producir alrededor de 100,000 semillas (Beckie y Francis, 2009). La planta madura puede romperse en la línea del suelo y volar por el viento, que dispersa las semillas a medida que cae. En el norte, el cardo ruso germina en primavera y madura como anual de verano.

#### **2.4.1 Crecimiento y desarrollo de *Salsola Kali***

El cardo ruso se desarrolla en una planta de forma globosa-elíptica hacia la madurez. Toda la planta se convierte en dura y leñosa, al final de la temporada y a menudo se desprende del suelo. La forma o el hábito del cardo ruso maduro promedio es el de una elipse, impartiendo a esta "maleza", un movimiento animoso y ondulado (Crompton y Bassett, 1965).

Las ramas rígidas pueden actuar como palancas al convertirse en plantas leñosas que se transportan en el aire durante fuertes vientos otoñales. Estas plantas pueden obstruir el paso y también puede rebotar el rastrojo de la parte superior del grano (observación personal). El cardo ruso, mediante estas características de su morfología, dispersa con éxito sus semillas en amplias extensiones de llanuras y praderas (Crompton y Bassett, 1965).

La inflorescencia y las semillas del cardo ruso están protegidas de los herbívoros por espinosas brácteas y hojas espinosas (Crompton y Bassett, 1965).

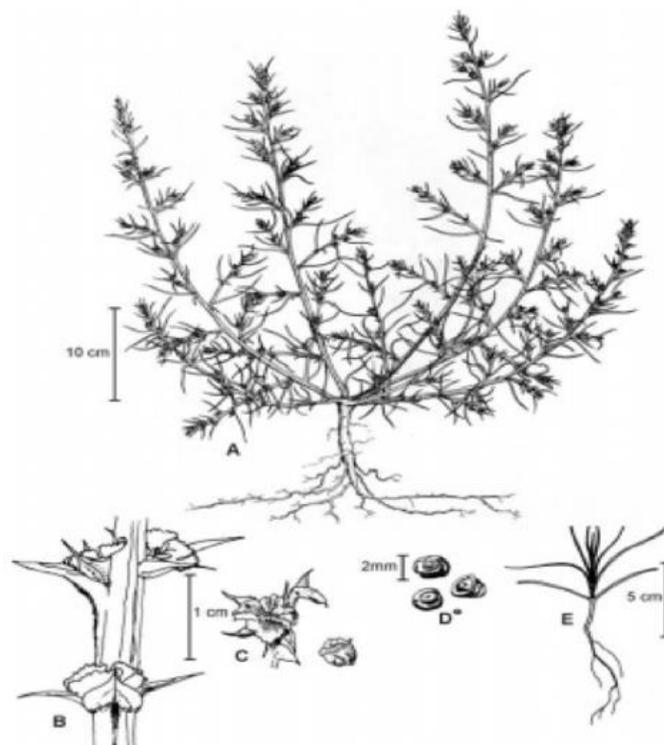


Figura 2. Planta completa de *Salsola kali* y división de sus partes. Fuente: Crompton y Bassett (1985): (A) planta completa; (B) porción del tallo que muestra hojas, brácteas y flores; (C) abierto y vista cerrada de sépalos; (D) semillas; (E) plántulas.

#### 2.4.2 Reproducción de *Salsola Kali*

Crompton y Bassett (1985) indican que *S. kali* es principalmente anemófilo (polinizado por el viento) pero produce semillas de forma autógama y alógama. Las anteras amarillas brillantes se exime de un pequeño perianto hialino similar a una membrana, en gran parte oculto en la axila de la hoja. Blackwell y Powell (1981) sugieren entomófilamente como el modo de polinización, con abejas (Colletidae y Halictidae) y avispas (Sphecidae) como probables polinizadores de insectos. *Salsola Kali* produce un promedio de 62000 semillas por planta, generalmente a finales del verano (Beckie y Francis, 2009). Una caída, requisito de post-maduración para semillas maduras generalmente evita la germinación cuando las temperaturas frías pudieran matar la mayoría de las plántulas recién emergidas en el otoño; el requisito de maduración disminuye progresivamente a lo largo del invierno, permitiendo que las semillas germinen cuando las condiciones son

favorables, incluyendo temperaturas bajo cero (Thorne *et al.*, 2007). Como se detalla en Crompton y Bassett (1985), *S. kali* germina bien con bajos potenciales de agua en el suelo.

#### **2.4.3 Requerimientos ecológicos del género *Salsola***

Género *Salsola* (Chenopodiaceae) son comunes en regiones áridas, semiáridas y templadas en todo el mundo (Rasheed *et al.*, 2013) y en él se incluyen a hierbas anuales y perennes, arbustos y semi-arbustos con C3, C4 o fotosíntesis intermedia C3-C4 especies (Toderich *et al.*, 2012). Estas especies son tolerantes al agua, al calor y a estrés de sal y alrededor del 45% de las tierras desérticas forman parte de especies de *Salsola* (Toderich *et al.*, 2012). La especie *Salsola Kali* tiene su crecimiento en suelos con pH ácido, neutro, alcalino o muy alcalino e incluso soportar terrenos salinos. El efecto de la salinidad en la germinación de las semillas de las especies halófitas anuales indica una gran variación en la respuesta a condiciones hipersalinas (Khan y Ungar, 1997). La germinación máxima de semillas halófitas ocurrir en agua destilada o bajo estrés de salinidad reducido (Khan *et al.*, 2000). Los halófitos anuales varían en su parte superior. *Salsola kali* es muy exigente a la luminosidad, esta planta ha impactado fuertemente en las comunidades de Estados Unidos provocando la competencia entre espacios para su crecimiento, ya que se ha desplazado en una superficie de al rededor de 67-94 % en campos de gramíneas reduciendo la cantidad de plantas nativas (Beckie y Francis, 2009).

#### **2.4.4 Alternativa como fuente de forraje de *Salsola Kali***

Los arbustos presentan un papel de suma importancia en la alimentación de los animales en pastoreo por la calidad de la biomasa, *salsola kali* se ha utilizado como fuente de forraje en regiones áridas (Beckie y Francis, 2009), además puede ser una alternativa económicamente viable, ya que el uso de los alimentos concentrados resultan muy costosos. Por otra parte, es indispensable conocer sus fuentes de variación, así como su composición química (Boufennara *et al.*, 2012). Muchos de los estudios en plantas se han llevado a cabo con éxito para determinar el contenido de minerales, fibra, proteína y la digestibilidad (Wencomo y Ortiz, 2012), mientras que existen pocos casos en relación con los metabolitos secundarios (Pérez-Alonso y Jimenez, 2011)

Los metabolitos primarios representan la parte estructural de los metabolitos secundarios, éstos están directamente relacionados en la síntesis de dichos metabolitos como fuente

de energía. Para el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como su reproducción, los metabolitos primarios juegan un papel de suma importancia, por lo que se debe atender estos aspectos de lo contrario implicaría algunas alteraciones en algunos procesos fisiológicos, al ser empleados los metabolitos primarios en la síntesis de los metabolitos secundarios (Herrera *et al.*, 2017). Por otro lado, los metabolitos secundarios representan un numeroso grupo de sustancias segregadas por el metabolismo natural de las especies vegetales y que, por diferentes mecanismos, ejercen efectos contrarios a la óptima nutrición de los animales cuando las consumen, debido a sus variados efectos en los procesos digestivos y metabólicos (Herrera *et al.*, 2017).

Los taninos, fenoles, alcaloides y saponinas, entre otros son compuestos químicos denominados metabolitos secundarios que pueden influir en varios aspectos de productividad y crecimiento del animal, dependiendo del tiempo de ingestión y su concentración, entre otros factores (Semmar *et al.*, 2011). Al ser ingeridos por los animales estos metabolitos que se encuentran en concentraciones determinadas de la Materia Seca (MS), pueden causar diferentes efectos negativos en la fisiología y reproducción, además de presentar algunos trastornos neurológicos y gangrena pueden llegar a causar la muerte del animal. Cuando la concentración es mayor al 2% de la MS, es posible que se produzcan trastornos principalmente digestivos relacionados con la alimentación notándose una disminución de la acción de los microorganismos ruminales en la digestibilidad de la pared celular. Estos efectos negativos presentes en el animal son causados principalmente por taninos y los inhibidores de amilasas y proteasas (Makkar *et al.*, 2007).

Los taninos condensados se encuentran directamente relacionados con una mayor digestión de proteínas en los rumiantes y los pueden proteger contra la helmintiasis (Makkar, 2003). Por otro lado, los taninos hidrolizables pueden causar hemorragias gástricas y daños en los riñones. Además, informaron que Los metabolitos secundarios han causado un mayor interés en el consumo de alimentación humana, debido a las diferentes propiedades que presenta, por ejemplo su potencial para la prevención de cáncer, desórdenes circulatorios e infecciones virales, antioxidantes y efectos

antibacterias, antivirus y antiparásitos, entre otras (Makkar *et al.*, 2007) . Sin embargo, sus mecanismos de acción no están totalmente establecidos (Herrera *et al.*, 2017).

## **2.5 *Solanum elaeagnifolium***

*Solanum elaeagnifolium*, pertenece a la familia de las solanáceas y es originaria de América (Formozis *et al.*, 2021). Es conocida como hierba mora de hoja plateada o trompillo en México.

Se considera una planta exótica invasora y agresiva a nivel mundial, coloniza áreas perturbadas, en su mayoría hábitats creados por el hombre, bordes de carreteras áreas en construcción, alimentación del ganado, campos de cultivo, terrenos baldíos (Sayari *et al.*, 2016). Es una planta de alta competitividad por los nutrientes y humedad del suelo que desplaza a plantas nativas y afecta a la producción de cultivos.

*S. elaeagnifolium* (Fig. 3) es una planta con un alto potencial de invasión que ha sido muy difícil de controlar en áreas agrícolas y sobre todo el áreas secas (Knapp *et al.*, 2017), con herbicidas, o por medios mecánicos y biológicos.

### **2.5.1 Morfología**

Una planta perenne erecta, herbácea que llega a alcanzar una altura hasta de 1m, a menudo de 40 a 60cm de alto, generalmente de crecimiento vegetativo anual por el sistema radicular subterráneo. Sus tallos son erectos, ramificadas hacia arriba, espinas de 2-5mm de largo, finas, rectas y están presentes en los tallos, el color tiene un aspecto verde plateado (Heap y Carter, 1999).



Figura 3. Planta de *Solanum elaeagnifolium*. Fuente: Knapp *et al.*, 2017.

Las plantas a menudo se encuentran en colonias densas, a menudo en áreas perturbadas, debido a sus tallos subterráneos. Las raíces de *S. elaeagnifolium* se han caracterizado como tuberizadas con hasta 20 capas corticales. Solo las partes subterráneas verticales se engrosan, los tallos que se extienden horizontalmente (rizomas) no están corchosos ni engrosados (Knapp *et al.*, 2017).

### 2.5.2 Reproducción y Dispersión de las semillas

*S. elaeagnifolium* es capaz de dispersarse a grandes distancias, es resistente a sequías y a salinidad en el suelo y una vez establecida es difícil de controlar. Se propaga asexualmente mediante raíces gemíferas pero también por medio de semillas (Stanton *et al.*, 2012).

Una sola planta puede producir entre 52 y 290 frutos por planta, y cada fruto contiene 50 semillas, cabe mencionar que en algunas plantas se han encontrado hasta 100 semillas (Boyd y Murray, 1982). La Solanácea de hoja plateada tiene una larga y robusta raíz que crece hasta 2 metros laterales y robustos, las raíces se ramifican desde la raíz principal 15-30 cm por debajo de la superficie, todas las partes del sistema radicular pueden regenerarse, independientemente si es cortado, o dañado por el cultivo, lo que hace que siga su propagación.

La solanácea es una planta poco palatable y toxica para los herbívoros, sin embargo, Hap y Carter (1999) mencionan que se ha observado que las semillas se pueden propagar en las heces de los animales, ya que el ganado caprino, vacuno e incluso ovino las consumen. La excreción de las semillas después del consumo empieza dentro de las 24 horas después de la ingestión y la mayoría de las semillas después de 7 a 9 días. Se han encontrado hasta 672 semillas por kg-1 de estiércol fresco.

### **2.5.3 Alternativa como fuente de forraje *Solanum elaeagnifolium***

*Solanum elaeagnifolium* es una planta invasora o maleza con especial importancia en el control a nivel mundial, sin embargo, puede ser una opción como forraje para las dietas en cabras en pastoreo en la zona árida de México.

Esta planta ha tenido efectos negativos en bajo aumento de peso, baja producción animal, efectos teratógenicos y neurológico por el alcaloide esteroideo (Porter *et al.*, 2003). Las plantas solanáceas contienen tropano alcaloide: solanina, que actúa sobre el sistema gastrointestinal (Buck *et al.*, 1960). A pesar de su toxicidad *S. elaeagnifolium* puede ser un componente en la alimentación caprina en determinadas épocas de pastizales (Mellado *et al.*, 2003). En investigaciones donde se les ofreció esta planta, se obtuvo un bajo consumo por las cabras debido al contenido de alcaloides tóxicos, en donde se combinan con azúcares y producen glicocalcooides que causan efectos irritables en el sistema gastrointestinal y que cuando están dentro del sistema gastrointestinal estos compuestos se hidrolizan liberando alcaloides neurotóxicos (alkaminas) (Porter *et al.*, 2003).

En pastoreo las cabras seleccionan y consumen *S. elaeagnifolium* fácilmente, alimentándose hasta un 30% de su dieta con esta planta, por su capacidad selectiva las cabras toman plantas con un porcentaje más bajo de componentes tóxicos e incluso tallos que no presenten espinas (Mellado *et al.*, 2004) por lo tanto el pastoreo caprino es una herramienta de control de *S. elaeagnifolium* donde domina en áreas áridas y degradadas (Mellado *et al.*, 2008).

### **2.6 *Prosopis* spp.**

Conocido también como mezquite, se localiza en zonas semiáridas de todo el mundo, es un arbusto perenne y resistente de rápido crecimiento (Chaturvedi y Sahoo, 2013). Las

vainas de esta planta (*Prosopis* spp.), han sido probadas y muy bien aceptadas para su consumo en zona áridas y semiáridas sobre todo en época de sequía para alimentar cabras. Esta especie presenta una importancia ecológica que radica basicamente en el enriquecimiento del suelo mediante la fijación de nitrógeno, además promueve el crecimiento de matorrales que están junto a ella, ya que por su sistema radicular retiene la humedad y previene la erosión del suelo (Villegas-Espinoza *et al.*, 2014). Otra importancia que presenta esta planta es que crea un microambiente característico bajo su cubierta foliar, esto es de gran relevancia para la supervivencia de flora y fauna tomando en cuenta un ecosistema desértico. A diferencia de las plantas indeseables mencionadas anteriormente (*Salsola Kali* y *solanum alaegnofolium*) ésta planta se incluyó en el estudio, dada la presencia dentro del área de estudio, sin embargo es necesario mencionar que esta planta presenta una distribución geográfica abundante dentro de las zonas semiáridas, y se considera una fuente eficaz de alimento para rumiantes (Sauceda *et al.*, 2014).



Figura 4. Características morfológicas de *Prosopis*. Fuente Braun Wilke *et al.*, 2000.

## 2.7 Estrategias de consumo para contrarrestar el efecto negativo de plantas de agostadero.

Hay dos patrones de consumo al pastoreo que no resulta perjudicial en la nutrición de los animales, uno es ingerir una amplia gama de plantas donde los compuestos químicos secundarios interactúan inhibiéndose y así reducir los efectos negativos, el segundo,

consiste en el consumo de las plantas ricas en compuestos químicos secundarios en un tiempo y luego dejar de consumir, es decir, regulando la cantidad a consumir, para dar el tiempo al organismo a detoxificarse (Launchbaugh *et al.*, 2001).

La detoxificación de los compuestos químicos secundarios se lleva a cabo en dos fases: en la primera participan las enzimas oxidasas para que las toxinas lipofílicas se vuelven más solubles y sean eliminadas a través de la orina en forma de ácidos grasos, la segunda, la conjugación de aminoácidos para su eliminación vía orina o bilis (Estell *et al.*, 2010).

Los niveles de nitrato por debajo del 0,45%, en un periodo de la planta en crecimiento, se consideran bastantes seguros en un forraje para ser consumidos durante el pastoreo (Murphy y Smith, 1967). Los niveles de nitrato y oxalato en *S. ibérica* no son suficientemente altos para ser tóxico para los rumiantes (Fowler *et al.*, 1992).

Se ha informado que el ganado pasta, sin efectos nocivos, en los forrajes que contienen un promedio de 2% de nitrato, al igual que con contenido de proteína, los niveles de nitrato disminuyen a medida que las plantas maduran, lo que es consistente con los informes en otros forrajes utilizados por el ganado en pastoreo (Crawford *et al.*, 1961).

Launchbaugh *et al.* (2001) mencionan los caminos que siguen los compuestos químicos secundarios en el interior del organismo, donde pueden sufrir inactivación por proteínas salivares, microorganismos del rumen o por secreciones intestinales, pueden ser absorbidas y modificadas a nivel tisular para su eliminación o no causar ningún daño por la capacidad de tolerancia que adquieren los tejidos. Las interacciones microbianas con la mayoría de las fitotoxinas conducen a la degradación o la desintoxicación, lo que hace que los compuestos sean netos o menos perjudiciales. Los microbios del rumen pueden convertir sustancias inocuas en compuestos tóxicos, como la conversión de nitrito a nitrato menos tóxico y la hidrólisis de los glucósidos cianogénicos en cianuro de hidrógeno tóxico (Allison, 1978).

### III. REFERENCIAS

- Ajmal, K.M., Gul, B. Weber, D.J. 2002. Seed germination in the Great Basin halophyte *Salsola ibérica*. Canadian Journal of Botany. 80(6):650-655.
- Álvarez, M.J. 1999. Dinámica sucesional tras el abandono y recuperación del matorral mediante pastoreo controlado. Experiencia en un sector de la montaña de León. <http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmc3t9f8>. Biblioteca virtual Miguel de Cervantes.
- Allison, M.J. 1978. Production of branched-chain volatile fatty acids by certain anaerobic bacteria. Applied and environmental microbiology. 35(5): 872-877.
- Arslan, Z.F., Uludag, A., Uremis, I. 2015. Status of invasive alien plants included in EPPO Lists in Turkey. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 45: 66-72.
- Beckie, H.J. Francis, A. 2009. The Biology of Canadian Weeds. 65. *Salsola tragus* L. Canadian Journal Plant Science. 89:775-789.
- Blackwell, W.H., Powell, M.J. 1981. A preliminary note on pollination in the Chenopodiaceae. Annals of the Missouri Botanical Garden. 68(4):524-526.
- Boufennara, S., Lopez, S., Bousseboua, H., Rodríguez, R.B., Bouazza, L. 2012. Chemical composition and digestibility of some browse plant species collected from Algerian arid rangelands. Spanish Journal of Agricultural Research. (1):88-98.
- Boyd, J.W. Murray, D.S. 1982. Growth and development of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*). Weed Science 30: 238-43.
- Braun Wilke, R.H., Picchetti, L.P.E., Guzmán, G.F. 2000. *Prosopis ferox* gris: Estado actual de su conocimiento. *Multequina*, 9:19-34.
- Buck, W.B., Dollahite, J.W., Allen, T.J. 1960. *Solanum elaeagnifolium*, silver-leafed nightshade, poisoning in livestock. Journal of the American Veterinary Medical Association 137: 348–351
- Celaya, R., Jauregui, B.M., García, U., Osoro, K. 2005. Efectos de la raza y la carga ganadera sobre la cubierta vegetal en brezales-tojales pastados por caprino. Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural 1: 319 –326.

- Chaturvedi, O.H., Sahoo., A. 2013. Nutrient utilization and rumen metabolism in sheep fed *Prosopis juliflora* pods and Cenchrus grass. *Springer Plus*. 2: 1-7.
- Chávez-Garay, D.R., Gutiérrez-Méndez, N., Valenzuela-Soto, M.E., García-Triana, A. 2016. Partial characterization of a plant coagulant obtained from the berries of *Solanum elaeagnifolium*. *CyTA Journal of Food*. 14(2):200-205.
- Crawford, R. F., Kennedy, W. K., & Johnson, W. C. (1961). Some factors that affect nitrate accumulation in forages 1. *Agronomy journal*, 53(3):159-162.
- Crompton, C.W., Bassett, J. 1985. The Biology of Canadian Weeds. 65. *Salsola pestifer* A. Nels. *Canadian Journal Plants Science*. 65:379-388
- Estell, R.E. Utsumi, S.A., Cibils, A.F. 2010. Measureent of monoterpenes and sesquiterpenes in serum, plasma, and rumen fluid form sheep. *Animal feed Science and Technology*. 158:104-109.
- Fennimore, S. A., Slaughter, D.C., Siemens, M.C., Leon, R.G., Saber, M, N., 2016. Technology for Automation of Weed Control in Specialty Crops. *Weed Technology* 30: 823-837.
- Fowler, J.L., Hageman, J.H., Moore, K.J., Suzukida, M., Assadian, H., Valenzuela, M. 1992. Salinity effects on forage quality of Russian thistle. *Journal Range Manage*. 45: 559- 563.
- Frost, R.A., Launchbaugh, K.L. 2003. Prescription Grazing for Rangeland Weed Management. *Rangelands* 25: 43 – 47.
- Gaytán, L., Salem, A.F.Z.M., Rodríguez, A., García, J.E., Arévalo, J.R., Mellado, M. 2015. Age and season effects on quality of diets selected by criollo crossbred goats on rangeland. *Animal Production Science*. 55(6):758.
- Gnanavel, I., Natarajan, S.K. 2014. Eco - friendly weed control options for sustainable agriculture - A review. *Agricultural Reviews* 35: 172-183.
- Heap, J.W. Carter, R.J. 1999. The Biology of Australian Weed 35. *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Plant Protection Quarterly* 14. 1:12.
- Harker, K.N., O'Donovan, J.T. 2013. Recent Weed Control, Weed Management, and Integrated Weed Management. *Weed Technology* 27: 1-11.
- Herrera, R.S., Verdecia, D.M., Ramírez, J.L., García, M., Cruz, A.M. 2017. Secondary metabolites of *Leucaena leucocephala*. Their relationship with some climate

- elements, different expressions of digestibility and primary metabolites. Cuban Journal of Agricultural Science. 51(1):107-116.
- Jensen, P.K. 2015. Target precision and biological efficacy of two nozzles used for precision weed control. Precision Agriculture 16: 705-717
- Khan, M.A., Ungar, I.A. 1997. Effects of light, salinity, and thermoperiod on the seed germination of halophytes. Canadian Journal Botanic. 75: 835–841.
- Khan, M.A., Gul, B., Weber, D.J. 2000. Germination responses to *Salicornia rubra* to temperature and salinity. Journal Arid Environment. 45: 207–214.
- Knapp, S., Sagona, E., Carbonell, A., Chiarini, F. 2017. Una revisión del clado *Solanum elaeagnifolium* (clado *Elaeagnifolium*; subgénero *Leptostemonum*, *Solanaceae*). Phytokeys. 84:1-104.
- Lambdon, P.W., Hulme, P.E. 2006. Predicting the invasion success of Mediterranean alien plants from their introduction characteristics. Ecography 29,: 853-865.
- Launchbaugh, K.L., Provenza, F.D., Pfister, J.A. 2001. Herbivore response to anti-quality factors in forages. Rangeland Ecology Management/Journal of Range Management Archives, 54(4):431-440.
- Lutcher, L.K. 2015. Delayed glyphosate application for no-till fallow in the driest region of the inland Pacific Northwest. Weed Technology. 29(4):707-715.
- Makkar, H.P.S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. Small ruminant research. 49(3):241-256.
- Makkar, H.P.S., Francis, G., Becker K. 2007. Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. Animal. 1(9):1371-1391.
- Mekki, M. 2007. Biology, distribution and impacts of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.)\*. Bulletin OEPP / EPPO Bulletin 37 : 114–118.
- Mellado, M., Valdez, V., Lara, L.M., Lopez, R. 2003. Stocking rate effects on goats: A research observation. Journal Range Management 56: 167-173.
- Mellado, M., Valdez, R., Lara, L.M., García, J.E. 2004. Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions. Small Ruminant Research 55 191-198.

- Mellado, M., Olvera, A., Quero, A., Mendoza, G. 2005. Diet of prairie dogs, goats, and sheep on a desert rangeland. *Range. Ecol. Manage.* 58:373-379.
- Mellado, M., García, J.E., Arévalo, J.R., Pittroff, W. 2008 Replacement value of *Solanum elaeagnifolium* for alfalfa hay offered to growing goats. *Journal of Arid Environments* 72: 2034-2039.
- Mellado M. 2016 Dietary selection by goats and the implications for range management in the Chihuahuan Desert: a review. *The Rangeland Journal* 38: 331-341.
- Murphy, L. S., & Smith, G. E. 1967. Nitrate Accumulations in Forage Crops 1. *Agronomy Journal*. 59(2):171-174.
- Osoro, K., Marínez, A., Oliván, M., García, U., Celaya, R. 2005. Manejo de los herbívoros dimésticos para la biodiversificación y el desarrollo rural sostenible. *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural* 1: 45 -71
- Papachristou, T.G., Nastis, A.S. 1993. Diets of goats grazing oak shrublands of varying cover in northern Greece. *Journal of Range Management* 46: 220 - 226.
- Pérez-Alonso, N., Jiménez, E. 2011. Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo in vitro. *Biotecnología vegetal*. 11(4):195-211
- Porter, M.B., MacKay, R.J., Uhl, E., Platt, S.R., deLahunta, A., 2003. Neurologic disease putatively associated with ingestion of *Solanum viarum* in goats. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 223: 501–504.
- Rasheed, D.M., El Zalabani, S.M., Koheil, M.A., El-Hefnawy, H.M., Farag, M.A., 2013. Metabolite profiling driven analysis of *Salsola* species and their anti-acetylcholin esterase potential. *Natural product research*, 27(24): 2320-2327.
- Rzedowsky, J. 1959. *Salsola.kali.var. tenuifolia*, una peligrosa maleza exótica que está extendiéndose hacia el Centro de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 24:53-59.
- Sánchez-Rodríguez, M., Gomez-Castro G.E., Peinado-Lucena, E., Mata-Moreno, M., Domenech-Garcia, V. 1993. Seasonal variation in the selective behaviour of dairy goats on the Sierra area of Spain. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2: 43-50.
- Sauceda, E.N.R., Martínez, G.E.R., Valverde, B.R., Ruiz, R.M., Hermida, M.D.L.C.C., Torres, S.M.M., Ruiz, H.H.P. 2014. Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. *Ra Ximhai*, 10:173-193.

- Sayari, N., Brundu G., Mekki M. 2016. Mapeo y monitoreo de una planta exótica invasora en Túnez: la solanácea de hoja plateada (*Solanum elaeagnifolium*), una maleza nociva en áreas agrícolas. Revista tunecina de protección vegetal. 11:219-227.
- Schillinger, W.F. 2007. Ecology and Control of Russian Thistle after Spring Wheat Harvest. Weed Science 55,: 381-385.
- Semmar, N., Noura, S., Farman, M. 2011. Variability and ecological significances of secondary metabolites in terrestrial biosystems. Environmental Research Journal. 5: 213-302
- Sforza, R, Jones, W.A. 2007. Potential for classical biocontrol of silverleaf nightshade in the Mediterranean Basin. EPPO bulletin. 37(1):156-162.
- Sheppard, A. W., Shaw, R.H., Sforza, R. 2006. Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. Weed Research 46: 93-117.
- Stanton, R., Wu, H., Lemerle, D. 2012. Factors affecting silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) germination. Weed Science. 60:42-47.
- Thorne, M.E., Young, F.L., Yenish, J.P. 2007. Cropping systems alter weed seed banks in Pacific Northwest semi-arid wheat regions. Crop Prot. 26: 11211134
- Toderich, K.N., Shuyskaya, E.V., Taha, F., Ismail, S., Gismatullina, L.G., LI, E.V., 2012. Adaptive fruit structural mechanisms of Asiatic Salsola species and its germplasm conservation and utilization. Journal of. Arid Land Studies, 22(1): 73-76
- Tsaballa, A., Nikolaidis, A., Triikka, F., Ignea, C., Kampranis, S.C., Makris, A.M., Argiriou, A. 2015. Use of the de novo transcriptome analysis of silver-leaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) to identify gene expression changes associated with wounding and terpene biosynthesis. BMC genomics. 16(1): 1-15.
- Uludag, A., Gbehounou, G., Kashefi, J., Bouhache, M., Bon, M.C., Bell, C., Lagopodi, A.L. 2016. Review of the current situation for *Solanum elaeagnifolium* in the Mediterranean Basin. Bulletin OEPP / EPPO Bulletin 46: 139-147.
- Villegas-Espinoza, J.A., Rueda-Puente, E.O., Murillo-Amador, B., Puente, M.E., Ruiz-Espinoza, F.H., Zamora-Salgado, S., Beltran-Morales, F.A. 2014. Bacterias promotoras de crecimiento de plantas autóctonas y su efecto en *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6:1041-1053.

Wencomo, H.B., Ortiz, R. 2012. Comportamiento de la disponibilidad de biomasa y la composición química en 23 accesiones de *Leucaena* spp. Pastos y Forrajes, 35(1):43-56.

## ARTÍCULO ACEPTADO

### Control de plantas con caprinos

#### Efecto de la frecuencia de pastoreo de las cabras en la supresión de tres especies de plantas del agostadero

#### Effect of grazing frequency of goats on the suppression of three species of plants in the rangeland

Edith del Carmen Martínez Ruiz<sup>1</sup>, Juan Manuel Guillen Muñoz<sup>1</sup>, Oscar Ángel García<sup>1</sup>, Dalia Ivette Carrillo Moreno<sup>1</sup>, Ma de los Ángeles de Santiago Miramontes<sup>1</sup>, Viridiana Contreras Villarreal<sup>1</sup>, Francisco Gerardo Véliz Deras<sup>1</sup>, Leticia Romana Gaytán Alemán<sup>1</sup>

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periferico Raul López Sanchez y Carretera a Santa Fé SN, 27054, Torreón, Coahuila, México. \*Autor de correspondencia: Gaytán-Alemán Leticia Romana. e-mail: [zukygay\\_7@hotmail.com](mailto:zukygay_7@hotmail.com), [edith\\_capric@yahoo.com.mx](mailto:edith_capric@yahoo.com.mx), [mvz\\_guillen@hotmail.com](mailto:mvz_guillen@hotmail.com), [dalia.ivettecm@gmail.com](mailto:dalia.ivettecm@gmail.com), [dra.viridianac@gmail.com](mailto:dra.viridianac@gmail.com), [velizderas@gmail.com](mailto:velizderas@gmail.com)

#### Resumen

El objetivo del estudio fue comparar la frecuencia de pastoreo con cabras sobre el número plantas de tres especies del agostadero. El estudio se llevó a cabo en el noroeste de México, los tratamientos fueron dos frecuencias de pastoreo, una o dos veces por semana en un área de 9 m<sup>2</sup>, en donde se encontraban las plantas de *Solanum eleagnifolium*, *Prosopis* spp y *Salsola Kali*. El pastoreo se realizó durante dos horas por cuatro semanas. Se determinó la densidad de población de las plantas, no se observaron diferencias significativas en el número de plantas de *Solanum eleagnifolium* ni *Prosopis* spp. entre tratamientos ni en el tiempo (P>0.05). Para *Salsola Kali*, el número de plantas se redujo significativamente (P<0.05) a través de las semanas, independientemente del tratamiento (P>0.05). Por lo que el pastoreo dirigido con cabras contra *Salsola kali* es una forma eficaz de reducir el número de plantas.

**Palabras clave:** Carga animal, caprinos, forraje, alimentación, pastizal.

#### Abstract

The aim of the study was to compare the frequency of grazing with goats on the number of plants of three species from a rangeland. The study was carried out in northwestern Mexico (25° N). The treatments

consisted of two grazing frequencies, once or twice a week, in an area of 9 m<sup>2</sup> in which the species of three species of *Solanum eleagnifolium*, *Prosopis* spp and *Salsola Kali* plants were found. Grazing was performed during two hours for four weeks. In each sampling area, the population density of each plant was determined. No significant differences were observed in the number of *Solanum eleagnifolium* or *Prosopis* spp plants between treatments or over time ( $P > 0.05$ ). However, for *Salsola Kali*, the number of plants decreased significantly ( $P < 0.05$ ) through the weeks regardless of the treatment ( $P > 0.05$ ). Therefore, directed grazing with goats against *Salsola kali* proved to be an effective way to control this species.

**Key words:** Stocking rate; caprine; pasture; feeding; rangeland

## INTRODUCCIÓN

El control de las plantas invasivas o malezas representa un gran reto, ya que la aparición de estas plantas en los pastizales o cultivos a menudo ocasiona pérdida de la biodiversidad, erosión del suelo y disminución de la capacidad de carga animal del agostadero ([Scheepens et al. 2001](#)). Existen diferentes métodos para controlar el crecimiento y la diseminación de las plantas invasivas. Por ejemplo, los herbicidas que reducen el número de estas especies, pero también los forrajes nativos son eliminados ([Young et al. 2008](#)); aunado a la resistencia de algunas especies de plantas a los herbicidas limitando su efectividad ([Kumar et al. 2020](#)). Por su parte la remoción manual de estas plantas reduce su frecuencia, pero no es factible en áreas grandes de pastoreo o de difícil acceso ([Luginbuhl et al. 1998](#), [Antill et al. 2012](#)).

El pastoreo dirigido ha sido utilizado para controlar diversas especies de plantas invasivas ([Rathfon et al. 2021](#)). El cual consiste en la aplicación de un tipo específico de animales en una temporada, duración e intensidad determinadas para controlar malezas y plantas tóxicas ([Bailey et al. 2019](#)). Las cabras representan una alternativa viable como especie potencial para controlar malezas debido a que prefieren los arbustos, y a su capacidad para consumir plantas altas debido a su capacidad para trepar y pararse en dos patas ([Rathfon et al. 2021](#)). Además, hacen una valiosa contribución a la industria ganadera en la región del

desierto chihuahuense del norte de México como producción de cabras para carne y leche, las cuales se han centrado históricamente en los pastizales, por lo que además de controlar el crecimiento de estas plantas también constituyen un recurso valioso de forraje para las cabras ([Mellado 2016](#)). Pero, para formular un pastoreo dirigido adecuado se requiere un apropiado conocimiento de la ecología de las plantas, comportamiento del animal y de las interacciones planta-animal (Bailey et al. 2019).

*Salsola Kali*, *Solanum elaeagnifolium* y *Prosopis* spp son plantas sumamente agresivas e invasivas para cultivos y pastizales, especialmente en regiones de baja precipitación donde provocan daños en los cultivos y plantas por su competencia por luz, nutrientes, agua y espacio ([Medina-Gómez et al. 2016](#), [Abdulahi et al. 2017](#)). Varios estudios de la región muestran que las cabras consumen estas plantas en el agostadero y por lo tanto sería una buena alternativa de control de malezas en tierras cultivables abandonadas donde estas plantas invaden profusamente ([Mellado et al. 2003](#), [2006](#), [2017](#)). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el impacto de la intensidad de pastoreo con cabras en la eliminación de *Solanum elaeagnifolium*, *Prosopis* spp y *Salsola kali* en un área de pastoreo semiarido.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estudio se llevó a cabo en el municipio de Matamoros, Coahuila, México el cual se localiza a una latitud y longitud de 25° 31' LN y 103° 13' LO, respectivamente. Está a una altitud de 1110 msnm, la precipitación pluvial anual es de 230 mm comprendiendo la temporada de lluvia los meses de mayo a junio. La temperatura media es de 22.5 °C (Czaja et al. 2020). El área se caracteriza por un clima semi-árido. Las especies de plantas predominantes corresponden a especies de *Prosopis glandulosa*, *Acacia farnesiana* y *Larrea tridentata*. Durante la época de lluvias se observan herbáceas de los géneros *Solanum elaeagnifolium*, *Sphaeralcea angustifolia*, y *Salsola Kali*. Los pastos predominantes son *Bouteloua gracilis*, *Setaria* spp., y *Cenchrus ciliaris*.

**Tratamientos.** El experimento inició al comienzo de la época de lluvias en el mes de mayo. Los tratamientos fueron dos frecuencias de pastoreo de una o dos veces por semana, con cuatro cabras adultas cada uno en un área de 9 m<sup>2</sup>. La densidad de población representa las densidades de población que normalmente ocurren en este lugar donde múltiples rebaños grandes de cabras comparten la vegetación que de acuerdo con Mellado *et al.* (2004) llegan a ser de 1.5 ha por cabra. Para el pastoreo dirigido se formaron dos grupos de cabras, las cuales se colocaron en las áreas asignadas de pastoreo durante dos horas. El estudio duró cuatro semanas.

**Métodos de muestreo.** La medición de las variables se realizó al inicio del estudio, y posteriormente, cada semana durante la duración del ensayo. En cada área de muestreo se determinó la densidad de población de *Prosopis* spp., *Salsola Kali* y *Solanum eleagnifolium*. La densidad de población se obtuvo del conteo total de plantas que se encontraban dentro de un cuadrante de 1 m<sup>2</sup> de cada una de las parcelas.

**Análisis estadístico.** Todos los análisis estadísticos se realizaron bajo el programa estadístico SAS. Para determinar el efecto del tratamiento sobre la densidad de las plantas evaluadas se utilizó el procedimiento PROC GLM de SAS para un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El modelo lineal ajusta los datos para probar las diferencias entre los tratamientos en cuanto a cambios en la densidad de las plantas. La frecuencia de pastoreo, el tiempo (semana) y la interacción frecuencia de pastoreo x tiempo fueron las variables independientes. Utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + F_i + S_j + (FS)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$  es la observación  $ij$ ;  $\mu$  es la media general;  $F_i$  es el efecto de la frecuencia de pastoreo;  $S_j$  es el efecto del tiempo;  $(FS)_{ij}$  es la interacción de la frecuencia de pastoreo y el tiempo y  $\varepsilon_{ij}$  es el error. Las pruebas de separación de medias en estos análisis se completaron como comparaciones por pares planificadas previamente de medias de mínimos cuadrados generadas con la opción PDIF de SAS. La significancia estadística se definió como  $P < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las malezas son plantas indeseables que afectan no solo a la cantidad y disponibilidad de plantas forrajeras sino también la calidad de los cultivos ([Ghanizadeh y Harrington 2019](#)). En las zonas áridas y semiáridas de México algunas malezas como *Salsola Kali* y *Solanum elaeagnifolium* se encuentran ampliamente distribuidas volviéndose un problema donde la vegetación nativa ha sido perturbada ([Boyd et al. 1984](#)). Por lo tanto, se vuelve necesario incorporar el pastoreo de cabras como parte de un manejo integral de malezas. No se observaron diferencias significativas en el número de plantas de *S. elaeagnifolium* entre tratamientos ni a través de las semanas ( $P>0.05$ , Tabla 1). De igual forma para el número de plantas de *Prosopis* spp. tampoco se observó diferencias significativas. Pero para *S. Kali*, el número de plantas se redujo significativamente ( $P<0.05$ ) a través de las semanas independientemente del tratamiento ( $P>0.05$ ), mientras que al final de la cuarta semana de pastoreo, las cabras suprimieron significativamente a las plantas de *S. kali*, reduciendo la densidad de plantas ( $P<0.01$ ) independientemente de la frecuencia de pastoreo. Por lo tanto, el pastoreo de cabras puede ser utilizado para erradicar a *S. kali*; que es una maleza de hoja ancha anual de verano C4 con un sistema radicular profundo y agresivo y una prolífica producción de semillas que invaden parcelas de cultivo, agostaderos y orillas de carreteras ([Schillinger 2007](#)), además de ser una causa importante de alergias respiratorias en humanos ([Assarehzadegan et al. 2009](#)). Las cabras consumieron de forma ávida *S. kali*, la cual es una buena fuente de proteína cruda (14.4%) con bajo contenido de fibra (27.4% de fibra detergente ácido) y una alta digestibilidad de materia seca (68.5%) ([Hageman et al. 1988](#)).

Por otra parte, la reducción en el número de plantas de *S. elaeagnifolium* y *Prosopis* spp. no difirió entre tratamientos ( $P>0.05$ ). Lo anterior se puede deber a que *S. elaeagnifolium* es una planta que presenta una baja palatabilidad y alto contenido de alcaloides que pueden causar una intoxicación en los animales, por lo que las cabras al ser selectivas prefieren consumir otras plantas ([Mellado et al. 2006](#), [Wu et al. 2016](#)). Así mismo, el consumo de mezquite por parte de las cabras es más notorio cuando existe una alta carga animal

y su consumo puede darse como consecuencia de la poca disponibilidad de otras plantas más palatables ([Mellado et al. 2003](#)).

La frecuencia y severidad del pastoreo influye en la respuesta de las plantas forrajeras al pastoreo causando cambios significativos en la persistencia, productividad y composición botánica de las plantas y en su rebrote luego del pastoreo ([Matches 2013](#)). La comparación de dos frecuencias de pastoreo por semana con cuatro cabras no fue diferente significativamente en el número de plantas de *S. eleagnifolium* y *Prosopis* spp. Por lo que es probable que se necesite aumentar la frecuencia de pastoreo para controlar su crecimiento mediante el pastor dirigido ([Fernandez-Lugo et al. 2012](#)). Al considerar el control de malezas con pastoreo dirigido, debe tomarse en cuenta la palatabilidad, morfología y toxicidad de las malezas seleccionadas y cuando sea compatible con los objetivos de producción ([Frost y Launchbaugh 2003](#)). Adicionalmente, el desarrollo de estas estrategias para el manejo de las malezas con cabras requiere un conocimiento de hábitos alimenticios, contenido de nutrientes de los forrajes seleccionados por las cabras y sus preferencias por las distintas especies vegetales ([Mellado 2016](#)). Aunque el consumo de *S. elaeagnifolium* no fue significativo, las cabras en pastoreo pueden seleccionar altas proporciones de *S. eleagnifolium* durante todo el año siendo hasta un tercio de la dieta, aparentemente sin efectos nocivos y reemplazar al heno de alfalfa en un 25% (materia seca) sin afectar el consumo de materia seca ni la ganancia diaria de peso en cabras en crecimiento ([Mellado et al. 2004, 2008](#)). Mientras que el consumo de *Prosopis* spp. no difirió entre tratamientos, el consumo, especialmente de sus vainas representa una fuente importante de proteína y energía para las cabras ([Andrade-Montemayor et al. 2011](#)).

El pastoreo dirigido con cabras contra *Salsola kali* sirve para controlar esta maleza, independientemente si se realiza una o dos veces por semana. Las cabras podrían ser un método eficaz con el medio ambiente para controlar esta maleza en pastizales y áreas de cultivo. Pero el pastoreo dirigido con cabras no mostro ningún efecto sobre el número de plantas de *S. elaeagnifolium* ni *Prosopis* spp. En necesario realizar más

estudios en los que se evalúen mayores frecuencias de pastoreo, tiempo y diferentes estaciones del año para determinar la mejor época para el control de las diferentes malezas con pastoreo dirigido con cabras.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Al apoyo financiero de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (SADER-CONACYT, México) a través del Fondo Sectorial de Investigación en Materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos (2017-04-291691).

#### **LITERATURA CITADA**

Abdulahi MM, Ute JA, Regasa T (2017) *Prosopis juliflora* L: distribution, impacts and available control methods in Ethiopia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 20: 75-89.

Andrade-Montemayor HM, Cordova-Torres AV, García-Gasca T, Kawas JR (2011) Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). *Small Ruminant Research* 98: 83-92.

Antill TM, Naeth MA, Bork EW, Westhaver AL (2012) Russian thistle (*Salsola tragus* L.) control on bighorn sheep winter ranges in jasper national park. *Natural Areas Journal* 32: 391-397.

Assarehzadegan MA, Sankian M, Jabbari F, Noorbakhsh R, Varasteh A (2009) Allergy to *Salsola Kali* in a *Salsola incanescens*-rich area: role of extensive cross allergenicity. *Allergology International* 58: 261-6.

Bailey DW, Mosley JC, Estell RE, Cibils AF, Horney M, Hendrickson JR, Walker JW, Launchbaugh KL, Burritt EA (2019) Synthesis Paper: Targeted livestock grazing: Prescription for healthy rangelands. *Rangeland Ecology & Management* 72: 865-877.

- Boyd JW, Murray DS, Tyrl RJ (1984) Silverleaf nightshade, *Solarium elaeagnifolium*, origin, distribution, and relation to man. *Economic Botany* 38: 210-217.
- Czaja A, Palacios-Fest MR, Estrada-Rodríguez JL, Romero-Méndez U, Alba-Ávila JA (2014) Inland dunes fauna and flora from Paleolake Irritila in the Comarca Lagunera, Coahuila, northern Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 66: 541-551.
- Fernández-Lugo S, Arévalo JR, de Nascimento L, Mata J, Bermejo LA (2013) Long-term vegetation responses to different goat grazing regimes in semi-natural ecosystems: a case study in Tenerife (Canary Islands). *Applied Vegetation Science* 16: 74-83.
- Frost RA, Launchbaugh KL (2003) Prescription grazing for rangeland weed management. *Rangelands Archives* 25: 43-47.
- Ghanizadeh H, Harrington KC (2019) Weed management in New Zealand pastures. *Agronomy* 9(8): 448. DOI: 10.3390/agronomy9080448.
- Hageman JH, Fowler JL, Suzukida M, Salas V, Lecaptain R (1988) Analysis of Russian thistle (*Salsola species*) selections for factors affecting forage nutritional value. *Journal of Range Management Archives* 41: 155-158.
- Kumar V, Obour A, Jha P, Liu R, Manuchehri MR, Dille JA, Holman J, Stahlman PW (2020) Integrating cover crops for weed management in the semiarid US Great Plains: opportunities and challenges. *Weed Science* 68:311-323.
- Luginbuhl JM, Harvey TE, Green JT, Poore MH, Mueller JP (1999) Use of goats as biological agents for the renovation of pastures in the Appalachian region of the United States. *Agroforestry Systems* 44: 241-252.

Matches AG (1992) Plant response to grazing: a review. *Journal of Production Agriculture* 5: 1-7.

Medina-Gómez E, Ramírez-Suárez A, Cuevas-Ojeda J, Martínez-Gómez D (2016) Identificación y análisis filogenético del nematodo foliar *Orrina phyllobia* afectando *Solanum elaeagnifolium* Cav. en Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34: 184-199.

Mellado M, Rodríguez A, Olvera A, Villarreal JA, Lopez R (2004) Diets of Nubian and Granadina goats grazing on arid rangeland. *Journal of Range Management* 57: 630-634.

Mellado M, García JE, Arévalo JR, Pittroff W (2008) Replacement value of *Solanum elaeagnifolium* for alfalfa hay offered to growing goats. *Journal of Arid Environments* 72: 2034-2039.

Mellado M, Pastor F, Lopez R, Rios F (2006) Relation between semen quality and rangeland diets of mixed-breed male goats. *Journal of Arid Environments* 66: 727-737.

Mellado M, Valdez R, Lara LM, Lopez R (2003) Stocking rate effects on goats: A research observation. *Journal of Range Management Archives* 56: 167-173.

Mellado M, Villarreal JA, Medina-Morales MA, Arévalo JR, García JE, Meza-Herrera C (2017) Seasonal diet composition and forage selectivity of Boer goats in a semi-arid gypsophilous grassland. *African Journal of Range and Forage Science* 34: 1-9. DOI: 10.2989/10220119.2017.1400466

Mellado M (2016) Dietary selection by goats and the implications for range management in the Chihuahuan Desert: a review. *The Rangeland Journal* 38: 331-341.

Rathfon RA, Greenler SM, Jenkins MA (2021) Effects of prescribed grazing by goats on non-native invasive shrubs and native plant species in a mixed-hardwood forest. *Restoration Ecology* 29: e13361. DOI: 10.1111/rec.13361.

Scheepens PC, Müller-Schärer H, Kempenaar C (2001) Opportunities for biological weed control in Europe.

BioControl 46: 127-138.

Schillinger WF (2007) Ecology and control of russian thistle (*Salsola iberica*) after spring wheat harvest. Weed

Science 55: 381-385.

Wu H, Stanton R, Lemerle D (2016) Herbicidal control of *Solanum elaeagnifolium* Cav. in Australia. Crop

Protection 88:58-64.

Young FL, Yenish JP, Launchbaugh GK, McGrew LL, Alldredge JR (2008) Postharvest control of Russian

thistle (*Salsola tragus*) with a reduced herbicide applicator in the Pacific Northwest. Weed Technology

22: 156-159.

Tabla 1. Efecto de la frecuencia de pastoreo de las cabras una o dos veces por semana en la eliminación de *Solanum elaeagnifolium*, *Prosopis* spp y *Salsola Kali*. Media  $\pm$  EEM.

	Semana				Trat	Valor de <i>P</i>	
	1	2	3	4		Sem	Trat x sem
<i>Solanum elaeagnifolium</i>							
1/ sem	3.3 $\pm$ 0.5	3.3 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.2	2.6 $\pm$ 0.3	0.16	0.98	0.99
2/ sem	2.5 $\pm$ 1.6	3.1 $\pm$ 1.1	3.1 $\pm$ 1.3	1.1 $\pm$ 1.5			
<i>Prosopis</i> spp							
1/ sem	0.5 $\pm$ 1.9	0.1 $\pm$ 1.9	0.3 $\pm$ 1.5	0.3 $\pm$ 1.3	0.15	0.98	0.99
2/ sem	1.8 $\pm$ 1.1	1.1 $\pm$ 2.4	1.3 $\pm$ 2.2	1.5 $\pm$ 0.6			
<i>Salsola kali</i>							
1/ sem	68.3 $\pm$ 7.7	49.1 $\pm$ 3.6	39.8 $\pm$ 5.9	27.0 $\pm$ 6.3	0.51	0.0002	0.81
2/ sem	82.0 $\pm$ 10.6	62.3 $\pm$ 9.4	50.1 $\pm$ 11.4	26.3 $\pm$ 8.3			

## ARTÍCULO ENVIADO

1

### 1 **Effects of stocking density and grazing frequency of goats on *Salsola kali*** 2 **suppression**

### 3 **Efectos de la densidad de población y la frecuencia de pastoreo de las** 4 **cabras en la supresión de *Salsola kali***

5 Edith Martínez-Ruiz<sup>1</sup>, Oscar Ángel-García<sup>1</sup>, Dalia Carrillo-Moreno<sup>1</sup>, Angeles de Santiago-  
6 Miramontes<sup>1</sup>, Viridiana Contreras-Villarreal<sup>1</sup>, Leticia Gaytán-Alemán<sup>1\*</sup>  
7 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periferico Raul López Sanchez y Carretera a Santa  
8 Fé SN, 27054, Torreón, Coahuila, México.

9 \*Corresponding author: Gaytán-Alemán Leticia Romana.

10 e-mail: [zukygay\\_7@hotmail.com](mailto:zukygay_7@hotmail.com), [edith\\_capric@yahoo.com.mx](mailto:edith_capric@yahoo.com.mx), [mvz.oscar\\_2207@hotmail.com](mailto:mvz.oscar_2207@hotmail.com),  
11 [dalia.ivettecm@gmail.com](mailto:dalia.ivettecm@gmail.com), [angelesdesantiago867@gmail.com](mailto:angelesdesantiago867@gmail.com), [dra.viridianac@gmail.com](mailto:dra.viridianac@gmail.com)

### 12 13 **Resumen**

14 El objetivo fue evaluar los efectos de la densidad de cabras y la frecuencia de pastoreo  
15 sobre la densidad del forraje, área foliar y producción de biomasa de *Salsola kali*. La  
16 carga animal fue de dos o cuatro cabras / --m<sup>2</sup>, combinada con una frecuencia de  
17 pastoreo de una o dos veces por semana. Después de cuatro semanas de pastoreo, el  
18 tratamiento con la mayor densidad de cabras y mayor frecuencia de pastoreo suprimió  
19 totalmente a la *Salsola kali* reduciendo la densidad de plantas en un 100% (p <0.01; 112  
20 ± 57 plantas/ m<sup>2</sup> en el tratamiento testigo). Asimismo, después de cuatro semanas de  
21 pastoreo, la combinación de pastoreo dos veces por semana con cuatro cabras por m<sup>2</sup>  
22 resultó en un área foliar de 0 cm<sup>2</sup> en comparación con 69.9 ± 41.7 cm<sup>2</sup> para el control (p  
23 <0,01). La biomasa de *Salsola kali* se suprimió totalmente con cuatro cabras por m<sup>2</sup> y  
24 pastoreo dos veces por semana (1706 ± 166 y 0 ± 0 kg de materia seca/ha para el control  
25 y el pastoreo intensivo; p <0.01). La densidad de plantas, el área foliar y la producción de  
26 biomasa no difirieron (p > 0.01) entre los esquemas de pastoreo. Se concluyó que,  
27 independientemente de la carga animal o la frecuencia de pastoreo, la defoliación de  
28 *Salsola kali* inmadura por las cabras en pastoreo resultó en una marcada reducción de  
29 esta maleza. Por lo tanto, el pastoreo de cabras es una estrategia de control económica  
30 y eficaz para suprimir *Salsola kali* .

31 **Palabras clave:** manejo de malezas, densidad de cabras, densidad de plantas, área  
32 foliar, agostadero.

### 33 34 **Abstract**

35 A study was conducted to evaluate the effects of stocking density and grazing frequency  
36 on herbage density, foliar area, and biomass production of *Salsola kali* subsp. *Tragus* (L).  
37 Stocking rates were two or four goats/ m<sup>2</sup>, combined with a grazing frequency of one or  
38 two grazing times per week. By the end of the fourth week of grazing, goats under the  
39 highest stocking density and higher grazing frequency totally suppressed *Salsola kali*  
40 plants, reducing plant density by 100% (p < 0.01; 112 ± 57 plants/ m<sup>2</sup> in the control group).  
41 Likewise, After four weeks of grazing, the combination of twice a week grazing with four  
42 goats per m<sup>2</sup> gave a 0 cm<sup>2</sup> foliar area compared to 69.9 ± 41.7 cm<sup>2</sup> for the control (p

43 <0.01). Standing biomass of *Salsola kali* was totally suppressed with four goats per m<sup>2</sup>  
44 and grazing twice weekly (1706 ± 166 and 0 ± 0 kg dry matter/ha for control and heavily  
45 grazing; p <0.01). Plant density, foliar area, and biomass production did not differ (p >0.01)  
46 among grazing schemes. It was concluded that regardless of stocking rate or grazing  
47 frequency, defoliation of growing *Salsola kali* by grazing goats resulted in a marked  
48 reduction of this weed. Thus, goat grazing targeting *Salsola kali* is an economical and  
49 effective control strategy to suppress this weed.

50 **Key words:** weed management, rangeland, stocking density, plant density, foliar area.

51

52

### Introduction

53

54 *Salsola kali* subsp. *tragus* (L.) is an aggressive weed for spring-sown crops in zones  
55 of low-precipitation ([Schillinger 2007](#)) that causes damage to crops due to competition for  
56 light, nutrients, water, and space ([Young et al. 2008](#)). This *Chenopodiaceae* is widespread  
57 in many countries ([Schillinger 2007](#), [Boulaaba et al. 2019](#)), especially in coastal,  
58 agricultural areas with soils rich in salt and desert regions. *Salsola kali* is not only  
59 detrimental for crops but for human health as its pollen constitute an important source of  
60 respiratory allergy ([Carnes et al. 2003](#), [Arilla et al. 2010](#)). Additionally, this plant promotes  
61 the quick spread of fire due to its morphology, which allows maximum air circulation, and  
62 the tumbling dry plant in the late fall and winter pile against intercepting fences.

63

64 *Salsola kali* represents a significant threat to native ecosystems, including their  
65 ecological function and biodiversity ([Antill et al. 2012](#)). Treatments with herbicide reduced  
66 *Salsola kali* ([Young et al. 2008](#)), but native forbs are also eliminated. Manual removal of  
67 this weed reduces its cover but is not feasible in large zones ([Antill et al. 2012](#)). During  
68 early growth and before it gets prickly, this plant is readily eaten by goats on rangeland  
69 ([Mellado et al. 2017](#)), despite a wide array of secondary compounds of this plant  
70 ([Elsharabasy and Hosney 2013](#), [Roshandel and Shamsi 2015](#), [Mohammed et al. 2019](#)).  
71 Therefore, this weed can also be considered a forage resource for goats under extensive  
72 systems due to its adequate crude protein (10%) and digestible energy (9.5 MJ kg<sup>-1</sup>)  
73 ([Beckie and Francis, 2009](#)). This facultative halophyte is highly palatable for goats  
74 ([Osman et al. 2006](#)); therefore, these animals would help to control this weed by  
75 preferentially grazing *Salsola kali* and thus putting it at a disadvantage with other desirable  
76 forages species selected by sheep and cattle, particularly perennial grasses, by  
77 preventing *Salsola kali* from flowering and dispersing their abundant seeds.

78

79 A great advantage of using grazing goats to control *Salsola kali* is that goats will  
80 ingest any *Salsola kali* plant emerging too early or too late to be affected by the application  
81 of herbicides ([Hendricks et al. 2002](#)). Also, goats would be a good weed control alternative  
82 in abandoned arable land where *Salsola tragus* profusely invade. Monitor the grazing  
83 impact of goats on the population of *Salsola tragus* when this weed is most palatable to  
84 the goats (before winter) is important to develop a strategy to control this weed  
85 biologically. Therefore, this study aimed at determining the impact of goat stocking rate  
86 on the control of *Salsola kali* in an arid rangeland.

84

85

## Material and methods

### Study site

87 The present study was carried out in northern Mexico (25 ° 64' N, 103 ° 26' W) in  
 88 a zone with a mean altitude of 1100 m above sea level. Mean annual rainfall in this zone  
 89 is 230 mm, and the annual average temperature is 22.5 °C.   
 90 falls during high-intensity thunder storms from June to October. The area is characterized  
 91 by a semi-arid continental climate, with mild winters and extremely hot summers. During  
 92 the summer months, daytime temperatures exceed 40 °C. Plant community corresponds  
 93 to a desert rangeland where *Prosopis glandulosa*, *Acacia farnesiana*, and *Larrea*  
 94 *tridentata* were the dominant shrubs. In the rainy season, the main forbs available to goats  
 95 are *Solanum elaeagnifolium*, *Sphaeralcea angustifolia*, and *Salsola kali*. The predominant  
 96 grasses are *Bouteloua gracilis*, *Setaria spp.*, and *Cenchrus ciliaris*. Cattle, equines, and  
 97 goats have heavily grazed the study area for several decades.

### Grazing treatments

98 *Salsola kali* was sown in May (beginning of the rainy season) in 15 plots of 9 m<sup>2</sup>.  
 99 Seeding was carried out by broadcast application of 15 kg of seed ha<sup>-1</sup> of this introduced  
 100 weed after a shallow plowing. After the growth of the plants with an average height of 25  
 101 cm, treatments imposed were two stocking densities (two or four goats per -m<sup>2</sup>) and two  
 102 frequencies of grazing (grazing once or twice a week). Stocking density would represent  
 103 the stocking densities that would typically occurs in this landscape where multiple large  
 104 goat herds share the rangeland. For directed grazing, four groups of goats were formed,  
 105 which were placed on the plots of *Salsola kali* for two hours. Plots were paired with  
 106 ungrazed control plots for the study duration (also 3 x 3 m). The study comprised four  
 107 weeks.  
 108

### Sampling procedure

109 Measurement of variables was carried out before grazing (start of the trial), and  
 110 after each treatment, the variables were evaluated weekly. The population density, leaf  
 111 area, total green biomass, and total dry biomass were determined in each sampling area.  
 112 The population density was obtained from the total count of plants that were within a 1 m<sup>2</sup>  
 113 quadrant of each of the plots. The total leaf area (cm<sup>2</sup>) was estimated by measuring the  
 114 plants within the 1 m<sup>2</sup> quadrant from each of the plots, considering the length (cm) and  
 115 width of the leaf (cm) x 0.75 ([Tanaka and Yamaguchi 1984](#)). For the production of total  
 116 green biomass, the plants were collected together with its roots that were found within a  
 117 quadrant of 6.25 m<sup>2</sup> of each one of the plots and were weighed; for the total dry biomass  
 118 (dry matter) the sample was subjected to the stove at 65 °C for three days, and they were  
 119 weighed.  
 120

### Data analyses

121 The UNIVARIATE procedure of SAS (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) was used  
 122 to test normality. Assuming a criteria of p <0.05, the Shapiro-Wilk test showed that data  
 123 for foliar area and density of plants were not normally distributed and were transformed  
 124

125 using  $\log_{10}(x + 1)$  to get normality. Parametric analyses were used to test the treatment  
126 effect using the PROC GLM procedure of SAS for a randomized complete block design  
127 with three replications. The linear model fits the data to test differences among treatments  
128 in changing plant density, foliar area, and phytomass production. Stocking density,  
129 grazing frequency, and the stocking density x grazing frequency interaction were the  
130 independent variables. Mean separation tests in these analyses were completed as  
131 preplanned pairwise comparisons of least-squares means generated with the PDIFF  
132 option of SAS. Statistical significance was defined as  $p < 0.05$

133

134

### Results

135 By the end of the fourth week of grazing, four goats/ m<sup>2</sup> and twice a week grazing  
136 totally suppressed *Salsola kali* plants, reducing plant density by 100% ( $p < 0.01$ ; Table 1).  
137 There were no differences in the reduction of *Salsola kali* density among grazing  
138 treatments ( $p > 0.05$ ), with reductions of these plants from 74 to 100% (Table 1). The effect  
139 of grazing frequency and stocking rate of goats grazing on *Salsola kali* stands on foliar  
140 area of this plant species is presented in Table 2. A significant difference in treatments  
141 with different stocking rates and grazing frequency was observed compared with the  
142 control site ( $p < 0.05$ ). Excluding the control site, both stocking density and grazing  
143 frequency did not affect foliar area of *Salsola kali*. Biomass production was highest in the  
144 control site and was totally suppressed in the treatment combining the highest stocking  
145 density and grazing frequency ( $p < 0.05$ ; Table 3).

146

147

### Discussion

148 *Salsola kali* is an abundant and economically important weed in croplands and  
149 rangelands of northern Mexico; therefore, it is necessary to incorporate prescription goat  
150 grazing into ecologically-based integrated *Salsola kali* management to control this weed.  
151 In the present trial, by the end of the fourth week of grazing, goats under the highest  
152 stocking density and higher grazing frequency totally suppressed *Salsola kali* plants,  
153 reducing plant density by 100% ( $p < 0.01$ ; Table 1). Thus, goat grazing with the highest  
154 frequency and stocking density may completely eradicate *Salsola kali*, as this plant was  
155 eliminated entirely. Given that this is an annual plant, even if goats were removed from  
156 the rangeland, this weed could regrow, but it would not be able to spread seeds.

157 Reduction of *Salsola kali* density did not differ among grazing treatments ( $p > 0.05$ ),  
158 with reductions of these plants from 74 to 100%. These results and those of others in  
159 Europe ([Hejzman et al. 2014](#), [Elias et al. 2018](#)) and the United States of America ([Hart  
2001](#)) indicate that goat grazing with a relatively high grazing pressure can be an effective  
160 tool to restore encroached dry grasslands or to remove weedy species.

161  
162 Animals overgraze palatable plant species and under graze less palatable plants  
163 ([Ventera et al. 2019](#)). *Salsola kali* is highly palatable to goats in desert rangelands ([Du  
Toit et al. 1995](#)), which explain the marked reduction or suppression of *Salsola kali* by  
164 grazing goats in heavy stand of this nutritious, palatable plant. Thus, goats can use this  
165

166 plant particularly at the beginning of the rainy season when this forage forms a large part  
 167 of their diet. Consequently, goats can be introduced to rangelands in summer to suppress  
 168 *Salsola kali* without reducing goat production. In winter, goats would not eat *Salsola kali*  
 169 because this plant loses its foliage, but as the foliage diminishes, goats would not compete  
 170 with sheep or cattle for the available grasses. *Salsola kali* is an example of a weed that is  
 171 not eaten year-round; therefore, its control with goat grazing is restricted to the growing  
 172 phase of this plant.

173 When considering weed control with targeted grazing, this practice should be  
 174 based on the palatability and morphology of the targeted weeds and could be employed  
 175 when compatible with production goals (Frost and Launchbaugh 2003). In the present  
 176 situation, goats consumed growing *Salsola kali* avidly, and this forage was a good source  
 177 of crude protein (14.4%) with low fiber content (27.4% acid detergent fiber) and a very  
 178 high dry matter digestibility (68.5%) (Hageman et al. 1988). Therefore, the high potential  
 179 biological efficacy of using goats to suppress *Salsola kali* was also of high benefit for goats  
 180 because they consumed a high-quality forage.

181

182

### Conclusion

183 Targeted grazing against *Salsola kali* with goats proved to be an effective  
 184 rangeland management tool to control this highly invasive weed. The total suppression of  
 185 *Salsola kali* with the highest stocking density and frequency indicates that herbicide  
 186 treatment would not be necessary. The use of goats was cost-effective and offered an  
 187 environmentally friendly and effective method to manage this invasive plant species in  
 188 semi-desert rangeland. Thus, goat grazing is an effective *Salsola kali* control program that  
 189 assured maximum effectiveness.

190

191

### Conflict of interest

192 The authors declare that they have no conflict of interest.

193

194

### Literature cited

- 195 ANTILL TM, Naeth MA, Bork EW, Westhaver AL. 2012. Russian thistle (*Salsola tragus* L.)  
 196 control on bighorn sheep winter ranges in Jasper National Park. *Natural Areas*  
 197 *Journal* 32: 391-397. <https://doi.org/10.3375/043.032.0407>  
 198 ARILLA MC, Ibarrola I, Brena S, Martinez A, Colas C, Asturias JA. 2010. The Russian  
 199 thistle (*Salsola tragus*) pollen major allergen, Sal k 1, can be quantified in allergenic  
 200 extracts and airborne pollen. *International Archives of Allergy and Immunology* 152:  
 201 319-326. <https://doi.org/10.1159/000288285>  
 202 BECKIE HJ, Francis A. 2009. The biology of Canadian weeds. 65. *Salsola tragus* L.  
 203 (Updated). *Canadian Journal of Plant Science* 89: 775-789.  
 204 <https://doi.org/10.4141/CJPS08181>  
 205 BOULAABA M, Medini F, Hajlaoui H, Mkadmini K, Falleh H, Ksouri R, Isoda H, Smaoui  
 206 A, Abdelly C. 2019.. Biological activities and phytochemical analysis of phenolic

- 207 extracts from *Salsola tragus* L. role of endogenous factors in the selection of the  
208 best plant extracts. South African Journal of Botany 123: 193-199.  
209 <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.03.003>
- 210 CARNES J, Fernandez-Caldas E, Marina A, Alonso C, Lahoz C, Colas C, Lezaun A. 2003.  
211 Immunochemical characterization of Russian thistle (*Salsola tragus*) pollen  
212 extracts. Purification of the allergen Sal k 1. Allergy 58: 1152-1156.  
213 <https://doi.org/10.1034/j.1398-9995.2003.00269.x>
- 214 DU TOIT PC, Blom CD, Immelman WF. 1995. Diet selection by sheep and goats in the  
215 arid karoo. African Journal of Range and Forage Science 12: 16-26.  
216 <https://doi.org/10.1080/10220119.1995.9647858>
- 217 ELIAS D, Hölzel N, Tischew S. 2018. Goat paddock grazing improves the conservation  
218 status of shrub-encroached dry grasslands. *Tuexenia* 38: 215-233.  
219 <https://doi.org/10.14471/2018.38.017>
- 220 ELSHARABASY FS, Hosney AM. 2013. Chemical constituents from the aerial parts of  
221 *Salsola inermis*. Egyptian Pharmaceutical Journal 12: 90–94. [Doi: 10.7123/01.EPJ.0000428060.24957.95](https://doi.org/10.7123/01.EPJ.0000428060.24957.95)
- 222
- 223 FROST RA, Launchbaugh KL. 2003. Prescription grazing for rangeland weed  
224 management a new look at an old tool. Rangelands 25: 43-47.  
225 <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/rangelands/article/viewFile/11632/10905>
- 226
- 227 HAGEMAN JH, Fowler JL, Suzukida M, Salas V, Lecaptain R. 1988. Analysis of russian  
228 thistle (*Salsola* species) selections for factors affecting forage nutritional value.  
229 Journal of Range Management 41: 155-158.  
230 <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/viewFile/8231/7843>
- 231 HART S. 2001. Recent perspectives in using goats for vegetation management in the  
232 USA. Journal of Dairy Science. 84: E170-E176. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70212-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70212-3)
- 233
- 234 HEJCMAN M, Strnad L, Hejčmanová P, Pavlů V. 2014. Biological control of *Rumex*  
235 *obtusifolius* and *Rumex crispus* by goat grazing. Weed Biology and Management  
236 14: 115-120. <https://doi.org/10.1111/wbm.12038>
- 237 HENDRICKS HH, Novellie PA, Bond WJ, Midgley JJ. 2002. Diet selection of goats in the  
238 communally grazed Richtersveld National Park. African Journal of Range and  
239 Forage Science 19: 1-11. <https://doi.org/10.2989/10220110209485769>
- 240 MELLADO M, Villarreal JA, Medina-Morales MA, Arévalo JR, García JE, Meza-Herrera  
241 C. 2017. Seasonal diet composition and forage selectivity of Boer goats in a semi-  
242 arid *gypsophilous* grassland. African Journal of Range and Forage Science 34: 1-  
243 9. <https://doi.org/10.2989/10220119.2017.1400466>
- 244 MOHAMMED HA, Al-Omar MS, Aly MS, Hegazy MM. 2019. Essential oil constituents and  
245 biological activities of the halophytic plants, *Suaeda vermiculata* Forssk and  
246 *Salsola cyclophylla* Bakera growing in Saudi Arabia. Journal of Essential Oil-  
247 Bearing Plants, 22: 82–93. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1574611>

- 248 OSMAN AE, Bahhady F, Hassan N, Ghassali F, AL Ibrahim T. 2006. Livestock production  
249 and economic implications from augmenting degraded rangeland with *Atriplex*  
250 *halimus* and *Salsola vermiculata* in northwest Syria. Journal of Arid Environments  
251 65: 474–490. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.07.009>
- 252 ROSHANDEL P, Shamsi F. 2015. Analysis of oilseed of Halophytic species: *Atriplex*  
253 *griffithii*, *Haloxylon ammodendron*, *Salicornia europaea*, *Salsola yzadiana*. Journal  
254 of Advanced Laboratory Research in Biology 6: 83–88.  
255 [https://d1wgtxts1xzle7.cloudfront.net/58644158/Analysis\\_of\\_oilseed\\_of\\_halophyti](https://d1wgtxts1xzle7.cloudfront.net/58644158/Analysis_of_oilseed_of_halophyti)  
256 [c\\_species-with-cover-page-  
v2.pdf?Expires=1635359819&Signature=V0GXNJK9pH77Idysq-  
pYyMhFFKAchhQ0151KoFZYETb8tsWJrZAV69oLaU9eK0cnduNiRAOqdY3mx7I  
YT3Whh347c6oUuh7s8bHPlanOWC1CjmMoWdCSetunJdSXSfIpRszETSoudoi9  
rapotuCZYqTXSu0HodGvvdhJT3w60UZjw6V4Dkg9i~WDtqbE~z2qnGzY8-  
bqFMiYBwYfRik5h~3KY2KbHGhBL6fyWv07nRN~Z-  
Ay39fx~vllE3bNjd5WOI4l8WiSqcr39vHUnXXfm~1B0c-  
fEoiBVR98clYm5KXltGr3VCzvqQCkEg~MYIz070NHNrhVXeIFJ03hhtH0eA\\_&Ke  
y-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wgtxts1xzle7.cloudfront.net/58644158/Analysis_of_oilseed_of_halophyti_c_species-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1635359819&Signature=V0GXNJK9pH77Idysq-pYyMhFFKAchhQ0151KoFZYETb8tsWJrZAV69oLaU9eK0cnduNiRAOqdY3mx7IYT3Whh347c6oUuh7s8bHPlanOWC1CjmMoWdCSetunJdSXSfIpRszETSoudoi9rapotuCZYqTXSu0HodGvvdhJT3w60UZjw6V4Dkg9i~WDtqbE~z2qnGzY8-bqFMiYBwYfRik5h~3KY2KbHGhBL6fyWv07nRN~Z-Ay39fx~vllE3bNjd5WOI4l8WiSqcr39vHUnXXfm~1B0c-fEoiBVR98clYm5KXltGr3VCzvqQCkEg~MYIz070NHNrhVXeIFJ03hhtH0eA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- 265 SCHILLINGER WF. 2007. Ecology and control of russian thistle (*Salsola iberica*) after  
266 spring wheat harvest. Weed Science 55: 381–385. [https://doi.org/10.1614/WS-06-  
267 189](https://doi.org/10.1614/WS-06-189)
- 268 TANAKA A, Yamaguchi J. 1984. Producción de materia seca, componentes del  
269 rendimiento del grano de maíz. Traducido del Inglés por J. Kohashi S. Colegio de  
270 Posgraduados. Montecillo, México. 124 pp.  
271 <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n1/v38n1a2.pdf>
- 272 VENTERA ZS, Hawkinsa HJ, Cramer MD. 2019. Cattle don't care: Animal behaviour is  
273 similar regardless of grazing management in grasslands. Agriculture, Ecosystems  
274 and Environment 272: 175–18.7 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.11.023>
- 275 YOUNG FL, Yenish JP, Launchbaugh GK, McGrew LL, Richard Alldredge J. 2008.  
276 postharvest control of russian thistle (*salsola tragus*) with a reduced herbicide  
277 applicator in The Pacific Northwest. Weed Technology 22: 156-159.  
278 <https://doi.org/10.1614/WT-07-096.1>  
279

## CONCLUSIÓN GENERAL

El uso del pastoreo dirigido con cabras es un método ecológicamente viable y efectivo para controlar diversas especies como *Salsola kali*, *Solanum elaeagnifolium*, *Prosopis* spp. en agostaderos del norte de México. La supresión total de *Salsola kali* con mayor densidad de población y frecuencia de pastoreo indica que puede ser una alternativa económica y eficaz para el control de esta planta invasiva comparada con otros métodos tradicionales.