

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**RESPUESTA MORFOLÓGICA DE SEIS ESPECIES DE ZACATES
NATIVOS A LA APLICACIÓN DE UNA QUEMA PRESCRITA EN EL
RANCHO LOS ÁNGELES, SALTILLO, COAHUILA**

Por:

Lidia Berenice Galván Salazar

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

RESPUESTA MORFOLÓGICA DE SEIS ESPECIES DE GRAMÍNEAS NATIVAS
ANTE LA APLICACIÓN DE UNA QUEMA PRESCRITA EN EL RANCHO LOS
ÁNGELES, SALTILLO, COAHUILA

Por:

Lidia Berenice Galván Salazar

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Comité de Asesoría:



Dr. José Javier Ochoa Espinoza
Director



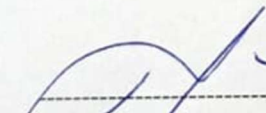
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Asesor



Dr. Juan Antonio Encina Domínguez
Asesor



Dr. José Antonio Hernández Herrera
Asesor



M.C. Pedro Carrillo López

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2026



Declaración de No Plagio

Saltillo, Coahuila, México
Junio de 2026

DECLARO QUE:

El autor quien es el responsable directo del trabajo de investigación titulado: **"Respuesta morfológica de seis especies de gramíneas nativas ante la aplicación de una quema prescrita en el rancho Los Ángeles, Saltillo, Coahuila"**, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citar; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Lidia Berenice G.S

LIDIA BERENICE GALVÁN SALAZAR

DEDICATORIAS

A DIOS

Primeramente, elevo mi gratitud a Dios, mi padre, por abrir caminos donde no los había y por darme sabiduría cuando la necesité. Santiago 1:5. Cada examen aprobado, cada obstáculo superado y cada meta alcanzada en mi vida lleva su firma. Gracias por la oportunidad que me otorgaste de exaltar tu nombre en cada concurso de identificación de plantas de pastizales en Estados Unidos, en mi intercambio académico en España y en mis prácticas profesionales en Colombia, porque de Él, por Él y para Él son todas las cosas. Romanos 11:36. Gracias por darme la inteligencia proveniente de ti para identificar cada gramínea; desde su raíz, su tallo, sus hojas, sus flores y frutos, la cual es tu creación, siendo cada planta sumamente perfecta y hermosa. Por permitirme estudiar otra parte de tu creación como los animales domésticos y la fauna silvestre, siempre para tu honra y para tu gloria. Gracias Jehová Jireh por manifestar tu provisión, por suplir cada necesidad durante estos cinco años, y ayudarme a confiar en ti. Te agradezco Señor, por permitirme cumplir mi sueño de culminar mi carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, profesión que pongo a tu disposición para el extendimiento de tu reino en la tierra y para ayudar a cada persona que lo necesite en este mundo, como dice tu palabra: “Para que la gente vea y sepa, considere y entienda, que la mano del Señor ha hecho esto, que el Santo de Israel lo ha creado”. Isaías 41:20. Nunca fue por mí, siempre fue para la gloria de Cristo Jesús. Hoy puedo decir “Ebenezer”, hasta aquí me ayudó Jehová 1 Samuel 7:12. En ti consumado fue, la victoria está en el nombre del Señor.

A MIS PADRES

Moisés Galván Romero y Adriana Salazar Moreno:

Gracias por acompañarme y apoyarme incondicionalmente durante todo este proceso, por estar a mi lado en cada momento, desde el inicio hasta el final. Gracias por enseñarme que, para alcanzar cada meta en la vida, siempre debo poner a Dios en primer lugar. Gracias por respaldar mi decisión de salir de casa para perseguir

mi sueño de estudiar en Saltillo, Coahuila. A pesar del miedo y la tristeza que pudo representar la distancia, jamás fueron un obstáculo ni recibí un “no” como respuesta. Cuando les compartí mi deseo de realizar un intercambio académico en Europa, o cuando les conté que haría mis prácticas profesionales en Colombia, aún con las dudas e incertidumbres que podrían surgir, siempre eligieron apoyarme, confiar en mí y estar presentes. Gracias por celebrar cada uno de mis logros, incluso desde la distancia, y por brindarme la fortaleza necesaria para seguir adelante en cada etapa de este camino. Hoy dedico esta tesis a ustedes, mis padres, a quienes amo con toda el alma.

A MIS HERMANOS

Moises Alejandro Galván Salazar y Pablo Eliezer Galván Salazar:

Gracias por estar siempre para mí y darme ánimo en los momentos difíciles estando lejos. Siempre apoyaron mi sueño de convertirme en profesionista y, aunque extrañábamos vivir juntos, entendimos que era necesario hacer ese sacrificio para que pudiera culminar mi carrera.

A MI TÍO

Juan Antonio Galván Romero, quien siempre me apoyó en la realización de este sueño, celebrando cada logro universitario y confiando en mi capacidad e inteligencia para alcanzar mis metas.

A MI ABUELO

Antonio Galván Córdoba, gracias por confiar en mí, espero que te sientas orgulloso de tu nieta.

A MIS SERES QUERIDOS QUE HAN PARTIDO

Mi abuelo Adrián Salazar Guillén y mi tío Juan Galván Romero, quienes partieron de este mundo hace muchos años; sé que estarían muy orgullosos de mí al verme convertida en una profesionista.

A MIS AMIGOS

Mi mejor amiga: Katherine Fernández Miranda, quien me estuvo apoyando al final de mi carrera desde el otro lado del mundo (España).

Mi gran amigo y colega: Samuel Aminadab Rivera, a quien estimo de gran manera, y quien en todo momento me estuvo apoyando desde Nicaragua, nunca olvidaré cada cosa que has hecho por mí.

AGRADECIMIENTOS

A MIS MAESTROS

José Javier Ochoa Espinoza, Juan Antonio Encina Domínguez, Perpetuo Álvarez Vázquez y José Antonio Hernández Herrera, muchas gracias por ayudarme en la realización de esta tesis y por el tiempo que me brindaron, gracias por cada enseñanza que me dejaron en cada una de sus materias impartidas.

A MI ALMA TERRA MATER

Agradezco a mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme las puertas y ser mi segundo hogar en todo este recorrido, gracias por las oportunidades que me brindaste, porque por medio de esta gran institución logré hacer realidad mi sueño de recorrer el mundo, gracias por la oportunidad de representarte a nivel nacional e internacional en el concurso de identificaciones de plantas de pastizales, en la SOMMAP, SRM y en la SER. Una vez buitre siempre buitre.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Uso del fuego	4
2.1.1 Las quemas prescritas como herramienta de rehabilitación	5
2.1.2 Régimen de fuego en pastizales y ecosistemas dependientes del fuego	6
2.1.3 Plan de quema prescritas	9
2.1.4 Casos de éxito en uso del fuego para rehabilitación	11
2.2 Descripción de las especies de gramíneas evaluadas	12
2.2.1 <i>Aristida havardii</i>	13
2.2.2 <i>Bothriochloa barbinodis</i> (Lag.) Herter	14
2.2.3 <i>Bouteloua curtipendula</i>	15
2.2.4 <i>Bouteloua gracilis</i>	16
2.2.5 <i>Hopia obtusa</i>	16
2.2.6 <i>Sporobolus airoides</i>	17
2.3 Otros mecanismos de manejo para renovar el forraje	18
2.3.1 Pastoreo	19
2.3.2 Descanso	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 Localización del área de estudio	23
3.2 Clima	24

3.3 Hidrología	24
3.4 Geología	26
3.5 Edafología	27
3.6 Vegetación	27
3.7 Ubicación del área experimental	28
3.8 Evaluación de campo	29
3.9 Análisis de la información	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1 Producción de biomasa por componente morfológico	34
4.1.1 Biomasa de raíz	34
4.1.2 Biomasa de hoja	35
4.1.3 Biomasa de tallo	40
4.1.4 Biomasa de material muerto	41
4.2 Crecimiento de tallos y hojas	44
4.2.1 Elongación de tallos	44
4.2.2 Elongación de hojas	45
4.3 Relación hoja-tallo	46
V. CONCLUSIONES	51
VI. LITERATURA CITADA	53
VII. ANEXO FOTOGRÁFICO	60
VIII. ANEXO ACADÉMICO	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Elongación de tallo (cm) de seis especies de gramíneas nativas durante un período de 132 días posteriores a la quema prescrita en el rancho Los Ángeles.	47
Cuadro 2. Elongación de hoja (cm) de seis especies de gramíneas nativas durante un período de 132 días posteriores a la quema prescrita en el rancho Los Ángeles.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de investigación en el rancho Los Ángeles, Saltillo, Coahuila, México.	23
Figura 2. Hidrología del rancho Los Ángeles.	25
Figura 3. Características geológicas y distintos tipos de suelo del área correspondiente al potrero 10 en el rancho Los Ángeles.	26
Figura 4. Ubicación del potrero 10 en el rancho Los Ángeles.	29
Figura 5. Referencia de los puntos evaluados en el rancho Los Ángeles.	30
Figura 6. Identificación de los sitios evaluados después de la quema prescrita.	32
Figura 7. A) Medición de la curva de crecimiento en campo; B) Peso de material muerto en laboratorio.	32
Figura 8. Aporte porcentual promedio de la biomasa de raíz por especie posterior a una quema prescrita de primavera en el RLA.	34
Figura 9. Incremento porcentual promedio de biomasa de raíz para las seis especies en estudio.	35
Figura 10. Aporte porcentual promedio de biomasa de hoja por especie posterior a una quema prescrita de primavera en el RLA.	35
Figura 11. Incremento porcentual promedio de biomasa de hoja para las seis especies en estudio.	37
Figura 12. Acumulación porcentual de biomasa vegetal post quema prescrita para A. havardii, B. barbinodis y B. curtispindula.	38
Figura 13. Acumulación porcentual de biomasa vegetal post quema prescrita para B. gracilis, H. obtusa y S. airoides.	39

Figura 14. Aporte porcentual promedio de biomasa de tallo por especie posterior a una quema prescrita de primavera en el RLA.	41
Figura 15. Incremento porcentual promedio de biomasa de tallo para las seis especies en estudio.	42
Figura 16. Aporte porcentual promedio de biomasa de material muerto por especie posterior a una quema prescrita de primavera en el RLA.	44
Figura 17. Incremento porcentual promedio de biomasa de material muerto para las seis especies en estudio.	45
Figura 18. Relación hoja:tallo de seis especies de gramíneas expuestas a una quema prescrita de primavera en el rancho Los Ángeles.	50

RESUMEN

Las especies *Aristida havardii*, *Bothriochloa barbinodis*, *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *Hopia obtusa* y *Sporobolus airoides* son gramíneas que integran el pastizal mediano abierto y están adaptadas al fuego. A su vez, el fuego es un método de rehabilitación, cuando se usa mediante quemas prescritas (QP). El objetivo de este estudio fue documentar los efectos de la aplicación de una QP a inicios de primavera sobre variables morfológicas y productivas en seis especies nativas de gramíneas en el rancho Los Ángeles. La QP se llevó a cabo en marzo del 2024, en el potrero 10 en una superficie de 5 ha. Por otro lado, se realizó la evaluación de la curva de crecimiento de las especies mencionadas por un periodo de 132 días, se evaluaron cuatro variables morfológicas: hoja, tallo, raíz y material muerto. Se comprobó que *B. gracilis* presentó la mayor producción de biomasa de raíz, alcanzando 45.2%, mientras que *H. obtusa* registro el valor máximo de biomasa de hoja con 32.5%, y también de tallo con un promedio de 32.7%; por último, *B. curtipendula* presento la mayor acumulacion de material muerto con 57.2% a los 132 días después de la QP. En el mismo sentido, *B. gracilis* fue la especie con mayor relación de hoja:tallo presentando mayor proporción de hoja en el 90% de las veces, seguido por *S. airoides* que registró mayor proporción de relación hoja en 75%. De esta manera, se busca expandir esta información para evitar el deterioro de los pastizales, pero también para poder tener forraje de mayor calidad disponible para el ganado, promoviendo el rebrote de las especies de gramíneas nativas mediante la aplicación del fuego como herramienta de rehabilitación.

Palabras clave: curva de crecimiento, biomasa, fuego, gramíneas.

ABSTRACT

Aristida havardii, *Bothriochloa barbinodis*, *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *Hopia obtusa*, and *Sporobolus airoides* are grass species that constitute the open midgrass prairie ecosystem and are adapted to fire. Fire, in turn, is a rehabilitation tool when applied through prescribed burns (PB). The objective of this study was to document the effects of a prescribed burn conducted in early spring on the morphological and productive variables of six native grass species at Los Ángeles Ranch. The prescribed burn was carried out in March 2024 in Pasture 10 over an area of 5 ha. Meteorological and safety conditions were considered, including the establishment of firebreaks and blacklines to prevent loss of fire control. The growth curves of the aforementioned species were evaluated over a period of 132 days. Four morphological variables were assessed: leaf, stem, root, and dead material biomass. Results showed that *B. gracilis* exhibited the highest root biomass production, reaching 45.23%, whereas *H. obtusa* recorded the highest leaf biomass value at 32.46% and the highest stem biomass with an average of 32.75%. Finally, *B. curtipendula* showed the greatest accumulation of dead material, reaching 57.16% at 132 days after the prescribed burn. Additionally, *B. gracilis* exhibited the highest leaf-to-stem ratio, showing the greatest proportion of leaves relative to stems in five out of six evaluation periods, followed by *S. airoides*, which recorded the highest leaf-to-stem ratio in four out of six evaluation periods. This research contributes to expanding knowledge regarding grassland rehabilitation through prescribed burning. The findings may help prevent grassland degradation and loss while improving the availability of high-quality forage for livestock, promoting the regrowth of native grass species through the use of fire as a rehabilitation tool.

Keywords: growth curve, biomass production, prescribed burning, native grasses.

I. INTRODUCCIÓN

En México como en el mundo la degradación de las tierras de pastoreo se ha convertido en un problema que afecta el ecosistema y la productividad de la tierra (Castro *et al.*, 2022), ocasionando pérdidas en la biodiversidad, en el número de especies, mientras que en términos productivos las pérdidas se reflejan en la condición corporal del ganado, la reproducción, la producción de carne y leche, así como en una limitada productividad del pastizal obligando al productor a realizar un gasto adicional en la compra de forraje complementario. Dado el problema anterior, surge la necesidad de rehabilitar el pastizal, lo cual se puede llevar a cabo mediante diversas técnicas tales como las que utilizan maquinaria para modificar la estructura comúnmente llamadas mecánicas (FAO, 2011), modelos de pastoreo que efficienten el uso de los recursos vegetales y del suelo (FAO, 2013) estas dos técnicas requieren forzosamente de la intervención humana, sin embargo, existen técnicas cuya base de aplicación es la naturaleza, estas son el descanso y el fuego (Spencer *et al.* 2015).

Al respecto del fuego como técnica de rehabilitación, es importante considerar que los zacatales son comunidades vegetales que dependen del fuego para expresar su potencial, ya que en general los pastizales evolucionaron con tres factores importantes que son la sequía, la herbivoría y el fuego (USDA, 2000; FAO, 2011); sin embargo, los regímenes naturales de ocurrencias de fuegos, es decir incendios silvestres han sido modificados por el ser humano, en su afán de ver el fuego como una amenaza, en ese sentido la herramienta del fuego puede ser utilizada de manera programada mediante la aplicación de quemas prescritas (Spencer *et al.* 2015).

El fuego en las gramíneas tiene diferentes efectos de acuerdo a su intensidad y antecedente inmediato de pastoreo (USDA, 2000), es decir, un zacate que fue subutilizado y acumuló materia seca en exceso y posiblemente esté oxidado, tendrá un valor forrajero menor que aquel que tiene hojas abundantes y maduras en proporción adecuada con el resto de sus estructuras vegetales, en el primer escenario el fuego renovará la materia vegetal seca y la remoción de la biomasa

aérea permitirá mayor iluminación y aumento en la tasa fotosintética, en el segundo caso el fuego no es necesario. Entonces, el uso del fuego además de obedecer a lo anterior también será influenciado por otros factores como la época en que se lleve a cabo la quema y la intensidad del fuego, lo que son factores que sí pueden ser definidos mediante un plan de quema (USDA, 2000). Al quemar en el momento adecuado, será importante documentar la respuesta de la especie objetivo a las condiciones promovidas, esto puede ser realizado mediante la medición de la curva de crecimiento y el cálculo de la producción de biomasa del pasto nativo que se tiene como objetivo, ayudándonos a prevenir el sobrepastoreo y como consecuencia a mejorar nuestras ganancias, así como a promover la sustentabilidad mientras conservamos el suelo y la biodiversidad (Paruelo *et al.*, 2004).

En México, muchas explotaciones ganaderas desconocen el potencial productivo de especies nativas de alto valor forrajero en cuanto a su producción de materia seca, además, en ausencia de pastoreo, el fuego puede ayudar a restablecer el ciclo de crecimiento de gramíneas, sobre todo de las de crecimiento de temporada cálida o de tipo de respiración C4 (USDA, 2000; FAO, 2011), como en el caso del Popotillo Plateado (*Bothriochloa barbinodis*), zacate tres barbas (*Aristida spp*), zacate navajita azul (*Bouteloua gracilis*), zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*), y el zacate guía (*Hopia obtusa*), todas presentes en el Rancho Los Ángeles.

Basado en lo anterior, la justificación de este trabajo radica en la importancia de documentar los efectos del fuego aplicado mediante una quema prescrita a inicios de la primavera en un pastizal mediano abierto en variables productivas, como la relación hoja-tallo en cuanto a su peso, pero también la elongación de estas mismas estructuras vegetativas, y la producción de biomasa en respuesta al fuego.

1.1. Objetivo general

Documentar los efectos de la aplicación de una quema prescrita a inicios de primavera sobre variables morfológicas y productivas en seis especies nativas de gramíneas en el rancho Los Ángeles.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento de biomasa en relación al peso seco de hoja, tallo, raíz de las seis especies seleccionadas en diferentes intervalos de crecimiento posteriores a la quema prescrita
- Evaluar y comparar la respuesta post quema prescrita en cuanto a la longitud de hojas y tallos de seis especies de gramíneas nativas de importancia forrajera
- Proveer de elementos técnicos y científicos a manejadores de pastizales para una correcta aplicación del fuego de acuerdo a la composición de especies presentes en el sitio objetivo.

1.3. Hipótesis

- La biomasa de material muerto es el primer componente morfológico que tiene mayor aporte porcentual en al menos cuatro de las especies evaluadas al término de los 100 días posteriores a la quema prescrita.
- La biomasa de raíz es el segundo componente morfológico que tiene mayor aporte porcentual en al menos cuatro de las especies evaluadas al término de los 100 días posteriores a la quema prescrita.
- Al menos cuatro de las seis especies evaluadas elongaron más la hoja que el tallo al término de los 100 días posteriores a la quema prescrita.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Uso del fuego

El uso del fuego viene desde civilizaciones pasadas en donde fue domesticado, siendo esta la primera transición ecológica que produjeron los seres humanos. Anteriormente y en la actualidad el fuego se ha utilizado para estimular el rebrote de nuevas plantas y semillas, siendo beneficioso especialmente para las plantas que llevan por nombre “pirófitas”, las cuales son destacadas por su gran adaptación por sobrevivir en ambientes propensos a incendios, siendo estas plantas dependientes del fuego para su rápida germinación. También podemos mencionar otro de los usos del fuego, el cual es la ayuda para la destrucción de parásitos y competidores en las plantas (Goudsblom, 1995).

El uso del fuego en la agricultura y los pastizales tienen un origen ancestral. En sociedades prehistóricas y pueblos originarios, se utilizaba de forma controlada para facilitar la caza y la producción de más forraje, lo que favorecía a la alimentación del ganado y el mantenimiento de ecosistemas. Con la expansión agrícola y la colonización, el fuego pasó a emplearse de manera más intensiva para limpiar terrenos, lo que en muchos casos degradó los suelos. En la actualidad, la práctica ha evolucionado hacia las quemas prescritas o controladas, sustentadas en la ecología del fuego, reconociendo que, bajo condiciones adecuadas, el fuego puede ser una herramienta de manejo que regula la vegetación, mantiene la biodiversidad de los pastizales, y reduce riesgos de incendios mayores (Casillo *et al.*, 2013; Andreu *et al.*, 2023).

Hoy en día, el fuego se emplea en distintas regiones del mundo como una herramienta de manejo ambiental. Por ejemplo, en Estados Unidos se utiliza para controlar la expansión de arbustos en las sabanas, combinado con otras prácticas como el pastoreo. También cabe mencionar que en Australia se utiliza el fuego para el manejo de pastizales y bosques. En Europa es empleado para disminuir las cargas de combustible (Calfayan, 2023).

El uso del fuego provoca cambios significativos en la vegetación de los pastizales, los cuales también se reflejan en la fauna que los habita. En el caso específico de las aves, diversos estudios realizados en praderas de Norteamérica y en sabanas de África y Australia permiten identificar algunas respuestas generales en la avifauna. El fuego en pastizales altos simplifica el hábitat, lo que provoca que las aves especializadas de este ambiente disminuyan o desaparezcan de forma natural. En su lugar llegan especies más generalistas y de zonas de transición atraídas por nuevos recursos como insectos y semillas expuestas. Con el tiempo, si no hay perturbaciones como el pastoreo, las aves típicas del pastizal se recuperan después del incendio. Sin embargo, cuando los fuegos son frecuentes, algunas especies vulnerables pueden desaparecer (Casillo *et al.* 2012).

El fuego también puede ser utilizado en el manejo de la fauna, un ejemplo de esto es el venado de las pampas el cual es una especie en peligro, con presencia limitada a zonas específicas donde ha logrado mantenerse en parte gracias al uso del fuego y prácticas ganaderas. Cuando se eliminan estas perturbaciones, los venados buscan hábitats cercanos manejados con quemas. Además, la aplicación de fuego controlado en pequeños parches ha mejorado notablemente sus condiciones de alimento y refugio dentro de áreas protegidas (Carro *et al.*, 2019).

2.1.1. Las quemas prescritas como herramienta de rehabilitación

Spencer *et al.* (2015) mencionan acerca del tema del uso fuego que es de utilidad para promover la restauración ecológica y que hay factores detonantes como el conocimiento en la ecología del fuego y la experiencia en quemas prescritas que marcan la diferencia en cómo las Instituciones enfrentan el reto de su implementación, además mencionan que existe un marco de desarrollo de los profesionales en el manejo del fuego conocido como el triángulo del entrenamiento-educación y experiencia, concluyen que es importante fomentar una adaptabilidad a los retos que la sociedad enfrenta para entender mejor el uso del fuego.

Las quemas prescritas son una herramienta útil para rehabilitar ecosistemas que han sido dañados, por ejemplo, por incendios fuertes o por el uso excesivo del suelo.

Cuando se hacen de manera controlada, ayudan a que la vegetación vuelva a crecer y a que el ecosistema recupere su funcionamiento natural, ya que muchas plantas están adaptadas al fuego (Defossé, 1996). Además, este tipo de quemas permite reducir la cantidad de material seco acumulado y eliminar algunas especies no deseadas, lo que facilita que crezcan plantas nativas. También puede mejorar las condiciones del suelo, porque el fuego ayuda a liberar nutrientes que estaban en la materia orgánica (Martínez, 2001).

En el caso de los pastizales, las quemas prescritas ayudan a que el zacate vuelva a crecer con mejor calidad, lo que es beneficioso para la ganadería. Por eso, cuando se usan de forma planificada, las quemas pueden ser una buena opción para mejorar la productividad del terreno sin dañarlo (Coria *et al.*, 2025). Por otro lado, el uso del fuego de manera controlada también ayuda a que los ecosistemas sean más resistentes a incendios grandes, ya que reduce el exceso de combustible y mantiene un equilibrio natural, lo que hace que los ecosistemas puedan recuperarse más fácilmente ante eventos extremos (Colombati y Kopta, 2004). Sin embargo, es importante tener en cuenta que las quemas prescritas deben planificarse adecuadamente. De no ser así, pueden causar efectos negativos, como dañar el suelo o afectar la biodiversidad.

2.1.2. Régimen de fuego en pastizales y ecosistemas dependientes del fuego

El régimen describe de alguna manera el papel que tiene el fuego en un ecosistema en particular, identifica la frecuencia, intensidad, época del año en el que ocurre, extensión del área afectada y sus efectos en el suelo y la vegetación (Agee, 1993; Glitzenstein *et al.*, 1995). Si este régimen se modifica provocando una alteración en sus componentes más allá del rango normal de variabilidad considerado en un lapso determinado de tiempo, este ecosistema evolucionará hacia una forma diferente, perdiendo hábitat y especies, entonces los ecosistemas dependientes del fuego pueden ser afectados por incendios (Ramos, 2010).

Existen tres modelos de regímenes del fuego, los cuales son mencionados por Barney *et al.* (1984), siendo estos los siguientes:

1. Masas reemplazadas por incendios muy intensos y poco frecuentes, suelen ocurrir en 50 o más de 500 años, estos se presentan comúnmente en bosques de *Pseudotsuga menziesii*.
2. Masas mantenidas por incendios frecuentes y poco intensos, los cuales ocurren en 5 o 25 años, siendo estos con menor frecuencia, estos se presentan comúnmente en pastizales y sabanas.
3. Masas reemplazadas por incendios muy intensos y frecuentes, suelen ocurrir en 25 o 50 años, estos se presentan comúnmente en la vegetación arbustiva.

Un ejemplo del primer régimen de fuego ya mencionado, ocurre en los bosques de *Pseudotsuga mensiezii* de la región montañosa del oeste de Estados Unidos, especialmente en los estados de Oregon y Washington. En estos ecosistemas, los incendios suelen ser poco frecuentes pero de alta intensidad. Cuando suceden, reemplazan gran parte de la vegetación existente, generando una nueva etapa de regeneración del bosque (Bond y Keeley, 2005).

Como ejemplo del segundo régimen de fuego, tenemos que los pastizales y sabanas del Chaco, Argentina se caracterizan por un régimen de incendios de tipo “reemplazo de la comunidad”, ya que el fuego arrasa con toda la vegetación superficial y genera modificaciones notables en la composición de especies. Asimismo el denominado “pastizal de quemados” se forma en espacios abiertos producidos por incendios de zonas boscosas y está denominado por géneros como *Trichloris*, *Setaria* y *Digitaria*, este sistema depende completamente de la ocurrencia del fuego para su existencia (Kunst, 2011).

Un tercer ejemplo del último régimen de fuego es el que ocurre en la vegetación arbustiva de tipo chaparral en California, Estados Unidos, donde los incendios suelen ser frecuentes y de alta intensidad. Estos incendios tienen por costumbre consumir gran parte de la vegetación y reemplazar completamente los arbustos, favoreciendo posteriormente la regeneración de especies adaptadas al fuego (Minnich, 1983; Keeley y Davis, 2007).

La incorporación de pastos subtropicales de los géneros *Panicum* y *Cenchrus* puede provocar modificaciones significativas en los patrones de incendios, debido a su alta capacidad para generar biomasa seca (Williams y Baruch, 2000), como lo ocurrido en el estado de Sonora donde el desplazamiento ocasionado por el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) sobre especies nativas ha generado cambios importantes en la dinámica de los ecosistemas áridos del desierto sonorense. Esta especie invasora ha reemplazado a la vegetación original y ha aumentado la continuidad del combustible vegetal debido a la acumulación de biomasa seca, lo que favorece incendios más frecuentes e intensos.

De acuerdo con Castellanos *et al.* (2010), la presencia del zacate buffel no solo incrementa la probabilidad de incendios, sino que también modifica la estructura del ecosistema después del fuego, ya que esta especie tiene una alta capacidad de regeneración y recolonización en comparación con la vegetación nativa. Esto le permite dominar rápidamente las áreas afectadas por incendios, impidiendo la recuperación de especies originales.

En conjunto, este proceso crea un ciclo donde el zacate buffel hace que haya más incendios y más fuertes. Esto termina cambiando mucho el ecosistema del desierto sonorense, porque reduce las plantas nativas y afecta la variedad de especies que viven en la zona (Castellanos *et al.*, 2010; Mc Donald y Mc Pherson, 2013).

El régimen de incendios en bosques y matorrales se considera “mixto”, ya que combina fuegos poco frecuentes que eliminan toda la vegetación con otros más habituales que solo afectan parcialmente la comunidad de plantas leñosas (Brown, 2000; Tálamo, 2000).

Los combustibles en los ecosistemas se pueden clasificar según su tamaño y función en el comportamiento del fuego, principalmente en combustibles finos, medios y gruesos. Los combustibles finos, como hojas secas, pastos y ramas pequeñas, se encienden con facilidad y permiten que el fuego se propague rápidamente. Los combustibles medianos incluyen ramas más grandes y material leñoso que mantiene el fuego por más tiempo, mientras que los combustibles

gruesos, como troncos, arden lentamente pero liberan calor durante períodos prolongados. La cantidad de material combustible fino y mediano, junto con la presencia de sustancias inflamables en las plantas y condiciones del ambiente, influye en cómo se desarrolla el fuego. La supervivencia de estas plantas frente al fuego depende principalmente del grosor de su corteza y de su capacidad de rebrotar desde la base. Algunas especies como *Vachellia* y *Neltuma* tienen cortezas delgadas con poca protección, por lo que el calor puede dañar sus tejidos internos y provocar la muerte de la parte aérea (Bond y Keeley, 2005; Kunst, 2011).

En las sabanas y los pastizales, el fuego tiende a renovar por completo la vegetación, eliminando lo que hay y dando lugar a un nuevo ciclo de crecimiento. En cambio en las comunidades dominadas por arbustos y árboles, los incendios no actúan de forma tan uniforme y pueden afectar solo parte de la vegetación. Estos fuegos pueden ser muy fuertes y destructivos, ya que hay mucho material vegetal disponible para arder y algunas plantas contienen sustancias que facilitan la combustión. Por lo tanto, el régimen de fuego es un elemento determinante en la organización en la organización y dinámica de los ecosistemas, por lo que su comprensión y manejo adecuado son esenciales para la conservación de la biodiversidad y el equilibrio ecológico (Van Wilgen *et al.*, 1990; Archibald *et al.*, 2013).

2.1.3. Plan de quema prescritas

Un plan de quemas prescritas es un documento técnico que se usa para organizar y aplicar el fuego de manera controlada, con objetivos claros dentro del manejo del territorio. En general, su finalidad es reducir la acumulación de combustible vegetal, disminuir el riesgo de incendios forestales grandes y apoyar la rehabilitación de ecosistemas. Este tipo de planificación se basa en lineamientos técnicos que buscan que el fuego se use de forma segura y útil, siguiendo condiciones específicas del sitio y del clima (Comisión Nacional Forestal, 2012; National Wildfire Coordinating Group, 2020).

Dentro del plan se define el área donde se realizará la quema, incluyendo el tipo de vegetación, la cantidad de material combustible, la topografía y las condiciones del ecosistema. También se analizan factores climáticos como la humedad, la temperatura y la velocidad del viento, ya que estos determinan el comportamiento del fuego y su nivel de control. Además, se establecen los métodos de ignición, el personal responsable, los equipos a utilizar y las medidas de seguridad necesarias para evitar que el fuego se salga del área planificada. Todo esto permite que la quema se realice de forma organizada y bajo control técnico (United States Forest Service, 2011; NWCG, 2020).

En las regiones del norte de México, los planes de quema prescrita deben adaptarse a condiciones muy variables de viento y baja humedad relativa, lo que hace que el comportamiento del fuego sea más difícil de controlar si no se planifica correctamente. Por esta razón, los planes incluyen análisis detallados del combustible fino (pastos secos, ramas pequeñas y hojarasca), ya que este tipo de material es el que más influye en la velocidad de propagación del fuego. Además, se consideran ventanas climáticas específicas donde las condiciones permiten realizar la quema de forma segura, generalmente en temporadas frías o con mayor humedad (United States Forest Service, 2011).

Otro aspecto importante en el norte de México es el uso del fuego como herramienta de manejo de pastizales, especialmente en zonas ganaderas de estados como Chihuahua, Coahuila y Sonora. En estos lugares, las quemas prescritas ayudan a eliminar el pasto seco acumulado, mejorar el rebrote de especies forrajeras y controlar la invasión de arbustos que reducen la productividad del pastizal. Sin embargo, estas prácticas deben ser cuidadosamente planificadas para evitar la pérdida de suelo por erosión o la afectación de especies sensibles (CONAFOR, 2012).

Finalmente, el plan de quemas prescritas también incluye el monitoreo antes, durante y después de la quema. Esto permite verificar si se cumplieron los objetivos propuestos, como la reducción del combustible o la mejora de las condiciones del ecosistema. En muchos casos, estas quemas se utilizan como una herramienta de

rehabilitación, ya que ayudan a recuperar la dinámica natural del ecosistema y favorecen la regeneración de la vegetación. Sin embargo, su aplicación debe ser siempre cuidadosa y basada en criterios técnicos, ya que como se mencionó un mal manejo genera impactos negativos en el ecosistema (CONAFOR, 2012; NWCG,2020).

2.1.4. Casos de éxito en uso del fuego para rehabilitación

En Sudáfrica, la aplicación de quemas prescritas en combinación con descansos del pastoreo ha permitido restaurar pastizales degradados, mejorar la calidad del forraje y recuperar funciones ecológicas clave como el ciclo de nutrientes (Tainton, 1999).

En Australia, los sistemas de manejo con fuego en sabanas tropicales han demostrado que las quemas tempranas en la estación seca reducen incendios severos posteriores, restauran la estructura del pastizal y favorecen especies nativas, además de disminuir emisiones de carbono (Russell *et al.*, 2009).

En Brasil, estudios muestran que el uso tradicional del fuego ayuda a controlar especies invasoras leñosas y a recuperar la dinámica natural del ecosistema, favoreciendo tanto la biodiversidad como el uso ganadero sostenible (Mistry *et al.*, 2005).

En los Estados Unidos (Grandes Llanuras), el enfoque llamado “quema en parches combinada con pastoreo”, ha sido exitoso en la rehabilitación de pastizales degradados, ya que promueve heterogeneidad estructural, aumenta la biodiversidad y mejora la productividad ganadera (Fuhlendorf y Engle, 2004).

En Canadá, la reintroducción del fuego en praderas nativas ha sido clave para rehabilitar ecosistemas que habían perdido su dinámica natural por la supresión de incendios, logrando el control de especies exóticas y la recuperación de especies de plantas nativas (Pyne, 2019).

En la Sierra de Arteaga, en el estado de Coahuila, el uso del fuego se ha combinado con acciones de control y restauración del paisaje después de los incendios forestales. Esta zona es importante porque presenta bosques de pino-encino y áreas de pastizal que son muy sensibles a incendios grandes, por lo que el manejo del fuego se ha vuelto una herramienta clave para reducir daños. En distintos eventos, brigadas de la CONAFOR y autoridades locales han trabajado en el control del fuego y en la protección de la vegetación afectada en esta zona (Comisión Nacional Forestal, 2012).

En el Desierto Chihuahuense, estudios reportados por Rodríguez-Trejo, D. A. (2015), documentan que la aplicación del fuego en pastizales invadidos por mezquite (*Prosopis spp*) permitió reducir la cobertura de arbustos leñosos y estimular la regeneración de gramíneas nativas. Como resultado, se incrementó la disponibilidad de forraje y se favoreció la recuperación funcional del ecosistema, especialmente cuando el fuego se combinó con periodos de descanso del pastoreo.

Como podemos ver, estos ejemplos refuerzan que el fuego, cuando se utiliza bajo criterios técnicos (frecuencia, intensidad y contexto ecológico), es una herramienta eficaz para la rehabilitación de pastizales, el control de invasiones vegetales y la mejora de la productividad agro ecosistémica.

2.2.Descripción de las especies de gramíneas evaluadas

Las siguientes especies forman parte de la familia Poaceae, la cual es la cuarta familia más grande de las plantas con flores, esta cuenta con al menos 11000 especies, las cuales están clasificadas en alrededor de 785 géneros, estas especies están presentes en distintos climas, entre ellos se encuentran los climas templados, cálido-húmedos, zonas áridas y semiáridas, al igual que en zonas acuáticas y marinas. También cabe mencionar que en México se encuentran reconocidos 206 géneros y 1127 especies. Por otra parte, cabe mencionar la importancia de esta familia, la cual está reflejada en el ámbito económico, siendo el maíz (*Zea mays L.*), el trigo (*Triticum aestivum L.*), la cebada (*Hordeum vulgare L.*) y el sorgo (*Sorghum bicolor L.*) de las plantas más utilizadas para el alimento del ganado como fuente de forraje, y para la alimentación humana (Shaw 2012; Valdés 2015).

En el presente estudio se tomaron en cuenta las siguientes especies de la familia Poaceae, que por su valor para la alimentación del ganado y su abundancia en el área de estudio, es relevante estudiar su respuesta al fuego y se describe a continuación (para referencia visual de las especies ver Anexo 1):

2.2.1 *Aristida havardii*

El zacate tres aristas barbado, también conocido como tres barbas abierto (*A. havardii*) pertenece a la familia *Poaceae*; a la tribu *Aristideae*, su valor forrajero es de regular a pobre, este es un zacate perenne de origen nativo, el cual se distribuye en desde el suroeste de Estados Unidos hasta México, haciendo presencia en los estados de Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, Ciudad de México, Michoacán, Puebla y Zacatecas. El hábitat característico de *A. havardii* comúnmente se puede encontrar entre los 1500-2500 msnm en áreas de pastizal mediano abierto, llanuras arenosas, dunas y laderas secas.(Lebgue, 2002; Valdés, 2015; Vásquez *et al.* 2021).

Es caracterizado por tener culmos delgados, erectos o decumbentes, con una longitud aproximadamente de 15-40 cm. Las hojas son principalmente basales, con láminas foliares de 5-20 cm de largo y 4-12 cm de ancho, con ramas rígidas. Las espiguillas presentan lemas de 8-13 mm con tres aristas terminales de 10-22 mm de longitud (Allred, 2003; Valdés 2015; Vásquez *et al.* 2021).

De acuerdo con Cable (1967), quien evaluó la respuesta de gramíneas de zonas semiáridas al fuego en el suroeste de Estados Unidos, *Aristida havardii* mostró capacidad de supervivencia y rebrote después de quemas prescritas de baja intensidad. El estudio encontró que las especies del género *Aristida* incrementaron temporalmente su producción de macollos después del fuego debido a la eliminación del material vegetal seco y la reducción de competencia. Sin embargo, también se observó que cuando las quemas fueron recurrentes o se presentaron condiciones de sequía posteriores al incendio, la cobertura y vigor de estas gramíneas disminuyeron considerablemente. Por otra parte, Strong *et al.* (2013) estudiaron los efectos del fuego sobre gramíneas cespitosas del género *Aristida*, encontrando que el fuego influye de manera directa sobre el área basal, la

producción de hijuelos y la mortalidad sobre estas especies, sus resultados mostraron que estas pueden tolerar incendios moderados gracias a la protección de sus yemas basales.

2.2.2 *Bothriochloa barbinodis* (Lag.) Herter

El zacate popotillo plateado, también conocido como plumerillo (*B. barbinodis*) pertenece a la familia *Poaceae*; a la tribu *Andropogoneae*, su valor forrajero es regular, este es un zacate perenne de origen nativo, el cual se distribuye en el continente americano, de acuerdo con Valdés (2015) está distribuido alrededor de la república mexicana en al menos 24 estados los cuales son Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas (Lebgue, 2002; Valdés, 2015; Vásquez *et al.* 2021).

El hábitat característico de *B. barbinodis* comúnmente se puede encontrar entre los 350-2000 msnm en áreas de disturbio, pastizal amacollado, pastizal mediano abierto, y matorral desértico en cerros o colinas (Lebgue, 2002; Shaw, 2012; Valdés, 2015; Vásquez *et al.* 2021).

Es caracterizado por tener culmos de 60 a 120 cm de altura, sus nudos cuentan con la presencia de pelos los cuales miden de 3 a 4 mm; su lígula es no ciliada y esta mide de 1 a 2 mm; sus láminas foliares comúnmente presentan una longitud de 20 a 30 cm y su ancho es de 2 a 7 mm; su inflorescencia es una panícula con una medida de 5 a 14 cm de largo (Valdés 2015; Vásquez *et al.* 2021).

De acuerdo con Reemnts *et al.* (2019) quienes estudiaron a otra especie del mismo género (*B. ischaenium*) en la respuesta ante una quema prescrita a finales de verano encontraron que el fuego fue regularmente efectivo en la disminución de la frecuencia de esta especie y que otras estrategias de manejo además del fuego deberían utilizarse si lo que se desea es controlarlo, ya que es una especie invasora; en otro estudio, Paul (2021) evaluó el uso de quemas prescritas a finales del verano como método de control, en un pastizal se compararon dos parcelas una con quema y otra sin quema durante dos años, la quema redujo de forma significativa la

cobertura y frecuencia de *B. bladhii*, también disminuyó la biomasa forrajera total y aumentó el suelo desnudo, ambos estudios indican que el uso del fuego prescrito puede ser una herramienta efectiva para disminuir la dormancia y favorecer el aumento de la diversidad y otros factores ecológicos productivos.

2.2.3 *Bouteloua curtipendula*

El pasto banderita (*B. curtipendula*) pertenece a la familia *Poaceae*; a la tribu *Cynodonteae*, su valor forrajero es de bueno a excelente, este es un zacate perenne de origen nativo, el cual se distribuye en Estados Unidos y México, en estados como Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, Sonora, Baja California, Tamaulipas, Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Ciudad de México, Oaxaca, Puebla y Chiapas (Lebgue 2002; Valdés 2015; Vásquez *et al.* 2021).

El hábitat característico de *B. curtipendula* se encuentra entre los 1200-2100 msnm en los pastizales mediano abierto y amacollado, planicies secas, suele abundar mucho en suelos de textura fina. Este zacate cuenta con culmos erectos de 20-100 cm de altura, tiene una lígula ciliada membranosa que mide de 0.3-0.7 mm de largo, su inflorescencia es una panícula que mide alrededor de 10-30 cm de longitud, comúnmente cuenta con tres aristas (Stubbendieck *et al.*, 2003; Valdés 2015; Vásquez *et al.* 2021).

Estudios realizados por Russel *et al.* (2019) evaluaron como diferentes estaciones e intervalos de retorno del fuego afectan la dinámica del banco de yemas y la producción de macollos en gramíneas del pastizal, encontrando que especies del género *bouteloua* presentan una mayor activación y producción de yemas bajo intervalos moderados de fuego, favoreciendo así su regeneración vegetativa. Por otra parte, investigaciones realizadas por Morales *et al.* (2017) y Alvarez *et al.* (2022) en Chihuahua reportan que esta especie presenta una importante variabilidad genética y morfológica, lo que favorece su capacidad de regeneración después de disturbios como la quema prescrita y la sequía.

2.2.4 *Bouteloua gracilis*

El zacate navajita azul (*B.gracilis*) pertenece a la familia *Poaceae*; a la tribu *Cynodonteae*, su valor forrajero es de bueno a excelente, este es un zacate perenne

de origen nativo, el cual se distribuye en Norteamérica, en los países de Canadá, Estados Unidos y en estados del centro y sur de México como lo son Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Jalisco y San Luis Potosí (Lebgue 2002; Valdés 2015; Vásquez *et al.* 2021).

El hábitat característico de *B. gracilis* se encuentra entre los 1000-2000 msnm en los pastizales mediano abierto y amacollado, así como también en bosque de encino y pino-táscate, también en el matorral inerme y parvifolio. Este zacate cuenta con culmos de 25-60 cm de longitud, sus nudos son glabros, tiene una lígula membranosa ciliada, su hoja mide aproximadamente 3.5 cm de ancho y de 5-25 cm de largo; su inflorescencia es una panícula de 1.5 a 4.5 cm (Stubbendieck *et al.*, 2003; Valdés 2015; Vásquez *et al.* 2021).

De acuerdo con Maldonado (2015) quien realizó un estudio sobre el impacto del fuego prescrito y la función eco hidrológica de *B.gracilis*, encontró que aunque esta gramínea es una especie dominante y resistente al fuego, su respuesta no fue muy favorecedora, ya que se presentaron mayores pérdidas de agua por escorrentía tras la quema prescrita, por otra parte Russell (2019) evaluó cómo diferentes estaciones de quema y distintos intervalos de retorno del fuego afectan a la producción de macollos y la dinámica del banco de yemas en *B. gracilis*, mostrando que esta planta presenta una mayor producción de yemas, especialmente con intervalos de fuego de tres años, ambos estudios indican que esta especie es resistente al fuego, pero el efecto depende de lo que se mida, ya sea en términos hidrológicos en donde la quema puede ser negativa, o en términos de regeneración en donde la quema es positiva.

2.2.5 *Hopia obtusa*

El zacate guía (*H.obtusa*) pertenece a la familia Poaceae a la tribu *Paniceae*, su valor forrajero es de regular a bueno, es una gramínea perenne de origen nativo, la cual se distribuye en Estados Unidos y en el norte y centro de México, en estados como Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Guanajuato, Hidalgo y Estado de México (Lebgue 2002; Valdés-Reyna 2015; Vásquez *et al.* 2021).

El hábitat característico de *H. obtusa* se encuentra entre los 900- 2000 msnm, es común encontrarla en la orilla de carreteras, y áreas agrícolas abandonadas, también en el matorral micrófilo y suelos franco arenosos. Este zacate es rizomatoso, también cuenta con estolones rastreros de hasta dos metros de longitud, sus culmos miden de 15 a 80 cm de altura, las hojas tienen una medida de 2-7 mm de ancho y de 2.5 a 20 cm de largo, su lígula es membranosa, esta mide de 1-2 mm de largo y su inflorescencia es una panícula racemosa de 3-12 cm de largo (Stubbendieck *et al.*, 2003; Shaw 2012; Valdés 2015; Vásquez *et al.* 2021).

Basado en el estudio de Laterra *et al.* (1994) en donde se evaluó el efecto del fuego y del pastoreo sobre la regeneración por semillas de *Paspalum quadrifarium* concluyó que esta especie resulta beneficiada con respuesta al fuego y pastoreo combinados, su éxito depende tanto de la disponibilidad de micrositios como de semillas, por lo que un exceso de quemas podría dar resultados negativos, analizando también el estudio realizado por Massa *et al.* (2017) podemos ver que la respuesta al fuego de *Panicum prionitis* es buena, ya que mediante este manejo se mejoró la disponibilidad de forraje de esta especie en comparación a las áreas que no fueron intervenidas, ambos estudios indican que los zacates de la tribu *Paniceae* tienen una respuesta positiva ante una quema prescrita, la cual es favorable para su crecimiento.

2.2.6 *Sporobolus airoides*

El zacatón alcalino (*S. airoides*) pertenece a la familia *Poaceae*; a la tribu *Eragrosteae*, su valor forrajero es de regular a bueno, esta es una gramínea perenne de origen nativo, la cual se distribuye en Canadá, Estados Unidos y México (Lebgue 2002; Valdés 2015; Vásquez *et al.* 2021). El hábitat característico de *S. airoides* se encuentra entre los 600-1800 msnm, comúnmente está presente en suelos salinos, por esta misma razón crecen en el pastizal halófito, así como en valles y cuencas endorreicas (Stubbendieck 2003; Valdés 2015; Vásquez *et al.* 2021).

Este zacate se caracteriza por contar con una base gruesa y resistente, también con una raíz fibrosa comúnmente gris y con residuos de sal, es una planta con culmos erectos, los cuales miden de 50-100 cm de altura, hojas de 15-45 cm, tiene

una lígula membranosa, su inflorescencia es una panícula que mide de 20-45 cm de largo (Stubbenieck *et al.*, 2003; Valdés 2015; Vásquez *et al.* 2021).

La respuesta al fuego de *Sporobolus cubensis* una especie similar a *S. airoides*, no es alterada negativamente en su crecimiento, ni en su presencia cuando el fuego es parte del régimen ecológico, ya que esta gramínea tolera bien los incendios superficiales y puede prosperar bajo un régimen de fuegos periódicos, por otra parte el *Sporobolus cryptandrus* responde de manera positiva al fuego controlado, ya que después de la quema aumenta su cobertura foliar sin que se vea afectada su densidad, ambos estudios indican que las gramíneas del género *Sporobolus* son aptas para ser sometidas a un manejo de fuego prescrito controlado (Canales y Silva 1987; Peláez *et al.* 2012).

2.3 Otros mecanismos de manejo para renovar el forraje

La renovación de forraje es una práctica flexible que varía según factores como la ubicación, el clima, los costos y los objetivos productivos. La degradación de las praderas suele deberse a un manejo inadecuado, como el sobrepastoreo, el uso incorrecto de maquinaria o una carga animal excesiva. Restaurar estas áreas permite recuperar la producción de forraje, aumentar la capacidad de carga y mejorar la rentabilidad en sistemas ganaderos (Pérez, 2015).

El tipo de renovación que se aplique depende del estado de la pradera, pudiendo ir desde intervenciones leves hasta una restauración completa con maquinaria y resiembra. Después de este proceso, es fundamental implementar estrategias de manejo adecuadas, como la rotación de potreros, asociaciones de especies y la incorporación de árboles, para asegurar el buen desarrollo del pastizal y el bienestar animal. De igual manera, cabe mencionar otro mecanismo esencial para renovar el forraje, el cual consiste en la defoliación causada por el pastoreo, la cual ocurre de forma irregular según las preferencias del animal. La defoliación consiste en la remoción de parte del material vegetal y su efecto depende de factores como la frecuencia, el tiempo de ocupación y el periodo de descanso del potrero. Para que sea adecuada, se deben considerar aspectos clave como la altura del corte, la edad del pasto y la época del año (Da Silva y Hernández, 2010; Pérez Patiño, 2015).

Además del uso del fuego y el pastoreo, otros mecanismos para renovar el forraje en praderas degradadas, sería la fertilización estratégica, la sobresiembra, la resiembra total o parcial y el control de malezas mediante métodos químicos o mecánicos. La fertilización permite mejorar la fertilidad del suelo y estimular el rebrote de especies deseables, mientras que la sobresiembra introduce nuevas especies sin eliminar totalmente la cobertura existente. El control de malezas reduce la competencia por nutrientes y luz, favoreciendo el crecimiento del forraje útil (Moser *et al.*, 2004; Barnes *et al.*, 2007).

2.3.1 Pastoreo

El pastoreo es una práctica de manejo ganadero en la que los animales consumen directamente el forraje disponible en el campo, siendo una de las formas más naturales y económicas de la alimentación. Voisin (1957) lo describe como la interacción directa entre el animal y la pradera, base fundamental de la producción pecuaria. Desde un enfoque técnico, el pastoreo implica regular factores como el tiempo de ocupación, los periodos de descanso y la cantidad de forraje residual, con el fin de permitir la recuperación de las plantas y mantener la productividad del sistema. Estas prácticas son esenciales para evitar la degradación de las praderas y optimizar su rendimiento. Por otra parte, los sistemas de pastoreo se clasifican según la forma en que se manejan los animales y el uso del forraje, destacándose primeramente el continuo, rotacional y alterno. La elección del sistema depende de factores como el clima, el tipo de suelo, y los objetivos productivos, influyendo en la sostenibilidad y eficiencia del sistema ganadero (Chaverra, 1967; Echeverri, 1997).

Las variaciones en el diseño de los sistemas de pastoreo les confieren características propias que determinan distintos niveles de control y de respuesta frente a las necesidades del pasto, el suelo y los animales; en este sentido, Kothmann (1980) propone una clasificación basada en:

Pastoreo continuo: es una de las formas más utilizadas de manejo de pastoreo, en este sistema el ganado tiene acceso libre a todo el terreno, lo que dificulta controlar la frecuencia y el momento en que las plantas son consumidas. Solo es posible regular de manera general la intensidad del pastoreo ajustando la carga animal en

toda el área. Sin embargo, este control resulta poco eficiente, ya que el sobrepastoreo ocurre de forma individual dentro de la misma especie (Savory, 1979).

Rotacional diferido: consiste en rotar el uso de los potreros dejando que algunos descansen por periodos largos, normalmente cada 3 o 4 años, con una carga animal calculada para toda el área. Este sistema permite cierto control sobre la época de defoliación, pero no sobre su frecuencia, y la intensidad del pastoreo es similar a la del sistema continuo.

Descanso rotacional: consiste en dejar entre el 20% - 40% del predio en reposo durante todo el año, mientras el ganado utiliza las demás áreas, con una carga animal baja para evitar el deterioro del pastizal (Hormay, 1970). Este sistema permite el control del uso del forraje, pero tiende a acumular pasto maduro en las áreas de descanso, lo que dificulta su aprovechamiento en ciclos posteriores.

Alta Intensidad- Baja Frecuencia: utiliza periodos cortos de pastoreo muy intensos y descansos largos de más de 60 días, con ciclos superiores a los 90 días, y requiere al menos tres potreros por hato. Permite buen control de la intensidad y el momento del pastoreo; y mejora la respuesta del pastizal frente a otros sistemas, aunque el control de la frecuencia es limitado.

Corta duración o Savory: es un sistema moderno que controla con precisión el tiempo, la frecuencia y la intensidad del pastoreo mediante periodos muy cortos de uso y descansos adecuados. Los animales permanecen de 1 a 5 días en crecimiento rápido del pasto y los descansos son de 30 a 60 días. Su objetivo es evitar que una misma planta sea pastoreada varias veces seguidas, permitiendo su recuperación y mejor rebrote según la velocidad de crecimiento del forraje.

En conjunto, los distintos sistemas de pastoreo muestran que no existe un único modelo ideal sino diferentes niveles de control sobre el uso del forraje. A medida que el manejo se vuelve más planificado como el sistema de Savory, se mejora la recuperación del pastizal, la eficiencia del uso del recurso y la sostenibilidad del sistema.

2.3.2 Descanso

El descanso del potrero es el periodo en el que un área de pastoreo no es utilizada por los animales, permitiendo que las plantas se recuperen después de la defoliación. Por otra parte, como lo menciona el Natural Resource Conservation Service, (2003), el descanso en los sistemas de pastoreo es un componente esencial para garantizar la sostenibilidad de los pastizales, ya que permite la recuperación fisiológica de las plantas después del consumo por el ganado. Durante este periodo, las gramíneas pueden restablecer sus reservas de carbohidratos, regenerar tejidos foliares y mantener su capacidad productiva a largo plazo, evitando así el debilitamiento progresivo de la vegetación, también fortalecen sus estructuras, lo que contribuye a sostener la producción de biomasa en el tiempo. Además, el descanso también contribuye a la conservación del suelo, ya que permite mantener una cobertura vegetal suficiente que protege contra la erosión, mejora la infiltración de agua y promueve la acumulación de materia orgánica. Estos procesos son fundamentales para conservar la fertilidad del suelo y asegurar la productividad futura del ecosistema pastoril (Echeverri, 1997; International Livestock Research Institute, 1996).

Ahora bien, la duración del descanso no es fija, ya que depende de factores como el clima, la especie de planta, la fertilidad del suelo y la época del año. En condiciones de crecimiento rápido, el descanso puede ser corto, mientras que en épocas de crecimiento lento puede extenderse significativamente para asegurar la recuperación completa de la planta. Cabe mencionar que un manejo adecuado del descanso permite mejorar la productividad del pastizal, mantener su persistencia y evitar su degradación, ya que favorece el rebrote uniforme y la acumulación de reservas en las plantas. Por ello, el descanso es considerado un principio clave en los sistemas de pastoreo racional y sostenibles (Hodgson, 1990, Holechek *et al.*, 1998).

En conjunto, el descanso en el pastoreo funciona como una pausa necesaria en el uso del pastizal que permite su regeneración natural. Cuando se aplica de forma

adecuada, contribuye a mantener la productividad del sistema sin degradar el recurso vegetal ni el suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

Este estudio fue realizado en el rancho “Los Ángeles” perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con una ubicación a 48 km al Sur de Saltillo, Coahuila (Figura 1). Está localizado entre 25° 04' 12" y 25° 08' 51" latitud norte y 100° 58' 07" y 101° 03' 12" longitud oeste y una altitud entre los 1,800 m a los 2,400 m con un superficie total de 6,184 ha divididas en 20 potreros (Beltrán, 1988; Lira y García, 2000, Juanes *et al.*, 2023).

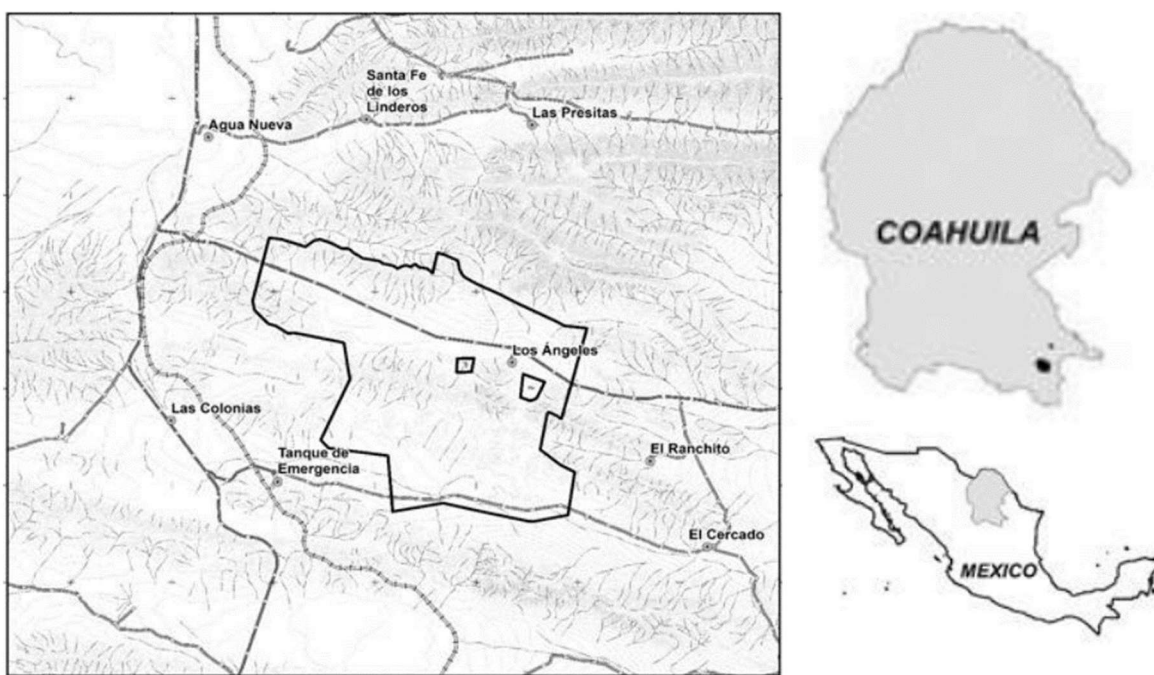


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de investigación en el rancho Los Ángeles, Saltillo, Coahuila, México.

3.2 Clima

El área de estudio ubicada en el rancho Los Ángeles, en Saltillo, Coahuila, durante el periodo comprendido entre el 1 de marzo y el 6 de junio de 2024, presentó un clima semiárido con tendencia a temperaturas en aumento conforme avanzó la primavera hacia el inicio del verano. De acuerdo con registros del Servicio Meteorológico Nacional y la Comisión Nacional del Agua, este intervalo se caracterizó por baja precipitación, alta radiación solar y notable variación térmica diaria.

En marzo, las condiciones fueron templadas durante el día y frescas por la noche, con temperaturas promedio alrededor de 17°C y escasa precipitación acumulada, lo que indica un ambiente seco propio del final del invierno. Para abril y mayo, se observó un incremento progresivo en las temperaturas máximas, alcanzando valores superiores a los 30°C en días cálidos.

En junio, ya dentro del inicio del verano, se registraron las temperaturas más altas del periodo, con máximas a los 34-35°C y mínimas de 16-18°C, aunque hubo lluvia, aún así fue muy escasa.

3.3 Hidrología

El rancho Los Ángeles, como se mencionó anteriormente, está ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila, se encuentra dentro de una región de clima semiárido, donde la disponibilidad de agua está condicionada por precipitaciones escasas e irregulares. En este contexto, la hidrología local se caracteriza por la presencia de microcuencas con escurrimientos intermitentes, cuya dinámica depende directamente de eventos de lluvia, lo que limita la permanencia de corrientes superficiales (Juárez, 2016).

En cuanto al comportamiento del agua en la superficie, gran parte de la lluvia que cae se infiltra en el suelo. Esto sucede por las características del terreno, como el tipo de suelo y la vegetación. La infiltración es muy importante porque permite que el agua llegue al subsuelo y recargue los acuíferos, ya que el escurrimiento superficial es bajo y solo ocurre por poco tiempo (Velásquez *et al.*, 2017).

Respecto al agua subterránea, el rancho Los Ángeles forma parte del área del acuífero Saltillo- Ramos Arizpe 0510, que es la principal fuente de agua en la región. Además de este acuífero principal, existen otros sistemas hidrogeológicos cercanos que pueden influir en la hidrología de este rancho, entre ellos se encuentra el acuífero Saltillo Sur, el cual según el INEGI (1986) presenta condiciones de baja disponibilidad de agua debido a la limitada recarga y a la presión sobre el recurso hídrico. Asimismo, hacia el suroeste se ubica el acuífero General Cepeda- Saucedo, cercano al municipio General Cepeda. Hacia el norte colinda con los acuíferos de La Paila, Cañón del Derramadero, y la Sierra de Zapalinamé. Al Oeste limita con el acuífero de la Comarca Lagunera (Carrasco, 2012).

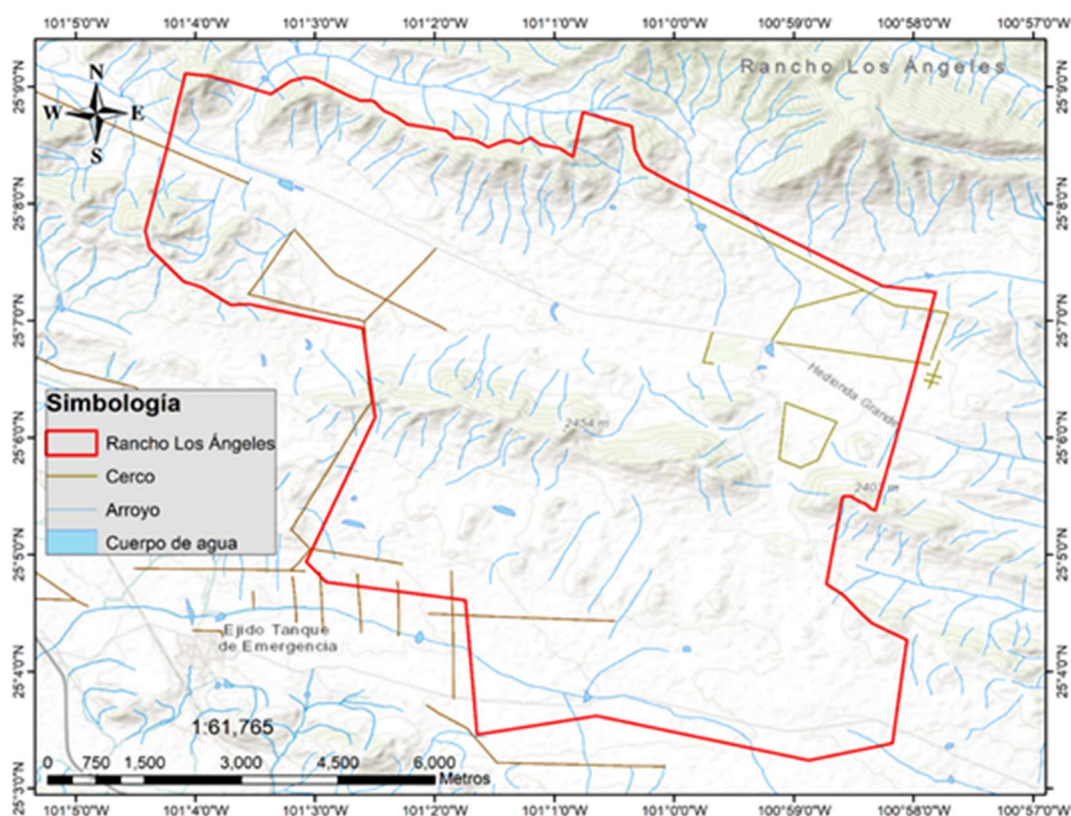


Figura 2. Hidrología del rancho Los Ángeles (Tomado de Elizondo, 2025).

3.4 Geología

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2001), el área donde se ubica el rancho Los Ángeles forma parte de la provincia geológica de la Sierra Madre Oriental, caracterizada por un sistema de montañas plegadas.

Los suelos del área tienen origen aluvial y se localizan en zonas bajas que forman parte del valle. Se caracterizan por ser profundos, con perfiles y horizontes bien diferenciados, asociados a vegetación de pastizal. Presentan tonalidades café y pardo rojizo claro, correspondiendo a suelos del tipo Feozem calcárico (Figura 2) (Juanes *et al.*, 2023).

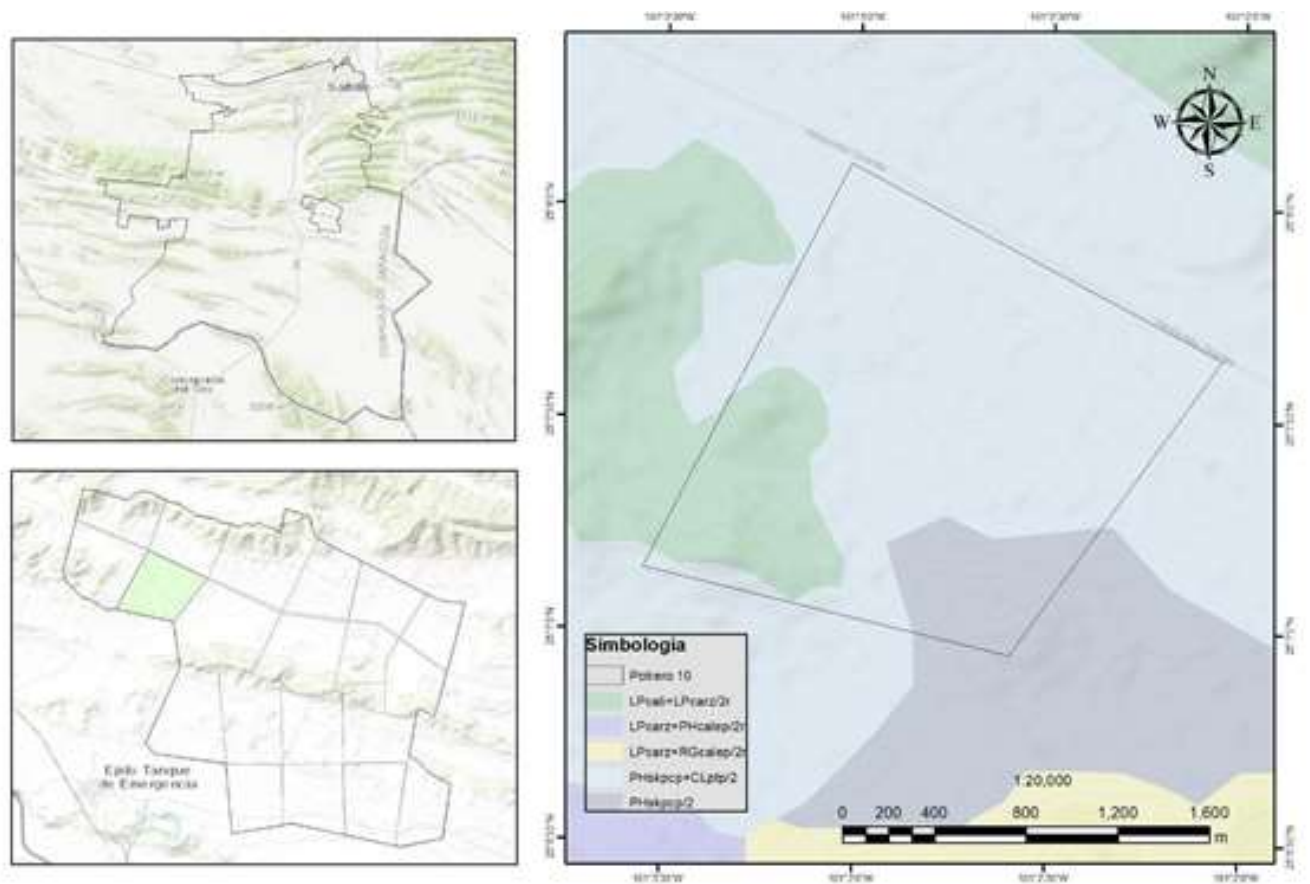


Figura 3. Características geológicas y distintos tipos de suelo del área correspondiente al potrero 10 en el rancho Los Ángeles (Tomado de Elizondo, 2025).

3.5 Edafología

Los suelos presentes en el rancho Los Ángeles, se caracterizan principalmente por ser de tipo Feozem lúvico con textura arcillosa, lo que implica una alta capacidad de retención de agua y nutrientes, aunque también una susceptibilidad a cambios estructurales bajo manejo agrícola o pecuario. Desde el punto de vista físico estos suelos presentan propiedades edáficas relacionadas con la porosidad y estructura interna, las cuales pueden modificarse significativamente por prácticas como la labranza. Estudios realizados en el mismo rancho han demostrado que diferentes tipos de manejo del suelo alteran el tamaño y distribución de los poros, afectando procesos como la infiltración y la aireación del suelo. Asimismo, investigaciones realizadas en este mismo sitio, han analizado la relación entre suelo y vegetación, destacando que las características edáficas influyen directamente en la infiltración del agua y la producción de sedimentos, factores clave para el manejo de pastizales en zonas semiáridas (Gutiérrez *et al.*, 1988; López *et al.*, 2011).

A nivel regional, los suelos del área de Saltillo, incluyendo también los suelos del rancho Los Ángeles, como mencionaba, se desarrollan bajo condiciones áridas a semiáridas, lo que limita la acumulación de materia orgánica y favorece texturas medias a finas. En este contexto, los Feozem forman parte de un mosaico edáfico que incluye otros suelos como los Xerosoles y Litosoles, los cuales están condicionados por el clima y el material parental sedimentario (FAO-UNSECO, 2007; INEGI, 2011).

3.6 Vegetación

La vegetación del rancho experimental ganadero Los Ángeles, está constituida principalmente por pastizales naturales dominados por gramíneas adaptadas a condiciones de clima semiárido. Estas especies presentan estrategias que les permiten desarrollarse bajo disponibilidad limitada de agua, lo que define su comportamiento estacional y su capacidad de producción forrajera. En este ecosistema las gramíneas coexisten con otras especies herbáceas y algunos arbustos dispersos, formando una comunidad vegetal heterogénea. Esta composición está influenciada por factores ambientales como el clima, las características del suelo y el manejo al que se ha sometido el pastizal. Asimismo, la

vegetación incluye especies con distinto valor forrajero, donde algunas aportan mayor calidad nutricional para el ganado, mientras que otras tienden a incrementarse cuando el manejo no es adecuado, lo que puede modificar la estructura y funcionalidad del pastizal (Vásquez Aldape *et al.*, 1989).

Vásquez Aldape *et al* (1989) menciona algunas de las especies de gramíneas y arbustos presentes en el rancho Los Ángeles, las cuales son: *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua hirsuta*, *Bouteloua eriopoda*, *Aristida spp*, *Hilaria belangeri*, *Mulenbergia spp*, *Sporobolus spp*, *Bothriochloa barbinodis*, *Erioneuron pulchellum*, *Setaria leucopila*, *Prosopis glandulosa*, *Larrea tridentata* y *Atriplex canescens*.

Por otro lado, en la investigación realizada por COTECOCA (1979), se clasifica a la vegetación del rancho Los Ángeles como “pastizal mediano abierto”, caracterizado por gramíneas de porte bajo como las mencionadas en el párrafo anterior, estas suelen tener distribución abierta en el paisaje. Además, estudios realizados en el propio rancho, confirman la presencia de este tipo de vegetación junto con matorral asociado, formando una vegetación típica de los sistemas de pastizal del norte de México, lo cual influye en su estructura ecológica y uso ganadero (Juárez *et al.*, 2012).

3.7 Ubicación del área experimental

El experimento en campo fue realizado en el potrero número 10 del rancho Los Ángeles, en este preciso lugar fue en donde se llevó a cabo la quema prescrita, este potrero cuenta con una superficie aproximada de 316 ha, pero para la quema fueron utilizadas solamente 5 ha, su ubicación aproximada está en la latitud 25.127676° N-101.039113° E. Cabe mencionar que esta zona de quema fue elegida debido a la uniformidad de su cobertura de pastizal, la escasa presencia de arbustos en la mayor parte del terreno, también se eligió, ya que está prácticamente al lado de la carretera y esto sirve mas que nada como elemento de precaución al momento de la quema prescrita. Como se puede observar en la Figura 3, el área total fue dividida en tres partes, de las cuales se tomaron como zona de seguridad las áreas 1 y 3, esto para tener precaución y poder cortar el fuego de ser necesario al momento de

la quema, el área 2 fue destinada como la zona principal de quema en donde fue aplicado el fuego.

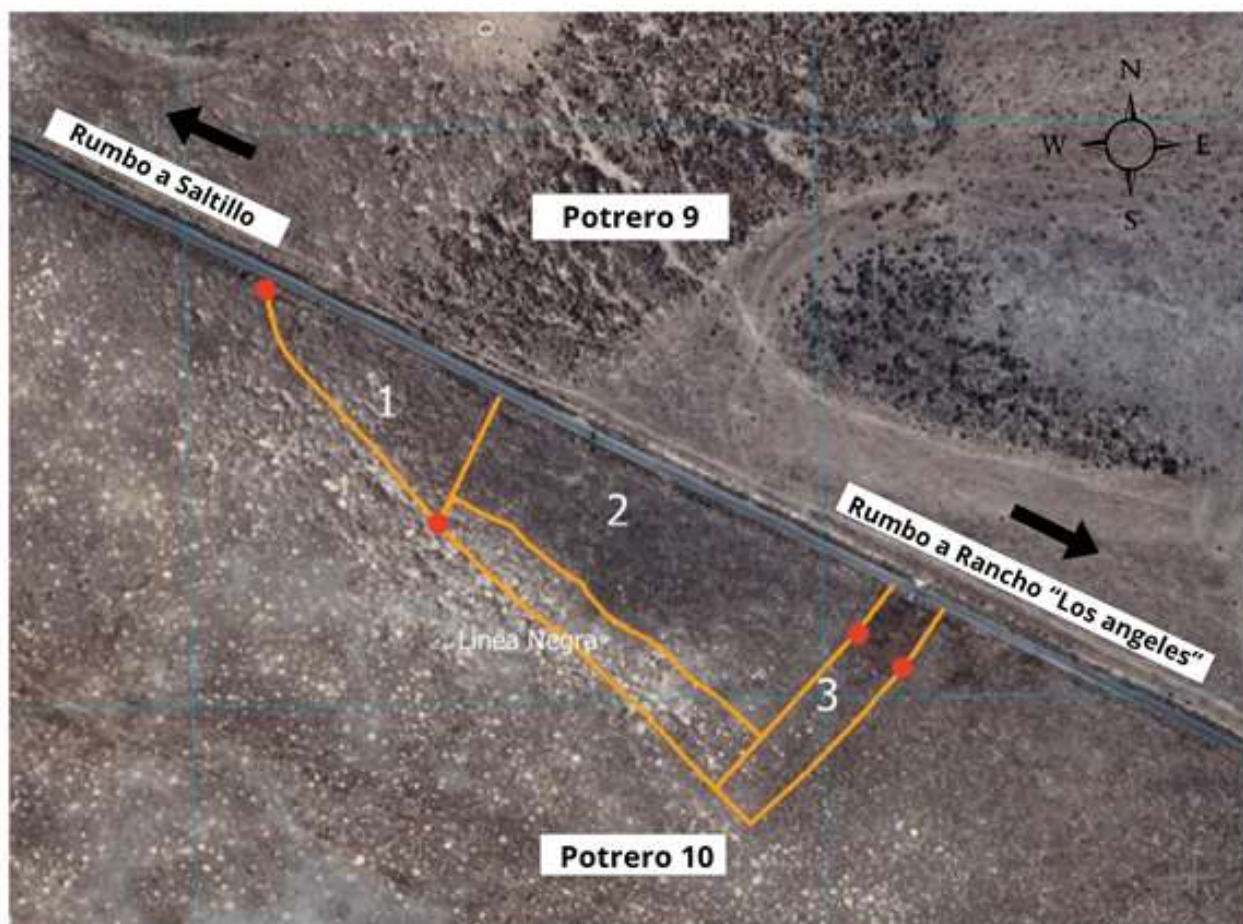


Figura 4. Ubicación de potrero 10 en el rancho Los Ángeles (Tomado de: Elizondo, 2025).

3.8. Evaluación de campo

La evaluación en campo se llevó a cabo en tres fases: la primera fase pertenece a la evaluación previa a la quema (Figura 5). En esta etapa, inicialmente se identificaron las especies de gramíneas nativas presentes en el área 2, la cual fue destinada para la quema, de esta manera se elaboró un listado de cada gramínea con su nombre científico, siendo las más representativas y abundantes la *Aristida havardii*, *Bothriochloa barbinodis*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Hopia obtusa* y *Sporobolus airoides* (Anexo 1). Además, se registró la ubicación de cada una mediante coordenadas geográficas obtenidas con GPS.



Figura 5. Referencia de los puntos evaluados en el rancho Los Ángeles.

En la segunda fase se llevó a cabo la quema prescrita, pero primeramente se hizo una inspección general del área con apoyo de especialistas, en este caso la Comisión Nacional Forestal, quienes están encargados del tema del fuego en México, también por la SEMA, el personal de protección civil municipal de Saltillo, Coahuila; y alumnos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, después se levantaron datos del clima para estimar la humedad de los materiales combustibles más finos, lo cual fue medido días antes del 1 de marzo del 2024, fecha en la cual se realizó la quema prescrita.

Para reducir riesgos se abrieron brechas cortafuego con una medida de 3 metros alrededor de la zona y en los accesos principales. Además, se realizó una línea negra, quemando previamente el borde del área para evitar que el fuego fuera imposible de controlar.

Se marcaron los puntos de referencia del terreno con listones, los cuales de igual manera sirvieron para para identificar la dirección del viento durante las mediciones.

En el proceso de la quema, fueron colocadas rutas de escape y zonas seguras para la protección y seguridad del equipo de personal especializado en el fuego, quienes realizaron la quema. Por otro lado, se tomaron mediciones meteorológicas en el sitio para garantizar que las condiciones climáticas se mantuvieran dentro del rango óptimo. La quema se programó entre las 8:00 AM y 10:00 AM, contando con una temperatura máxima de 22°C , una humedad relativa del 21% y la velocidad del viento de hasta 23 km/h, estas condiciones fueron aprobadas por los especialistas quienes realizaron la quema, siendo óptimas para la seguridad al momento de la quema prescrita y actuando en beneficio de la misma.

La tercera fase se llevó a cabo después de la quema prescrita, siendo esta la más larga en tiempo. En primer lugar se regresó al sitio de la quema (potrero 10) en el rancho Los Ángeles, para identificar nuevamente cada una de las especies de gramíneas nativas que se habían localizado anteriormente, tomando como apoyo las coordenadas que fueron capturadas con el GPS antes de la quema. Asimismo, se colocó una bandera roja (Figura 6) en cada sitio para identificar fácilmente las especies a evaluar, después con la ayuda de anillos de diferente color se seleccionaron y marcaron tres plantas de cada especie y tres tallos de cada planta de gramínea, siendo en total nueve tallos a evaluar de cada especie, también se tomó un macollo de cada especie, se colocó en una bolsa de papel para enviarlo a la estufa a secar y obtener el peso de cada parte ya deshidratado.



Figura 6. Identificación de los sitios evaluados después de la quema prescrita.

Las partes que se evaluaron en cada especie fueron la curva de crecimiento de la relación hoja-tallo-raíz, la inflorescencia y el material muerto. Cabe mencionar que también fue evaluada la producción de biomasa, basada en el peso de cada parte seca de cada especie, siendo esta valorada en laboratorio.



Figura 7. A) Medición de la curva de crecimiento en campo; B) Peso de material muerto en laboratorio.

Las evaluaciones en campo se realizaron aproximadamente cada mes, la primera tuvo lugar el día 29 de marzo del 2024 (29 días); la segunda, el 15 de abril del 2024 (46 días); la tercera, el 1 de mayo del 2024(63 días); la cuarta, el 18 de mayo del 2024(81 días); la quinta, el 8 de junio del 2024 (103 días); y la sexta y última, el 6 de julio del 2024 (132 días). Se llevó a cabo un registro en una hoja de excel.

3.9. Análisis de la información

Para la evaluación de los datos colectados de campo, primero se sistematizaron en un archivo Excel, posteriormente se estimaron los valores promedio y la desviación estándar de todos los escenarios para explorar diferencias aparentes basadas en medidas de tendencia central. Finalmente, para detectar las diferencias entre cada especie y sus combinaciones en día posteriores a la quema prescrita, se llevó a cabo un MANOVA y posteriormente una prueba de Tukey con una alpha de 0.05, para detectar diferencias entre especies y temporalidades.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Producción de biomasa por componente morfológico

La producción de biomasa se estimó para cinco componentes morfológicos, los cuales son la raíz, la hoja, el tallo, el material muerto y la inflorescencia.

4.1.1 Biomasa de raíz

Para la raíz, la especie que registró un mayor porcentaje de biomasa de raíz (BR) en los primeros 46 días fue BOBA (3.01 ± 0.13 gr/planta), sin embargo, a los 63 días BOGR registró la más alta producción de BR (2.13 ± 0.009 gr/planta), para el día 81, BOBA fue la de mayor valor (5.11 ± 1.48 gr/planta). Finalmente para el día 103 de la evaluación la especie con mayor desempeño fue SPAI (3.05 ± 1.30 gr/planta). En contraste, al ponderar la variable BR en términos porcentuales se observó que no existe diferencia significativa en el aporte porcentual de las especies las cuales oscilaron entre 18 y 25 %BR, con excepción de BOGR y SPAI (45.23 vs. 15.19 %BR; $P=0.05$)(Figura 8).

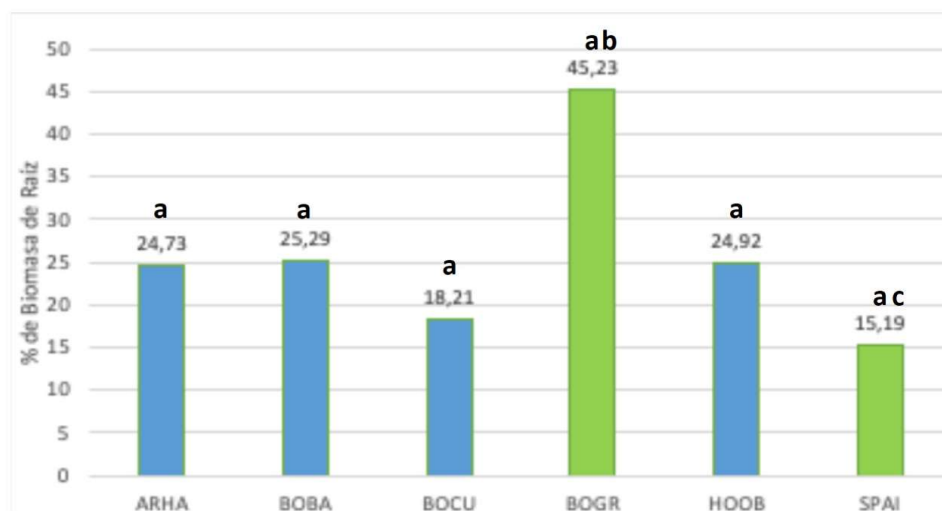


Figura 8. Aporte porcentual promedio de la BR por especie posterior a una quema prescrita de primavera en el RLA. ARHA, *Aristida havardi*: BOBA, *Bothriochloa barbinodis*: BOCU, *Bouteloua curtipendula*: BOGR, *Bouteloua gracilis*: HOOB, *Hopia obtusa*: SPAI, *Sporobolus airoides*.

Finalmente el porcentaje de BR de las seis especies estudiadas presentó una tendencia incremental durante los primeros 81 días post-quema, incrementando desde cero por ciento el día de la quema hasta aproximadamente 31% y luego sufrió una ligera disminución atribuible a la temporada de sequía (Figura 9).

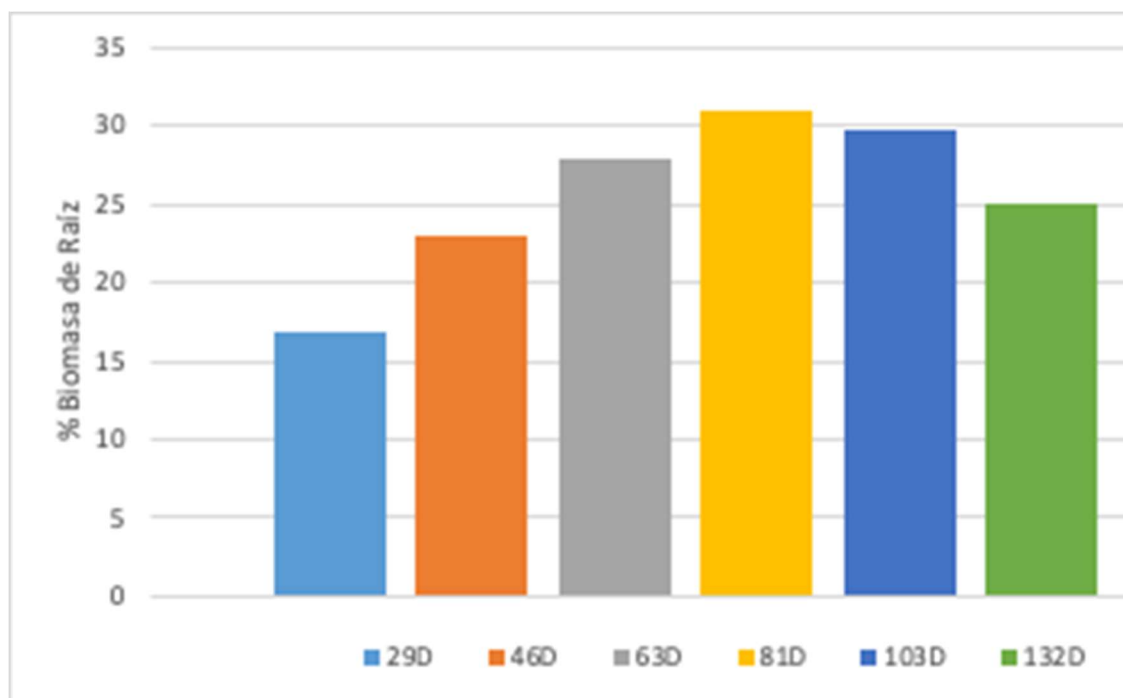


Figura 9. Incremento porcentual promedio de BR para las seis especies en estudio 132 días posteriores a una quema prescrita de primavera en el RLA.

4.1.2 Biomasa de hoja

Para el caso de la hoja, la especie con mayor porcentaje de biomasa de hoja (BH) en los primeros 46 días fue BOBA (1.01 ± 0.40 gr/planta), sin embargo a los 63 días SPAI manifestó la más alta producción de BH (1.74 ± 1.16 gr/planta), finalmente para el día 103 de la evaluación experimental la especie que mejor se desempeñó fue de nuevo BOBA (1.69 ± 0.89 gr/planta). En contraste, al ponderar la variable BH, en términos porcentuales se observó que no hubo diferencia significativa en el aporte porcentual de las especies las cuales fluctuaron mayormente entre 20 y 22 %BH, siendo HOOB la de mayor producción de BH (32.46 %BH) y la de menor producción BOCU (11.51 %BH; $P > 0.05$) (Figura 10).

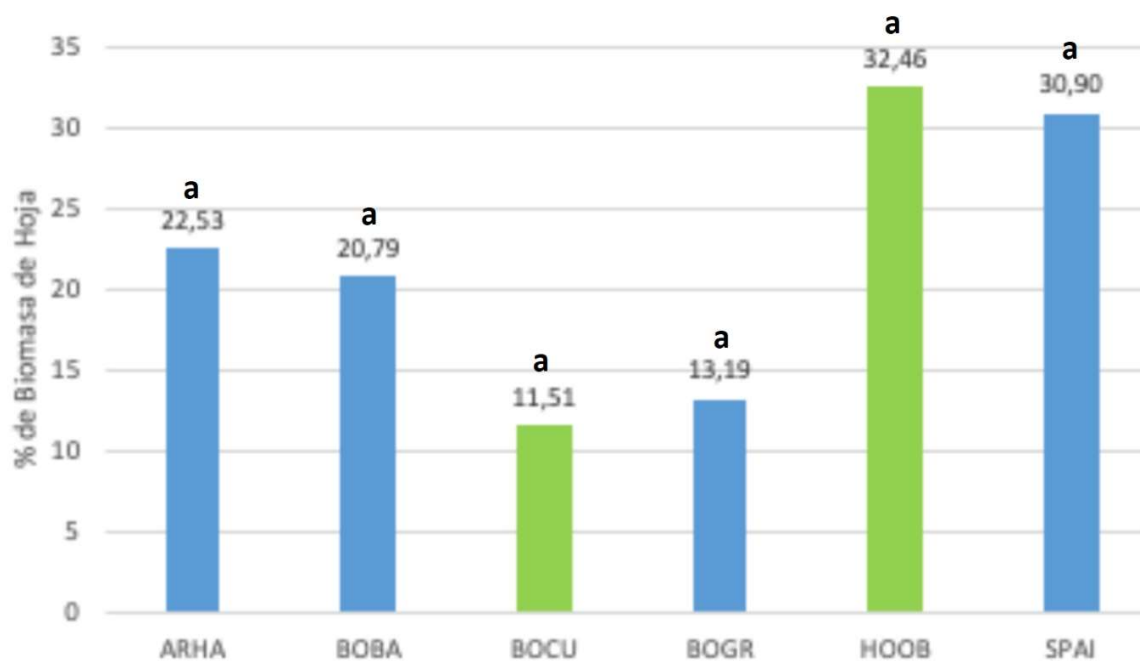


Figura 10. Aporte porcentual promedio de la BH por especie posterior a una quema prescrita de primavera en el RLA.

Finalmente, el porcentaje BH de las seis especies estudiadas presentó una tendencia incremental durante los primeros 63 días post-quema, incrementando desde cero por ciento el día de la quema hasta aproximadamente 28% y luego sufrió una disminución drástica bajando hasta cerca del 13%, para en los últimos 51 días registrar un incremento hasta 36% a los 132 días (Figura 11).

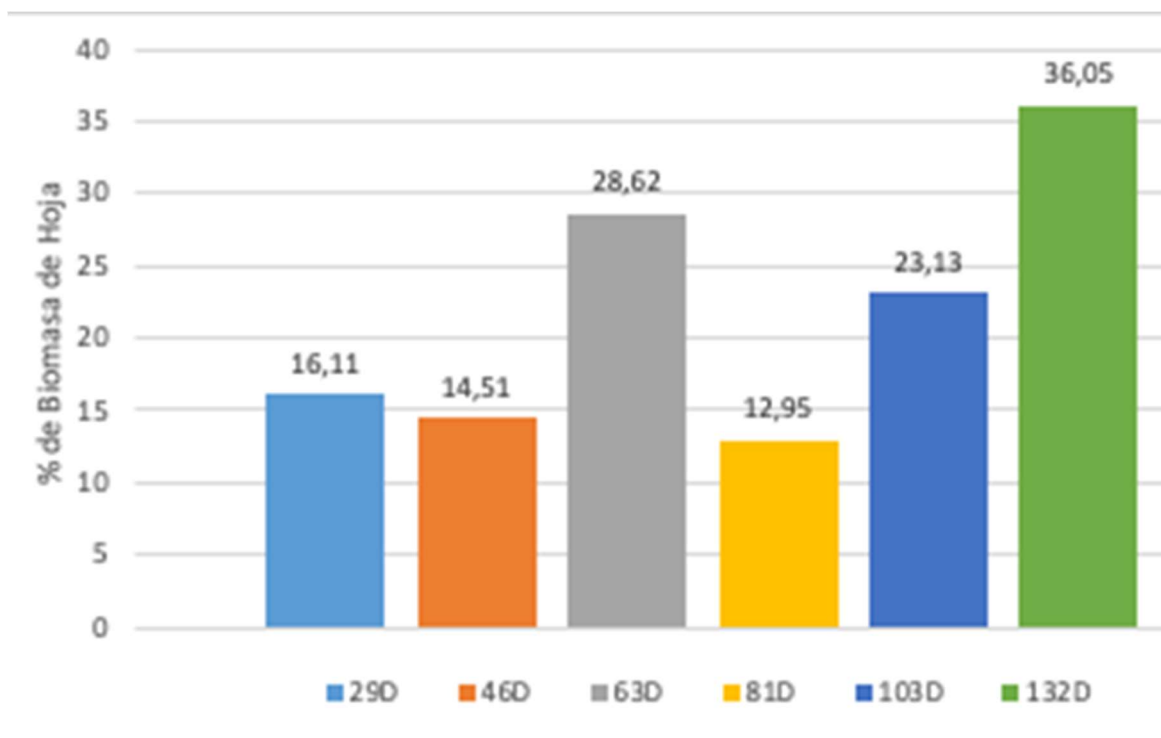


Figura 11. Incremento porcentual promedio de biomasa de hoja para las seis especies en estudio 132 días posteriores a una quema prescrita de primavera en el RLA.

La acumulación porcentual de biomasa por especie y por componente morfológico, mostró para *A. havardii* una acumulación importante de BR en el último periodo de evaluación y también un volumen importante de materia muerta, siendo esta una planta anual el comportamiento en un ciclo de vida de 132 días podría considerarse el 100% de la biomasa que potencialmente puede producir (Figura 12A). Para el caso de *B. barbinodis*, si bien aparento un desempeño sobresaliente, la distribución porcentual de la biomasa por componente morfológico, fue variable (Figura 12B). Mientras que *B. curtispindula*, desarrollo más BMM en todos los momentos de evaluación (Figura 12C) mostrando una tendencia a producir un volumen importante de hoja pero que por las condiciones locales, posiblemente las hojas se marchitan rápidamente, también es importante observar la baja aportación de BT a la biomasa total, para esta especie de planta.

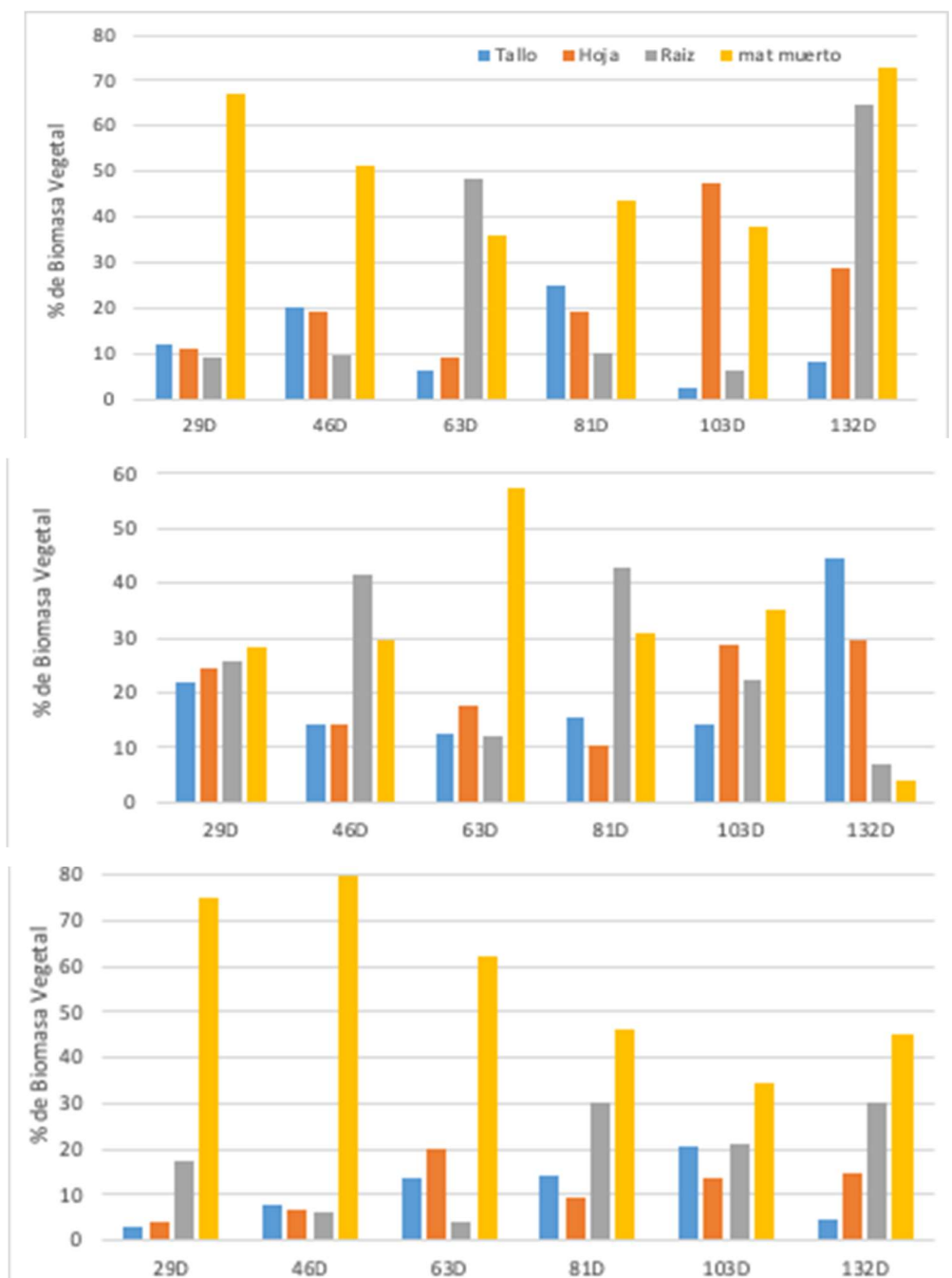


Figura 12. Acumulación porcentual de biomasa vegetal post QP para los componentes morfológicos de tallo, hoja, raíz y material muerto para: A) *A. havardii*; B) *B. barbinodis*, y C) *B. curtipendula*, del 1 de marzo al 6 de julio del 2024.

En cuanto al zacate navajita azul, la acumulación de la BR fue la más sobresaliente (Figura 13A), mientras que para zacate guía la producción de BT fue la que mostró un mayor aporte porcentual (Figura 13B) y en el caso de zacatón alcalino la producción fue muy variable (Figura 13C).

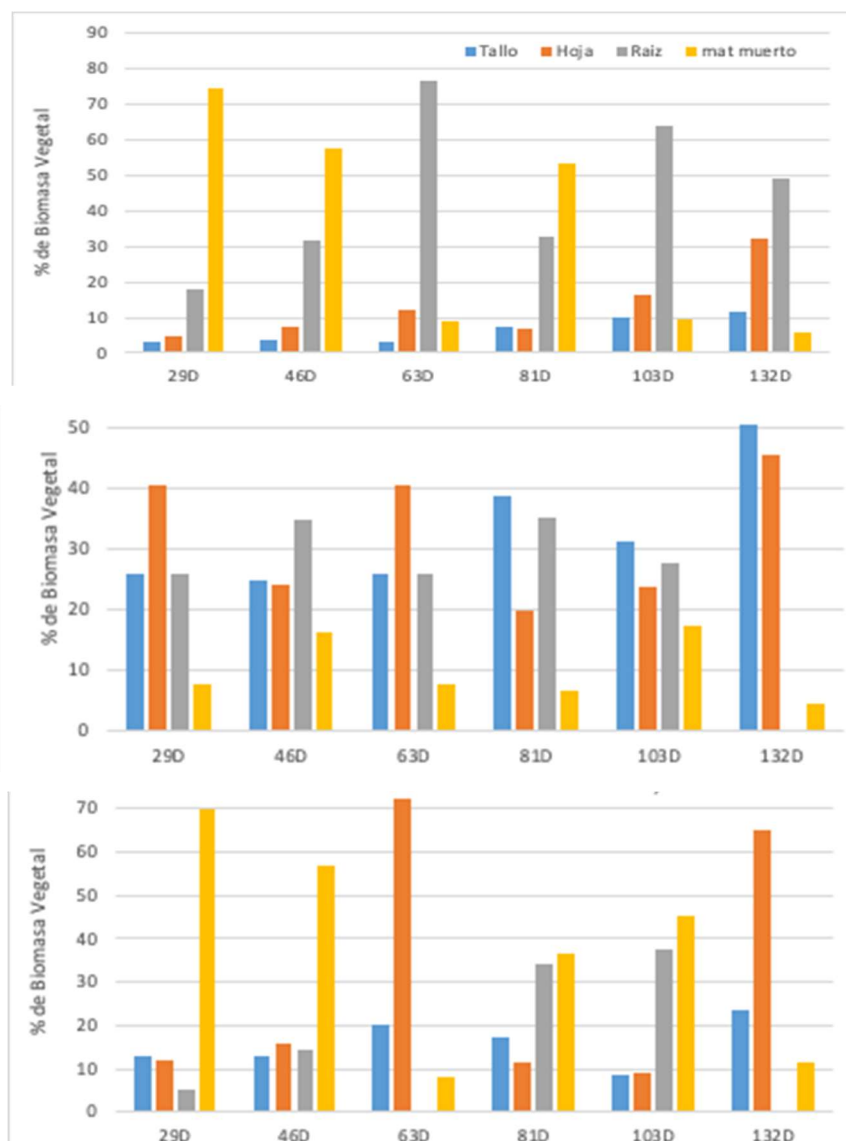


Figura 13. Acumulación porcentual de biomasa vegetal post QP para los componentes morfológicos de tallo, hoja, raíz y material muerto para: A) *B. gracilis*; B) *H. obtusa*, y C) *S. airoides*, del 1 de marzo al 6 de julio del 2024.

4.1.3 Biomasa de tallo

En el caso del tallo, la especie que registró la mayor producción de biomasa de tallo (BT) durante todo el periodo de evaluación de 132 días fue BOBA, con un promedio de 2.38 ± 0.85 gr/planta, lo que indica que esta especie presentó el mayor desarrollo de tallo. Por otro lado, al analizar la variable BT, en términos porcentuales, el zacate guía (HOOB) fue diferente a ARHA, BOCU, BOGR y SPAI ($P < 0.05$). La especie HOOB presentó el mayor aporte porcentual (32.75 %BH), mientras que BOGR registró el menor valor (6.49 %BH; $P > 0.05$) (Figura 14).

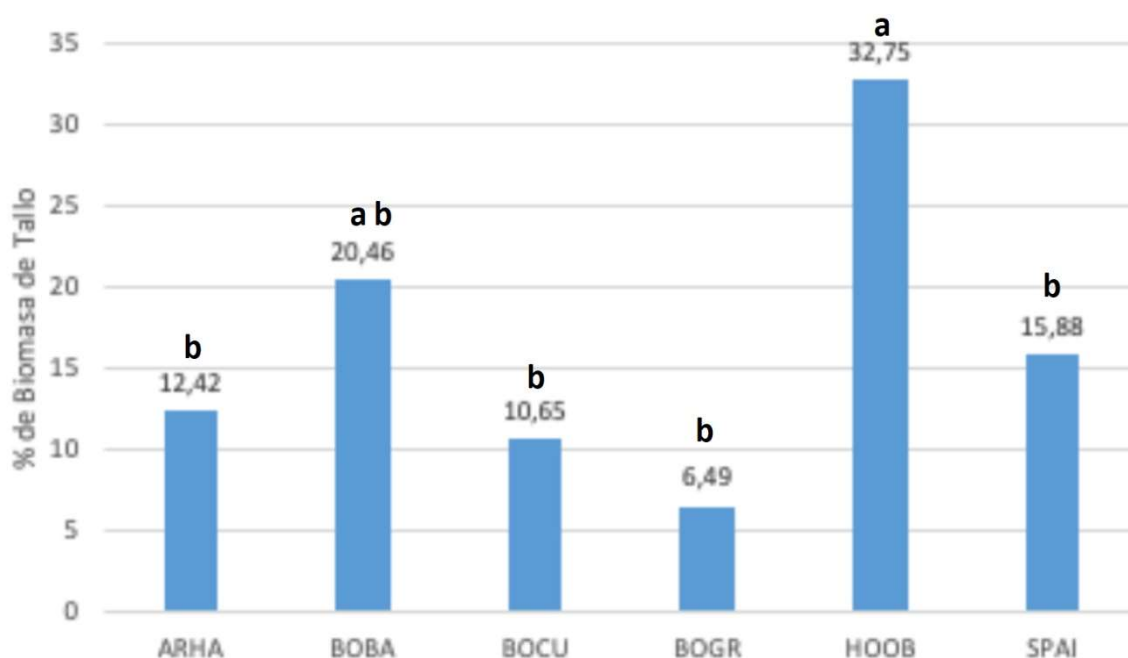


Figura 14. Aporte porcentual promedio de la BT por especie posterior a una quema prescrita de primavera en el RLA.

Finalmente el porcentaje de BT de las seis especies evaluadas mostró una tendencia creciente durante los primeros 81 días posteriores a la quema, incrementándose desde 0% en el día de la quema hasta aproximadamente 19%. Posteriormente, esta variable presentó una disminución alcanzando valores cercanos al 14%. Durante los últimos 51 días de evaluación, el %BT volvió a incrementarse, registrando un valor aproximado del 23% a los 132 días después de la QP (Figura 15).

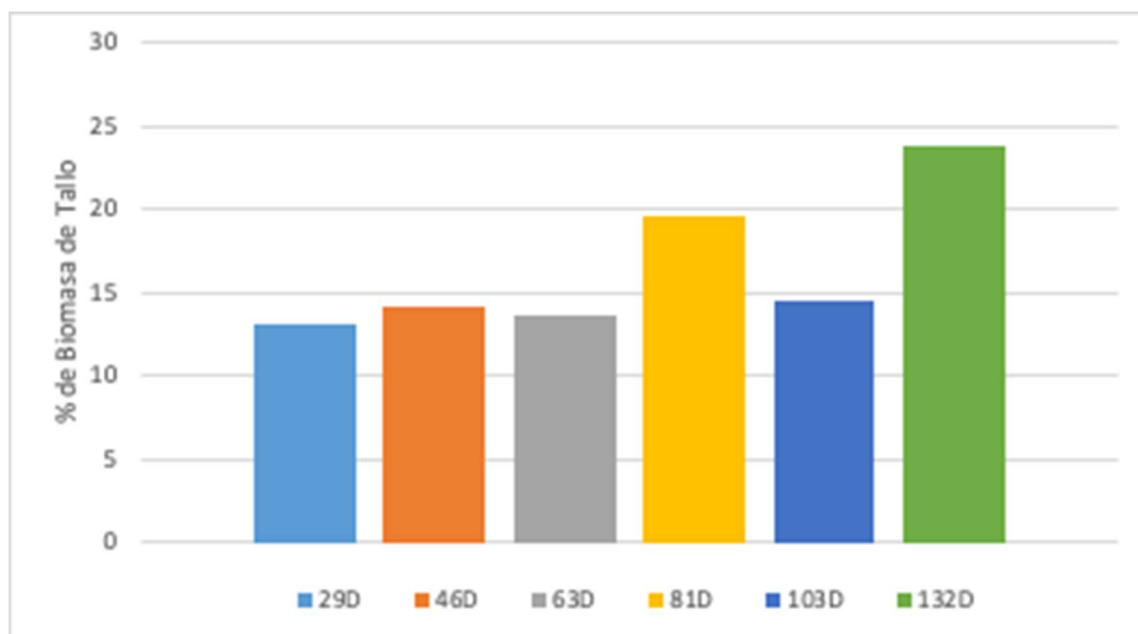


Figura 15. Incremento porcentual promedio de BT para las seis especies en estudio 132 días posteriores a una quema prescrita de primavera en el RLA.

4.1.4 Biomasa de material muerto

En el caso de la biomasa de material muerto (BMM), la especie que registró la mayor producción a los 29 días de evaluación fue BOCU (3.31 ± 0.34 gr/planta), a los 46 días fue BOGRA con un promedio de 4.65 ± 3.85 gr/planta, a los 81 días fue BOBA (3.67 ± 1.08 gr/planta), a los 103 días destacó SPAI (3.66 ± 2.01 gr/planta), a los 132 días de nueva cuenta se posiciona en primer lugar BOCU (4.81 ± 4.54 gr/planta), lo que indica que esta especie presentó el mayor desarrollo de material muerto. Por otro lado, al analizar la variable BMM, en términos porcentuales, se observaron diferencias entre HOOB y dos especies más que fueron: ARHA y BOCU ($P < 0.05$), , cuyos valores variaron entre un promedio total de 37% de BMM, siendo el zacate banderita (BOCU) la especie que presentó el mayor aporte porcentual con 57.16, mientras que HOOB registró el menor valor (10.04 %BMM; $P > 0.05$) (Figura 16).

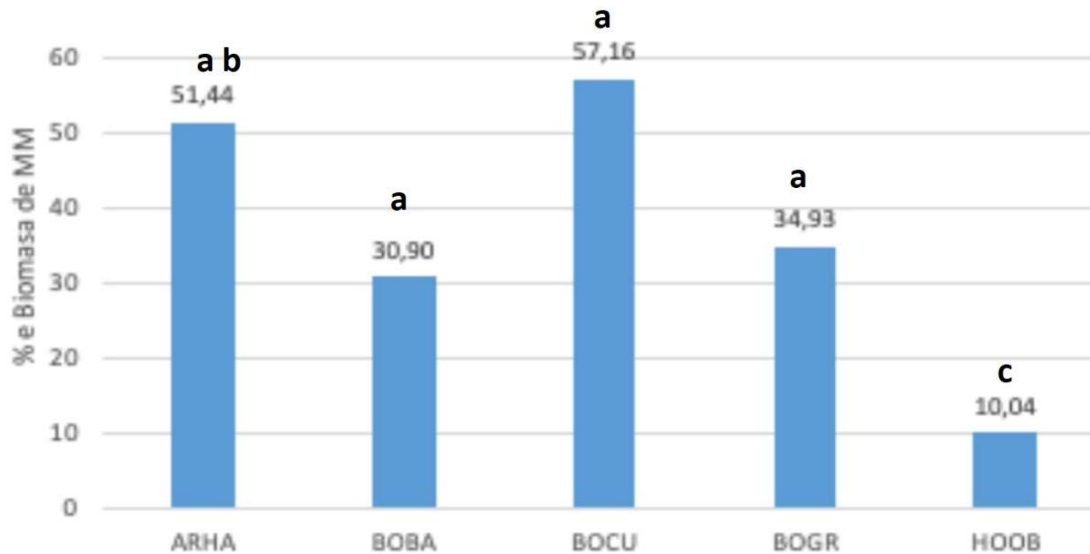


Figura 16. Aporte porcentual promedio de la BT por especie posterior a una quema prescrita de primavera en el RLA.

Finalmente el %BMM de las seis especies evaluadas mostró una tendencia decreciente durante los 132 días de evaluación posteriores a la quema (Figura 17).

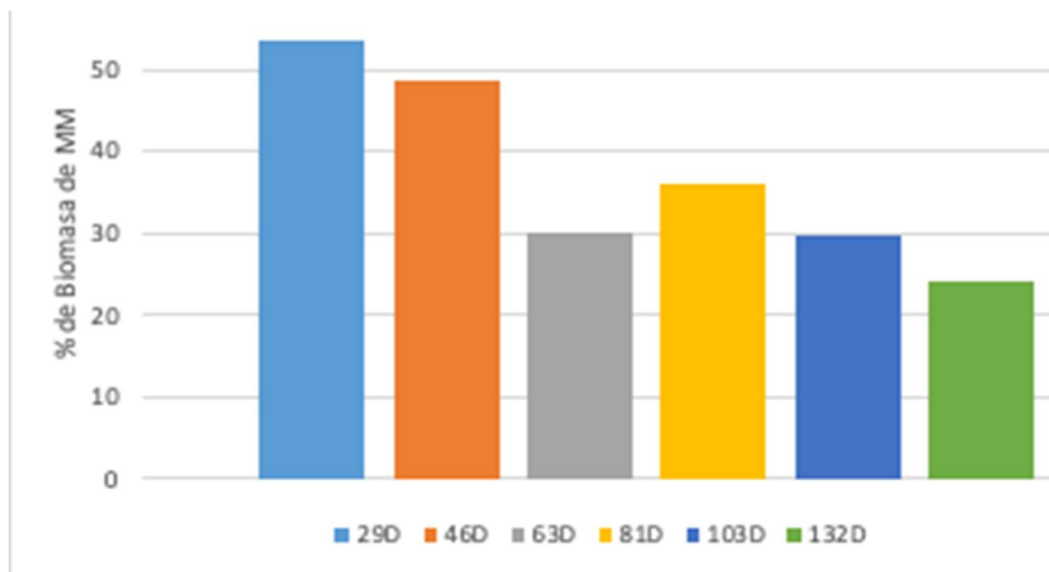


Figura 17. Incremento porcentual promedio de biomasa de material muerto para las seis especies en estudio 132 días posteriores a una quema prescrita de primavera en el RLA.

Los resultados obtenidos coinciden en parte con lo reportado por Juanes *et al.* (2024), quienes evaluaron diferentes estrategias de manejo en un pastizal del

Desierto Chihuahuense invadido por *Amelichloa clandestina*, tales autores registraron que la quema modificó la estructura de la vegetación al reducir temporalmente la cobertura de la especie dominante. Esto sugiere que las perturbaciones controladas, como la QP, pueden favorecer cambios en la composición y dinámica de los pastizales al reducir la acumulación de biomasa dominante y generar condiciones para el establecimiento y crecimiento de otras especies. En este contexto, las variaciones registradas en las curvas de crecimiento y la producción de biomasa en el presente estudio podrían estar relacionadas con la capacidad de la quema para modificar la competencia entre especies y estimular procesos de regeneración de la vegetación.

Para especies del género *Aristida*, la respuesta al fuego es más variable, como en un estudio realizado por Russell *et al.* (2013) donde basándose en la investigación sobre *Aristida purpurea*, una especie funcionalmente similar a *Aristida havardii*, mostraron que el fuego puede reducir la biomasa aérea y ocasionar mortalidad de individuos sensibles; sin embargo, los individuos sobrevivientes presentan una importante capacidad de rebrote mediante la activación de yemas auxiliares y la producción de nuevos tallos. En dicho estudio se registró una mortalidad cercana al 36% después de la aplicación del fuego, acompañada de modificaciones en la producción de biomasa. En nuestro estudio *A. havardii* se desarrolló produciendo más material muerto con un promedio de 51.44%, seguido de la raíz con un promedio de 24.73%, en el caso de la hoja llegó a un promedio de 22.53%, cabe mencionar que estos porcentajes son de la producción de biomasa. Por otro lado, esta especie presentó un promedio de 3.55 cm de longitud de tallo (ET) y un promedio de 6.29 cm de longitud de hoja (EH).

Bothriochloa barbinodis es una gramínea que presenta alta tolerancia al fuego debido a su capacidad de rebrotar a partir de coronas radicales sobrevivientes. Diversos estudios han reportado que su abundancia y cobertura suelen mantenerse estables después de QP e incluso pueden incrementarse bajo ciertas condiciones. En la investigación realizada por Gucker. (2011) en el estado de Texas, la productividad de la especie aumentó de 1.2 a 8.52 kg/ ha y su frecuencia de

aparición de 8 a 40% seis meses después de la QP, lo que sugiere que el fuego puede favorecer su establecimiento y vigor al reducir la competencia y estimular el rebrote. Además, se ha observado reclutamiento de plántulas en áreas quemadas y una persistencia de la especie aún bajo regímenes de fuego recurrentes, indicando una buena adaptación a los pastizales semiáridos sujetos a perturbaciones por fuego. En esta investigación realizada en el rancho Los Ángeles, Saltillo, Coahuila, evaluamos la misma especie (*B. barbinodis*), la cual en términos porcentuales, presentó mayor cantidad de MM con un 30.9%, seguido de la raíz con un 25.29%, el tallo y la hoja fueron similares al producir un promedio de BMM del 21%, en cuanto a los términos de elongación, el tallo presentó un promedio de 2.15 cm y la hoja se desarrolló en un promedio de 6.58cm.

La respuesta de las gramíneas perennes al fuego está determinada principalmente por la localización de sus meristemas basales y la capacidad de rebrote a partir de yemas protegidas. En pastizales semiáridos dominados por *Bouteloua gracilis*, las QP generalmente reducen la acumulación de material muerto y estimulan el desarrollo de nuevos macollos, favoreciendo la producción de biomasa foliar durante los ciclos posteriores al incendio (Russell *et al*, 2013). En nuestro caso *B. gracilis* disminuyó considerablemente la BMM de un 74.54% al inicio de la temporada (29D) a un 6.01% al final de la evaluación (132D), para así presentar un mayor porcentaje promedio en la producción de raíz con un 45.23%. Russell *et al*. (2015) reportaron que el número de tallos reproductivos de *Bouteloua gracilis* aumentó de aproximadamente 7 ± 1 tallos por planta en parcelas sin quemar a $16-20 \pm 1$ tallos por planta dos años después de QP realizadas en distintas épocas del año, evidenciando una respuesta positiva en la reproducción vegetativa y sexual de la especie. Nosotros encontramos que algunas especies como *H. obtusa* produjeron muchos más tallos (32.75%), seguido de la producción de hojas (32.46%), de la raíz (24.92%) y del material muerto (10.04%) como respuesta a la quema. Asimismo, los macollos vegetativos se duplicaron entre el primer y segundo año posterior al fuego, alcanzando cerca de 50 ± 4 macollos por planta". En esta tesis la respuesta se evaluó antes del año posterior a la QP, y no una respuesta a mediano plazo; sin embargo, en ecosistemas de pastizal corto donde *B. gracilis* es dominante, las QP

provocan una reducción inicial de la biomasa aérea. Brockway *et al.* (2002) registraron producciones herbáceas cercanas a 1800 kg ha en parcelas testigo, mientras que después de una QP en época de dormancia la biomasa se redujo aproximadamente hasta un 50%/ ha tras quemas en temporada de crecimiento.

Por otro lado, *Hopia obtusa* es una gramínea que presenta una alta capacidad de recuperación después del fuego debido a la supervivencia de sus rizomas y estolones. Según en el estudio realizado por Griffith. (1991), dice que el fuego elimina la biomasa aérea en esta especie; sin embargo, *H. obtusa* recoloniza rápidamente las áreas quemadas mediante el crecimiento vegetativo, reflejando los resultados en los incrementos en la producción de forraje de 30% durante años con más presencia de lluvia y hasta 112% durante años secos en sitios quemados respecto a áreas sin quema. En términos de producción, se registraron valores de 4,458 frente a 3,434 kg/ ha en un año con mayor precipitación y de 7,777 frente a 3,669 kg/ ha en un año seco para áreas quemadas y no quemadas. En nuestro caso, al momento de observar la curva de crecimiento de *H.obtusa*, logramos observar que esta respondió de manera positiva la QP, ya que como este autor lo menciona, su crecimiento rizomatoso y estolonífero ayuda a que esta planta no tenga gran problema al momento de su crecimiento, lo cual se vio reflejado en también en el promedio de ET el cual fue de 4.55 cm y en el promedio de EH el cual fue de 4.16 cm, medidas captadas durante todo el periodo de evaluación (132 D).

De igual manera, *Sporobolus airoides* se caracteriza por ser una planta tolerante al fuego que tiene una alta capacidad de recuperación después de la remoción de la biomasa aérea. De acuerdo con Johnson (2000) en el estado de Arizona, se observó que durante la primera temporada de crecimiento posterior a la quema, la altura y el área basal disminuyeron significativamente; sin embargo, el área basal se recuperó en un periodo de dos años, aunque la altura de las plantas alcanzó el 54% de los valores previos al fuego. La recuperación total de la especie se estimó entre dos y cuatro años después de la quema. En esta tesis, esta especie respondió de manera positiva al fuego, ya que la BH fue la más resaltada, con un promedio del 30.90%, en segundo lugar se vio mayormente reflejada la BT con un promedio del

15.88%, después la BR con un promedio de 15.19%, en el caso de la BMM tuvo un promedio del 37.98%, pero cabe mencionar que esta variable morfológica fue disminuyendo a través de la evaluación, iniciando con un 69.91% a los 29D, y culminando con un 11.58% al final de la evaluación (132 D), en cuanto a la elongación, el tallo tuvo un promedio de 2.21cm y la hoja un promedio de 11.13 cm.

4.2 Crecimiento de tallos y hojas

El crecimiento de tallos y hojas fue evaluado por su curva de crecimiento, tomando en cuenta la longitud de estas dos partes morfológicas en cada una de las seis especies de gramíneas durante los 132 días de evaluación.

4.2.1 Elongación de tallos

Para la variable elongación del tallo a los 29 días posteriores a la QP, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre las especies de SPAI y BOGR(0.0001), HOOB y ARHA (0.001), BOGR y ARHA (0.01), BOBA y ARHA (0.001). Para los 46 días posteriores a la QP, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre las especies de SPAI y BOGR(0.02), HOOB y ARHA (0.04), BOGR y ARHA (0.003), BOBA y ARHA (0.01). Al llegar a los 63 días de evaluación después de la QP, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre las especies de SPAI y BOCU (0.006), HOOB y BOGR (0.005), HOOB y BOBA (0.02), ARHA y BOCU (0.001). Al llegar a los 81 días posteriores a la QP, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre las especies de HOOB y BOGR (0.01). A los 103 días posteriores a la QP, se observaron diferencias ($P < 0.05$) entre las especies de SPAI y HOOB (0.01), SPAI y BOCU (0.008), HOOB y BOBA (0.0001), BOBA y BOCU (0.04), ARHA y BOCU (2.54). Al terminar el periodo de evaluación a los 132 días después de la QP, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre las especies de SPAI y HOOB (0.02), HOOB y BOGR (0.002) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Elongación de tallo (cm) de seis especies de gramíneas nativas durante un período de 132 días post QP en el rancho Los Ángeles.

Días QP	ARHA	BOBA	BOCU	BOGR	HOOB	SPAI
29	0 $\pm$ 0	1.9 $\pm$ 0.68	0.84 $\pm$ 2.15	1.57 $\pm$ 0.95	1.89 $\pm$ 1.40	0 $\pm$ 0
46	3.5 $\pm$ 1.29	2.1 $\pm$ 0.72	2.52 $\pm$ 0.90	1.96 $\pm$ 0.55	2.30 $\pm$ 0.92	3.19 $\pm$ 0.65
63	3.05 $\pm$ 0.85	1.57 $\pm$ 0.53	0 $\pm$ 0	1.36 $\pm$ 0.77	4.07 $\pm$ 5.42	2.4 $\pm$ 0.64
81	3.28 $\pm$ 1.85	1.36 $\pm$ 0.97	1.06 $\pm$ 0.69	0.70 $\pm$ 0.43	4.12 $\pm$ 5.94	2.43 $\pm$ 1.14
103	2.54 $\pm$ 1.11	1.66 $\pm$ 0.82	0 $\pm$ 0	0.60 $\pm$ 0.29	4.98 $\pm$ 6.15	2.34 $\pm$ 0.99
132	5.42 $\pm$ 5.66	4.31 $\pm$ 3.43	7.06 $\pm$ 7.51	2.10 $\pm$ 0.75	9.98 $\pm$ 11.51	2.91 $\pm$ 2.30

4.2.2 Elongación de hojas

Para la variable longitud de hoja a los 29 días posteriores a la QP, no hay diferencia entre especies ($P>0.05$), para los 46 días posteriores a la QP, se encontraron diferencias entre HOOB y ARHA ($P<0.05$). En los 63 días después a la QP, se encontraron diferencias en la longitud de las hojas entre las especies de SPAI y HOOB, siendo la primera hasta 10 cm más larga, en esa temporada de evaluación los individuos de BOCU no fueron encontrados, por eso registró diferencias con otras especies. En los 81 días se encontraron diferencias, a este punto la especie que menor desarrollo de hojas tuvo en cuanto a longitud fue HOOB y es importante resaltar las diferencias con nuevamente entre SPIA y las otras especies, lo que se debe mayormente a la talla del zacate que es de porte grande, por otro lado ARHA que aunque es una especie anual tuvo un crecimiento mayor en largo de hoja en comparación con las gramíneas perennes muestreadas. A partir de la evaluación cercana a los 80 días, la tendencia de crecimiento se mantuvo para todas las especies, siendo en SPAI la de hojas más largas, seguida de ARHA, BOBA, con un desempeño muy similar BOGR y HOOB y la especie que manifestó una menor elongación en términos de centímetros de hoja fue BOCU (Cuadro 2).

Cuadro 2. Elongación de hoja (cm) de seis especies de gramíneas nativas durante un período de 132 días post QP en el rancho Los Ángeles.

Días QP	ARHA	BOBA	BOCU	BOGR	HOOB	SPAI
29	6.10 $\pm$ 3.67	7.48 $\pm$ 3.53	6.28 $\pm$ 3.91	5.77 $\pm$ 3.09	4.95 $\pm$ 2.86	12.56 $\pm$ 6.68
46	2.29 $\pm$ 1.12	2.77 $\pm$ 1.87	3.79 $\pm$ 3.10	3.89 $\pm$ 2.49	4.11 $\pm$ 3.72	2.49 $\pm$ 1.47
63	6.61 $\pm$ 3.03	7.25 $\pm$ 4.22	0 $\pm$ 0	4.27 $\pm$ 2.71	4.5 $\pm$ 0	14.10 $\pm$ 7.82
81	7.08 $\pm$ 3.08	7.66 $\pm$ 4.51	3.85 $\pm$ 3.20	4.10 $\pm$ 2.96	2.93 $\pm$ 1.68	14.20 $\pm$ 7.38
103	7.42 $\pm$ 3.33	6.96 $\pm$ 3.82	0 $\pm$ 0	3.28 $\pm$ 1.81	3.08 $\pm$ 1.32	11.62 $\pm$ 7.35
132	8.24 $\pm$ 5.25	7.39 $\pm$ 3.70	2.5 $\pm$ 0	5.97 $\pm$ 3.59	5.43 $\pm$ 3.22	11.86 $\pm$ 6.47

4.3 Relación hoja-tallo

Sin embargo aunque relevante, la información al respecto de la elongación de los tallos y las hojas es difícilmente comparable entre especies diferentes por razones relacionadas a la morfología de la planta o a sus hábitos de crecimiento, por lo que se calculó la relación Hoja:Tallo en relación al peso de la biomasa producido por estos dos componentes morfológicos a lo largo del tiempo. Al respecto, se registró que a los 29 días BOBA, BOCU, BOGR Y SPAI tuvieron mayor predominancia de hoja; los 46 días hubo mayor relación de tallo y las especies protagonistas fueron ARHA, BOBA, BOCU y HOOB lo que sugiere un periodo de crecimiento vegetativo importante; en la tercera evaluación cercana a los dos meses post QP la relación hoja fue la que resaltó en todas las especies, exceptuando BOBA, la cual seguía en la tendencia de aumento en el volumen de tallos; a los 81 días se observó que la relación tallo fue predominante de manera total, ya que las seis especies evaluadas mostraron resultados mayores en la producción de tallos; cerca de los 100 días post QP, un mayor volumen de hoja fue evidente en cuatro especies excepto BOCU y HOOB; al final de la evaluación (132 días), la única especie donde la producción de tallo fue mayor fue para HOOB, muy en relación a la morfología de una gramínea de hábitos de crecimiento estoloníferos (Figura 18).

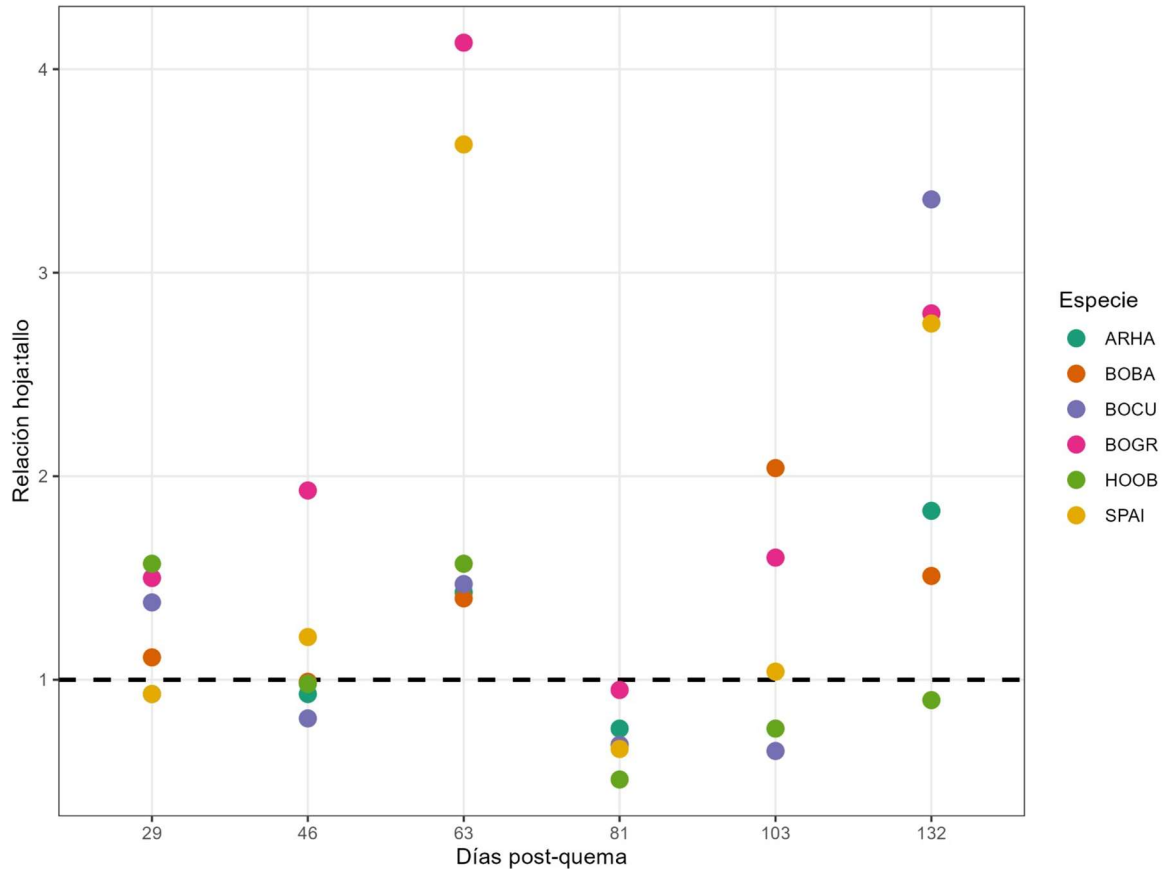


Figura 18. Relación Hoja:Tallo de seis especies de gramíneas expuestas a una QP de primavera en el rancho Los Ángeles.

En comparación con los resultados de este trabajo, Liendo et al. (2019) quienes trabajaron sobre gramíneas forrajeras las cuales fueron evaluadas durante la etapa de floración y donde la relación Hoja:Tallo presentó valores entre 0.55 y 2.0, evidenciaron diferencias importantes en la proporción foliar entre especies como *Cenchrus ciliaris* y *Setaria leiantha*, mostraron una mayor participación del componente hoja, siendo ambas especies Paniceas, tipo C4 adaptadas mayormente a ambientes cálidos y la primera (*C. ciliaris*) no nativo en el continente americano, ampliamente desarrollado y mejorado en diversos centros de investigación, al realizar la comparación con las dos especies que presentaron mayor proporción de hoja en mi trabajo, fue primeramente *B. gracilis*, seguida por *Sporobolus airoides* ambas de la familia Cynodonteae y también C4 y nativas del pastizal mediano abierto. En estas especies, por tener más hojas tiernas hay mejor

potencial nutritivo, mientras que especies con relaciones inferiores presentaron una mayor proporción de tallos, asociada con una reducción de la calidad forrajera. En este sentido, los autores concluyen que una relación Hoja:Tallo favorable constituye un indicador del valor nutritivo de las gramíneas, debido a que las hojas concentran mayor contenido de proteína y mejor digestibilidad que el tallo.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos, la hipótesis acerca de que “la biomasa de material muerto es el componente morfológico que tiene mayor aporte porcentual en al menos cuatro de las especies evaluadas al término de los 100 días posteriores a la quema prescrita” es aceptada, porque en las especies ARHA, BOBA, BOCU Y SPAI, el material muerto es el componente morfológico que tiene mayor predominancia en comparación de los otros tres componentes morfológicos.

En relación a la segunda hipótesis, la cual plantea que “la biomasa de raíz es el segundo componente morfológico que tiene mayor aporte porcentual en al menos cuatro de las especies evaluadas al término de los 100 días posteriores a la quema prescrita”, se acepta porque las especies ARHA, BOBA, BOCU y BOGR cumplen con este enunciado, teniendo a la raíz como el segundo componente morfológico con mayor aporte.

Para la tercera hipótesis tenemos que: “al menos cuatro de las seis especies evaluadas elongaron más la hoja que el tallo al término de los 100 días posteriores a la quema prescrita” también es aceptada, ya que incluso en las seis especies que se evaluaron, hubo mayor elongación de hoja que de tallo, siendo SPAI la de mayor EH, seguido por BOBA, ARHA, BOGR, BOCU y al final HOOB.

Cabe mencionar que la planta más sobresaliente en términos de relación Hoja:Tallo fue BOGR, siendo consistente en cinco de seis evaluaciones a lo largo del experimento, lo cual sucede debido a que por su morfología, esta especie crece formando macollos densos, en donde la mayoría de las hojas son basales, no presenta mayor relación de tallo, ya que esta gramínea tiene baja producción de tallo y estos son delgados, tiene buena adaptabilidad a los climas áridos, por lo que sus hojas son largas y angostas. La segunda planta más sobresaliente en relación de hoja fue SPAI, presentando mayor relación de hoja en cuatro ocasiones de seis, esto es debido a la forma de crecimiento amacollado de esta gramínea, sus hojas son basales, presenta una hoja ancha y rígida.

La rehabilitación con fuego favorece el incremento de especies tolerantes como BOGR, BOCU, y BOBA, el eliminar material muerto y estimular el rebrote basal. Asimismo, reduce la presencia de ARHA, especie anual sensible al fuego y de bajo valor forrajero. HOOB y SPAI toleran quemas moderadas. Por tanto, el fuego es una herramienta útil para mejorar la condición del pastizal cuando dominan especies C4 perennes deseables y se busca disminuir las especies anuales poco palatables.

Como aprendizajes y recomendaciones de este proyecto, se puede mencionar que, al aplicar la quema prescrita de forma adecuada el crecimiento de la nueva biomasa vegetal aérea permite optimizar el aprovechamiento sustentable del pastizal, generando beneficios ecológicos y productivos al identificar las especies y épocas de mejor respuesta post-quema. La participación de instituciones gubernamentales y académicas en el monitoreo e implementación, es fundamental para validar el uso del fuego prescrito, mejorar su planeación y promover su aplicación como estrategia viable de rehabilitación desde el tema técnico hasta el económico, por lo que, adoptar un enfoque de manejo integral de los recursos naturales, en el que la conservación y funcionalidad del ecosistema sean consideradas como la base para la productividad ganadera, es clave.

La salud y la sostenibilidad de los ecosistemas de pastizal dependen directamente del estado de sus componentes y el buen funcionamiento de sus procesos, por lo que las decisiones de manejo deben orientarse a mantener y restaurar lo mismo los componentes que los procesos. Finalmente, se exhorta a las instituciones gubernamentales a incrementar su participación en la promoción, investigación y financiamiento de acciones orientadas a la rehabilitación y conservación de los ecosistemas de pastizal.

VI. LITERATURA CITADA

- Agee, J. K.** (2013). Fire ecology of Pacific Northwest forests. Princeton University Press.
- Allred, K. W.** (2003). *Aristida havardii* Vasey. En Flora of North America Editorial Committee (Ed.), Flora of North America North of Mexico (Vol. 25, pp. 324–325). Oxford University Press.
- Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Prieto-Amparán, J. A., Iracheta-Lara, I. Z., & Hernández-Quiroz, N. S.** (2022). Estructura genética y aptitud ambiental de poblaciones de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(3), 830–843.
- Andreu, M. G., Demers, C., Long, A., & Sus, S.** (2024). Beneficios de las quemas controladas o prescritas. *EDIS*, 2023(6).
- Archibald, S., Lehmann, C. E. R., Gómez-Dans, J. L., & Bradstock, R. A.** (2013). Defining pyromes and global syndromes of fire regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(16), 6442–6447.
- Augustine, D. J., Brewer, P., Blumenthal, D. M., Derner, J. D., & von Fischer, J. C.** (2014). Prescribed fire, soil inorganic nitrogen dynamics, and plant responses in a semiarid grassland. *Journal of Arid Environments*, 104, 59–66.
- Augustine, D. J., Derner, J. D., & Smith, D. P.** (2014). Characteristics of burns conducted under modified prescriptions to mitigate limited fuels in a semi-arid grassland. *Fire Ecology*, 10(2), 36–47.
- Barnes, R. F., Nelson, C. J., Moore, K. J., & Collins, M.** (2007). *Forages: The Science of Grassland Agriculture* (Vol. II).
- Barney, R. J., Stocks, B. J., & Alexander, M. E.** (1984). Fire behavior and fireline production in forest fuels. USDA Forest Service.
- Beltrán López, S.** (1988). Infiltración y producción de sedimentos en tres tipos de vegetación del Rancho Los Ángeles.
- Bond, W. J., & Keeley, J. E.** (2005). Fire as a global “herbivore”: The ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(7), 387–394.
- Brockway, D. G., Gatewood, R. G., & Paris, R. B.** (2002). Restoring fire as an ecological process in shortgrass prairie ecosystems: Initial effects of prescribed burning during the dormant and growing seasons. *Journal of Environmental Management*, 65(2), 135–152.
- Brown, J. K.** (2000). Introduction and fire regimes. En J. K. Brown & J. K. Smith (Eds.), *Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Flora*. USDA Forest Service.
- Cable, D. R.** (1967). Fire effects on semidesert grasses and shrubs. *Journal of Range Management*, 20(3), 170–176.

- Canales**, J., & Silva, J. F. (1987). Efecto de una quema sobre el crecimiento y demografía de vástagos en *Sporobolus cubensis*. *Acta Oecologica, Oecologia Generalis*, 8, 391–401.
- Carro**, M. E., Casal, A., Coria, D., Fernández, G. J., & Beade, M. S. (2019). Short-term plant community response to grassland management intended to improve forage quality for the endangered Pampas deer. *Journal for Nature Conservation*, 50, 125716.
- Casillo**, J., Di Giacomo, A., & Marino, G. (2012). Quemadas controladas en pastizales. Fundación Vida Silvestre Argentina y Aves Argentinas.
- Casillo**, J., Di Giacomo, A. G., & Marino, G. D. (2013). Buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal. Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Castellanos**, A. E., Molina-Freaner, F., & Aguirre, G. (2010). Buffelgrass invasion and fire in the Sonoran Desert. *Desert Plants*, 26(1), 17–24.
- Castillo**, T. D. J. C., Ruiz, R. P., Hernández, F. G., Aryal, D. R., Gómez, R. C., & Roblero, J. U. A. (2022). Degradación de praderas en una comunidad rural de área natural protegida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(7), 1295–1306.
- Chaverra** Gil, H. (1967). Manejo de potreros.
- Colombati**, M., & Kopta, R. (2004). Plan provincial de manejo del fuego. Agencia Córdoba Ambiente.
- Comisión Nacional del Agua**. (2024). Sistema de información climatológica nacional (ERIC/Estaciones automáticas). Gobierno de México.
- Coria**, R. D., Terren, M., Domingo, M., & Peri, P. L. (2025). El manejo del fuego: Guía para el uso sustentable del fuego en establecimientos productivos del Chaco argentino.
- COTECOCA**. (1979). Coeficientes de agostadero de la República Mexicana: Estado de Coahuila. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Da Silva**, S. C., & Hernández, G. A. (2010). Manejo del pastoreo en praderas tropicales. En *Los forrajes y su impacto en el trópico* (pp. 63–95). Universidad Autónoma de Chiapas.
- Defossé**, G. E. (1996). Fuego prescrito: Introducción a la ecología del fuego y manejo del fuego prescrito. INTA.
- Echeverri** Gómez, J. (1997). Manejo del pastoreo en sistemas silviculturales.
- FAO-UNESCO**. (2007). Mapa mundial de suelos y clasificación de suelos. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations**. (2011). Rehabilitación de pastizales y manejo sostenible de tierras.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations.** (2013). Manejo del pastoreo para la conservación de los recursos naturales.
- Fuhlendorf, S. D., & Engle, D. M.** (2004). Application of the fire–grazing interaction to restore a shifting mosaic on tallgrass prairie. *Journal of Applied Ecology*, 41(4), 604–614.
- Glitzenstein, J. S., Platt, W. J., & Streng, D. R.** (1995). Effects of fire regime and habitat on tree dynamics in north Florida longleaf pine savannas. *Ecological Monographs*, 65(4), 441–476.
- Goudsblom, J.** (1995). Fuego y civilización. Andrés Bello.
- Griffith, R. S.** (1991). *Panicum obtusum* (vine-mesquite). Fire Effects Information System (FEIS). U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Gucker, C. L.** (2011). *Bothriochloa barbinodis*. Fire Effects Information System (FEIS). U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Gutiérrez Castillo, J., Beltrán López, S., & Zárate Lupercio, A.** (1990). Efecto de los tipos de vegetación y suelo sobre la infiltrabilidad y la producción de sedimentos en el sureste de Coahuila.
- Hodgson, J.** (1990). Grazing management: Science into practice.
- Holechek, J. L., Pieper, R. D., & Herbel, C. H.** (1998). Range management: Principles and practices.
- Hormay, A. L.** (1970). Principles of rest-rotation grazing and multiple-use land management. U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía.** (1986). Hidrología del estado de Coahuila. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía.** (2001). Cuaderno estadístico municipal de Saltillo, Coahuila de Zaragoza. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía.** (2011). Conjunto de datos edafológicos de México. INEGI.
- International Livestock Research Institute.** (1996). Rangeland management handbook.
- Johnson, K. A.** (2000). *Sporobolus airoides*. Fire Effects Information System (FEIS). U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Juanes-Márquez, S., Encina-Domínguez, J. A., Álvarez-Vázquez, P., Lara-Reimers, E. A., Camposeco-Montejo, N., & García-López, J. I.** (2023). Caracterización del banco de semilla de un zacatal en el sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(1), 97–107.
- Juanes-Márquez, S., Encina-Domínguez, J. A., Torres-Mora, M., Mellado, M., Álvarez-Vázquez, P., & Lara-Reimers, E. A.** (2024). Efecto del corte, quema y aplicación de

herbicida en la estructura y diversidad de especies de un pastizal de *Amelichloa clandestina* en el Desierto Chihuahuense. *Revista Bio Ciencias*, 11, e1459.

- Juárez de la Fuente**, J. J., Cornejo Oviedo, E. H., Scott Morales, L., Franco Pizaña, J., & Valdés Reyna, J. (2012). Diversidad y estructura del pastizal en el Rancho Experimental Ganadero Los Ángeles, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Juárez** Gómez, M., & Cortés Bracho, J. D. J. (2016). Delimitación de la cuenca y unidades hidrográficas del arroyo La Encantada, Saltillo, Coahuila mediante el método Pfafstetter.
- Keeley**, J. E., & Davis, F. W. (2007). Chaparral. En M. G. Barbour, T. Keeler-Wolf, & A. A. Schoenherr (Eds.), *Terrestrial vegetation of California* (3.^a ed., pp. 339–366). University of California Press.
- Kothmann**, M. M. (1980). Nutrition of livestock grazing on range and pasture lands. En *Proceedings of the Grazing Livestock Nutrition Conference* (pp. 56–90). University of Wyoming.
- Kunst**, C. (2011). Ecología y uso del fuego en la región chaqueña Argentina. *Boletín Informativo CIDEU*, (10), 81–105.
- Lattera**, P., Ricci, L., Vignolio, O., & Fernández, O. N. (1994). Efectos del fuego y del pastoreo sobre la regeneración por semillas de *Paspalum quadrifarium* en la Pampa Deprimida, Argentina. *Ecología Austral*, 4(2), 101–109.
- Lauenroth**, W. K., & Sala, O. E. (1992). Long-term forage production dynamics of North American shortgrass steppe. *Ecological Applications*, 2(3), 397–403.
- Lira Vázquez**, G., & García Elizondo, R. (2000). Impacto de la edad de la madre, mes de nacimiento y década de nacimiento sobre el comportamiento predestete de crías charoláis nacidas en el Rancho Los Ángeles de la UAAAN.
- Liendo**, M. E., Coletti, A. A., Olea, L. E., Alegre, A., Suárez, L., Guerineau, M., ... & Toll Vera, J. R. (2019). Relación Hoja-Tallo en el estado fenológico de floración, en gramíneas naturales y cultivadas del Chaco Occidental Semiárido del departamento Trancas, Tucumán, Argentina. *Revista agronómica del noroeste argentino*, 39(1), 45-51.
- López-Santos**, A., González-Cervantes, G., Cadena-Zapata, M., & González-Barrios, J. L. (2011). Efecto de la labranza sobre la porosidad de un suelo arcilloso de pastizal estimado mediante análisis de imagen. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17, 33–43.
- Maldonado** Burgos, E. (2015). Efectos de fuego en la cobertura vegetal y procesos ecohidrológicos de un pastizal semiárido en el centro de México (Tesis de maestría).
- Martínez** Ruiz, E. (2001). Manual de quemas controladas: El manejo del fuego en la prevención de incendios forestales. Mundi-Prensa.

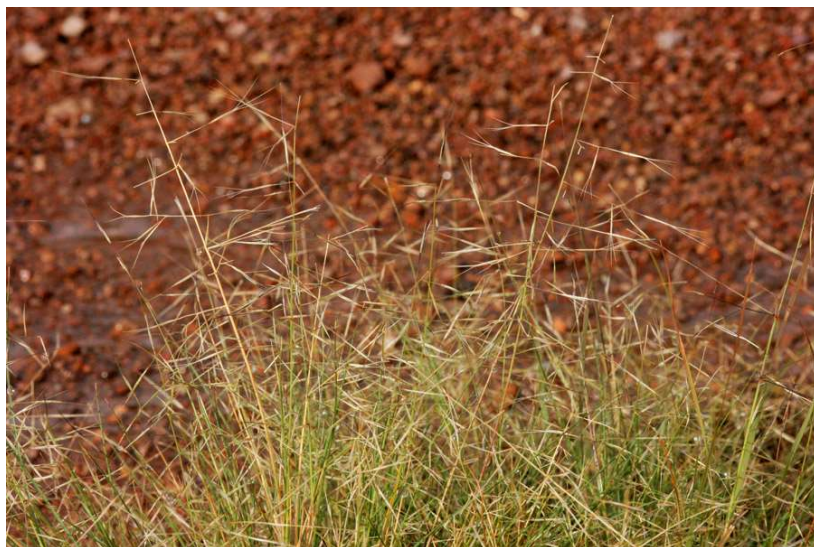
- Massa**, E. S., Prado, D. E., & Feldman, S. R. (2017). Efecto del fuego o el corte sobre la producción y la calidad forrajera de un pajonal dominado por *Panicum prionitis*.
- McDonald**, C. J., & McPherson, G. R. (2013). Creating hotter fires in the Sonoran Desert: Buffelgrass produces copious fuels and high fire temperatures. *Fire Ecology*, 9(2), 26–39.
- Minnich**, R. A. (1983). Fire mosaics in southern California and northern Baja California. *Science*, 219(4590), 1287–1294.
- Mistry**, J., Berardi, A., Andrade, V., Krahô, T., Krahô, P., & Leonardos, O. (2005). Indigenous fire management in the cerrado of Brazil: The case of the Krahô of Tocantins. *Human Ecology*, 33(3), 365–386.
- Morales-Nieto**, C. R., Corrales-Lerma, R., Álvarez-Holguín, A., Villarreal-Guerrero, F., & Santellano-Estrada, E. (2017). Caracterización de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) de México para seleccionar genotipos con potencial para producción de semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(3), 309–316.
- Moser**, L. E., Burson, B. L., & Sollenberger, L. E. (2004). Warm-season (C4) grass overview. *Warm-Season (C4) Grasses*, 45, 1–14.
- NRCS**. (2003). *National Range and Pasture Handbook*. U.S. Department of Agriculture, Grazing Lands Technology Institute.
- Paruelo**, J. M., Epstein, H. E., Lauenroth, W. K., & Burke, I. C. (2004). Modelo de crecimiento de pastizales: Una revisión. *Revista Argentina de Producción Animal*, 24(1), 35–46.
- Peláez**, D. V., Giorgetti, H. D., Montenegro, O. A., Elia, O. R., Rodríguez, G. D., Bóo, R. M., & Busso, C. A. (2010). Respuesta de la vegetación a un fuego controlado en la Provincia Fitogeográfica del Monte, Argentina. *Phyton*, 79(2), 169–176.
- Pérez Patiño**, J. M. (2015). Estrategias para la renovación de praderas degradadas en la Hacienda Los Pulpitos (Tesis doctoral, Corporación Universitaria Lasallista).
- Pyne**, S. J. (2019). *Fire: A Brief History* (2nd ed.). University of Washington Press.
- Ramos Rodríguez**, M. P. (2010). *Manejo de fuego*. Editorial Félix Varela.
- Reemts**, C. M., McCaw, W. M., Greene, T. A., & Simmons, M. T. (2019). Short-term control of an invasive C4 grass with late-summer fire. *Rangeland Ecology & Management*, 72(1), 182–188.
- Rodríguez-Trejo**, D. A. (2015). *El fuego en los ecosistemas forestales de México*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Russell**, M. L., Vermeire, L. T., Dufek, N. A., & Strong, D. J. (2013). Fire, defoliation, and competing species alter *Aristida purpurea* biomass, tiller, and axillary bud production. *Rangeland Ecology & Management*, 66(3), 290–296.

- Russell**, M. L., Vermeire, L. T., Ganguli, A. C., & Hendrickson, J. R. (2015). Season of fire manipulates bud bank dynamics in northern mixed-grass prairie. *Plant Ecology*, 216(6), 835–846.
- Russell**, M. L., Vermeire, L. T., Ganguli, A. C., & Hendrickson, J. R. (2019). Fire return interval and season of fire alter bud banks. *Rangeland Ecology & Management*, 72(3), 542–550.
- Russell-Smith**, J., Whitehead, P. J., & Cooke, P. (Eds.). (2009). *Culture, Ecology, and Economy of Fire Management in North Australian Savannas: Rekindling the Wurrk Tradition*. CSIRO Publishing.
- Santiago Carrasco**, B. (2012). Estudio hidrogeológico de la región Agua Nueva, Estado de Coahuila (Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Savory**, A. (1979). *Range management principles and practices*. Grant Press.
- Servicio Meteorológico Nacional**. (2024). Datos diarios de estaciones meteorológicas: Saltillo, Coahuila. Gobierno de México.
- Snyman**, H. A. (2004). Grazing potential and productivity of semi-arid grasslands. *African Journal of Range & Forage Science*, 21(2), 147–155.
- Spencer**, A. G., Schultz, C. A., & Hoffman, C. M. (2015). Enhancing adaptive capacity for restoring fire-dependent ecosystems: The Fire Learning Network's Prescribed Fire Training Exchanges. *Ecology and Society*, 20(3).
- Strong**, D. J., Ganguli, A. C., & Vermeire, L. T. (2013). Fire effects on basal area, tiller production, and mortality of the C4 bunchgrass, purple threeawn. *Fire Ecology*, 9(3), 89–99.
- Tainton**, N. M. (Ed.). (1999). *Veld Management in South Africa*. University of Natal Press.
- Tálamo**, A. (2000). Efectos del fuego en la dinámica de los bosques y arbustales del Chaco. En J. Morello & A. Rodríguez (Eds.).
- United States Department of Agriculture**. (2000). *Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Flora* (RMRS-GTR-42, Vol. 2). USDA Forest Service.
- Van Wilgen**, B. W., Bond, W. J., & Trollope, W. S. W. (1990). Fire ecology in savanna ecosystems. En J. G. Goldammer (Ed.), *Fire in the Tropical Biota* (pp. 93–116). Springer.
- Vázquez Aldape**, R., Villarreal Quintanilla, J. A., & Valdés Reyna, J. (1989). Las plantas de pastizales del Rancho Experimental Ganadero Los Ángeles, municipio de Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Velásquez Valle**, M. A., García y González, M., Návar Cháidez, J. J., & Domínguez Gómez, T. G. (2017). Comportamiento hidrológico de una pequeña cuenca de uso silvopastoril en el sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(43), 143–161.

Voisin, A. (1957). Productivity of Grassland. Crosby Lockwood & Son.

Williams, D. G., & Baruch, Z. (2000). African grass invasion in the Americas: Ecosystem consequences and the role of ecophysiology. *Biological Invasions*, 2(2), 123–140.

VII. ANEXO FOTOGRÁFICO



Aristida havardii (Tomado de: Cecelia, Alexander., 2007).



Bothriochloa barbinodis (Tomado de: Sue, Carnahan., 2013).



Bouteloua curtipendula (Tomado de: Cecelia, Alexander., 2005).



Bouteloua gracilis (Tomado de: Kirstin, 2012).



Hopia obtusa (Tomado de: Sue, Carnahan., 2013).



Sporobolus airoides (Tomado de: Cecelia, Alexander., 2006).

VIII. ANEXO ACADÉMICO



Universidad Autónoma
Agraria Antonio Narro



IYRP NORTH AMERICA
ANNUAL MEETING 2026



ACCUMULATIVE RESPONSE OF TWO NATIVE GRASSES MORPHOLOGY AND BIOMASS PRODUCTION AFTER A PRESCRIBED FIRE IN SOUTHERN COAHUILA, MÉXICO

Lidia Berenice Galván-Salazar, José Javier Ochoa-Espinoza, Perpetuo Álvarez-Vázquez.
Correo: lidianigeria22@gmail.com

INTRODUCTION

The growth curve and biomass production of native grasses are essential for preventing overgrazing, enhancing profitability, and promoting sustainability while conserving soil and biodiversity (Paruelo *et al.*, 2004). In Mexico, many ranch operations are unaware of the productive potential of high-forage-value species in terms of their dry matter production. Furthermore, in the absence of grazing, the fire can help restore the growth cycle in grasses, such as the case of Alkali Sacaton (*Sporobolus airoides*) and, Vine Mesquite (*Hopia obtusa*). Our objectives were: 1) to evaluate the growth of leaves and stems of the two mentioned species; and 2) to develop a baseline for the growth curve of the main native grasses at Los Angeles Experimental Ranch owned by the University.

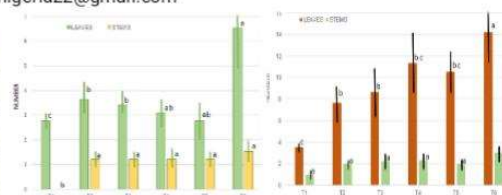


Figure 1. Growth Behavior of *Sporobolus airoides* (157 days)

Figure 2. Growth Behavior of *Hopia obtusa* (157 days)

Development. The length of leaves in *S. airoides* suffered a depression in T2, improving its growing tendency in T3, however, a good average length was achieved for both the leaves and stems (Fig.3). On the other hand, for *H. obtusa* (Fig. 4) the length of the leaves was shorter, although the length of the stems remained greater compared to *S.*

METHODOLOGY

Location and selection of grass sites before prescribed fire. We use GPS to locate healthy gaps of both species, previous to the fire application.

Fire application date: March 1st, 2024. High fire severity for both species.

Field evaluation: Days after fire (referred to as T1 in the graphics)

First, the site and the native species present were identified prior to the burning. After the prescribed burning, a survey was conducted, looking for seedlings of the native species of high value; particularly, we observed that the grasses *S. airoides* and *H. obtusa* responded well to the burning. A red flag was placed at each site, and GPS was used to obtain the coordinates of each location. Different colored markers were used to distinguish three culms on each plant, with three plants per site, resulting in a total of nine culms for each species of native grass.



LEVEL	
1	Plant gap
2	3 Plants
3	3 Culms/Plants
4	9 Culms
5	Number and length of leaves, Number and length of stems, Inflorescence number and length

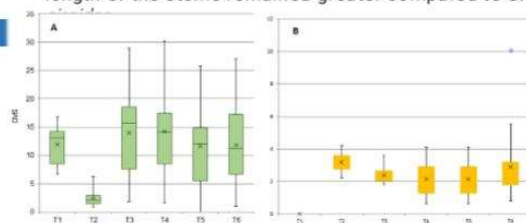


Figure 3. *Sporobolus airoides* A) Length of Leaves; B) Length of Stems in a 157 period of time

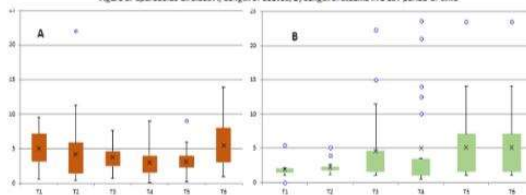


Figure 4. *Hopia obtusa* A) Length of Leaves; B) Length of Stems in a 157 period of time

CONCLUSION

The study demonstrates that the responses of those two grasses to fire application and climatic conditions vary significantly. The results indicate that *H. obtusa* has an advantage in stem growth, while *S. airoides* exhibits greater leaf growth. Both climatic conditions, drought and rainfall significantly influence the growth of these species. These findings contribute to the understanding of how these two native species respond to prescribed fire, highlighting their different adaptations.

LITERATURE

Lauenroth, W. K., y Sala, O. E. (1992). Long-term forage production dynamics of North American shortgrass steppes. *Ecological Applications*, 2(3), 397-403. Paruelo, J. M., et al. (2004). Modelo de crecimiento de pastizales: una revisión. *Revista Argentina de Producción Animal*, 24(1), 35-46. Snyman, H. A. (2004). Grazing potential and productivity of semi-arid grasslands. *African Journal of Range & Forage Science*, 21(2), 147-155.

November, 2024
HOUSTON, TEXAS, USA.



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro



RESPONSE OF TWO NATIVE GRASSES TO AN EARLY SPRING PRESCRIBED FIRE IN COAHUILA, MÉXICO

Lidia B. Galván-Salazar, J. Javier Ochoa-Espinoza, Perpetuo Álvarez-Vázquez, J. Antonio Hernández Herrera.
Email: lidianigeria22@gmail.com



INTRODUCTION

The growth curve of native grasses are essential for preventing overgrazing, enhancing profitability, and promoting sustainability while conserving soil and biodiversity (Paruelo *et al.*, 2004). This study evaluated the leaf and stem growth of Alkali Sacaton (*Sporobolus airoides*) and Vine Mesquite (*Hoplia obtusa*) to establish a baseline growth curve for native grasses at the Los Angeles Experimental Ranch. Our objectives were: 1) to evaluate the growth of leaves and stems of the two mentioned species; and 2) to develop a baseline for the growth curve of the two native grasses *H. obtusa* and *S. airoides*.



METHODOLOGY

Detection of the target species: Before prescribed fire.

Fire application date: March 1st, 2024. Early spring.

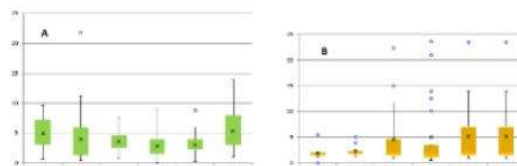
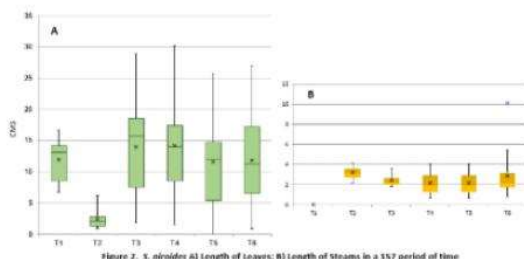
Re-check of target species sites: High fire intensity for the two species.

Re-visit sites: 29 d, 61 d, 108 d, and 157 days after fire.

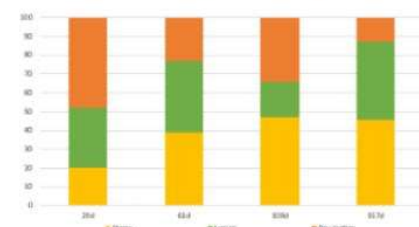
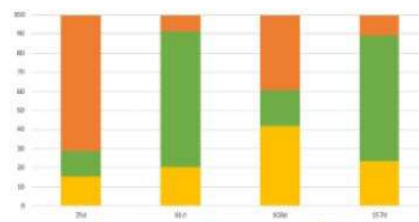
1	Plant gap
2	3 Plants
3	3 Culms/Plants
4	9 Culms
5	Number and length of leaves, stems and inflorescence
6	Dry matter weight of each plant



RESULTS



Development. In *S. airoides*, leaf length decreased in T2 but improved in T3, achieving a good average length for both leaves and stems. In *H. obtusa*, leaves were shorter, although stems remained longer compared to *S. airoides*.



Development. In *S. airoides*, stems maintained aboveground biomass values >0.05 across all seasons, while leaf biomass averaged 0.08 in the first two seasons and remained >0.05 through the fifth. Dry matter remained constant at 0.02 throughout. In *H. obtusa*, stems and leaves showed values >0.05 in all seasons, and dry matter was >0.05 from the first to the third season, decreasing to 0.007 between the third and fourth seasons.

CONCLUSION

The study showed that the Alkaline Zacaton had greater development from the third to the sixth season in leaf length, while the Vine Mesquite had greater stem growth length from the fifth to the sixth season.

In summary, *S. airoides* consistently maintained aboveground biomass in stems and leaves across seasons, with stable dry matter. *H. obtusa* also showed sustained biomass in stems and leaves, though its dry matter decreased notably between the third and fourth seasons.

February, 2026
MONTEREY, CALIFORNIA, USA.