

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



CAMBIOS EN EL VALOR NUTRICIONAL DE ZACATE PICOSO
(*Amelichloa clandestina* [Hack] Arriaga & Barkworth) PRE Y POS
PASTOREO

Por:

LUIS ADOLFO RODRIGUEZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre 2025

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

CAMBIOS EN EL VALOR NUTRICIONAL DE ZACATE PICOSO
(Amelichloa clandestina [Hack] Arriaga & Barkworth) PRE Y POS
PASTOREO

POR:

LUIS ADOLFO RODRIGUEZ LÓPEZ

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito para obtener el título de:

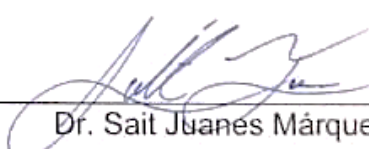
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



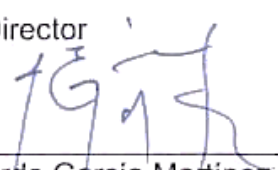
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez

Director



Dr. Sait Juanes Márquez

Co-director



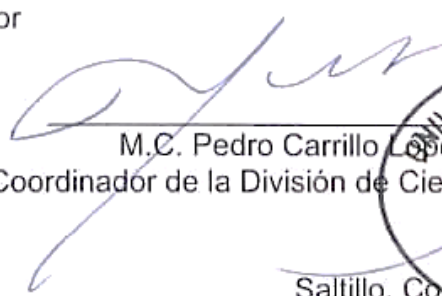
Dr. José Eduardo García Martínez

Asesor



Dr. José Antonio Hernández Herrera

Asesor



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México. Diciembre 2025.



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

CAMBIOS EN EL VALOR NUTRICIONAL DE ZACATE PICOSO
(Amelichloa clandestina [Hack] Arriaga & Barkworth) **PRE Y POS**
PASTOREO

POR:

LUIS ADOLFO RODRIGUEZ LOPEZ

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

La cual fue revisada y aprobada por:



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Director



Dr. Sait Juanes Márquez
Co-director

Saltillo, Coahuila, México. Diciembre del 2025

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, México. Diciembre 2025

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado **"CAMBIOS EN EL VALOR NUTRICIONAL DE ZACATE PICOSO (*Amelichloa clandestina* [Hack] Arriaga & Barkworth) PRE Y POS PASTOREO"** es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o no se respetaron los derechos de autor, esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar, quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación de este, ni a un nuevo envío.

Luis Adolfo Rodríguez López

Nombre

Adolfo Rodríguez
Firma

AGRADECIMIENTOS

A DIOS Y A LA VIRGEN DE GUADALUPE. Por guiarme y cuidarme al estar lejos de casa, por permitirme cumplir con esta meta de culminar con mis estudios de Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

A MIS PADRES. Por darme la vida, y por apoyarme en todo momento para poder llegar hasta este momento de poder culminar con mis estudios universitarios. Por guiarme y darme ánimos en todo momento. Por cuidarme y enseñarme. Muchas gracias por todo lo que me han dado, apoyado, enseñado y sobre todo por estar siempre conmigo.

A MIS HERMANAS Y A MI HERMANO. A Mayra, Yare, Vero y Panchito por su apoyo incondicional, por aconsejarme, y por siempre estar al tanto en cada momento de mi etapa universitaria.

A MI ALMA MATER. Por permitirme ser parte de esta gloriosa universidad, por abrirme las puertas y ser mi segundo hogar.

A MI NOVIA. Alin por siempre estar a mi lado, por apoyarme, y ayudarme en todo momento, por sus consejos, por cuidarme cuando estaba enfermo, y por siempre sacarme una sonrisa.

AL Dr. PERPETUO. Por brindarme su apoyo con la redacción de esta tesis, por su sabiduría y porque es un profesor que siempre motiva a querer llegar más lejos.

AL Dr. SAIT JUANES quien me apoyo para poder redactar esta tesis, a los distintos profesores quienes compartieron sus conocimientos para poder alcanzar esta META.

DEDICATORIA

A mis padres

Adelfino Rodríguez Ovalle y Rosa María López Estrada, quienes han sido mi inspiración para salir adelante, porque siempre me han apoyado a siempre buscar una meta, porque a pesar de los obstáculos siempre vieron la forma de ayudarme económicamente y emocionalmente, ya que sin ellos esto no se hubiera logrado. Infinitas gracias ama y apa.

A mis hermanas, mie hermano y mis sobrinos

A Mayra, Yare, Vero y Panchito porque sin su apoyo emocional todo se vuelve difícil, por siempre alegrarme con una llamada, y por sus consejos en cómo seguir mejorando día con día. Y a mis sobrinos Alexa, Sofi, Santi, Gael y Ahtziri quienes al llegar a casa siempre me reciben con emoción, al igual que siempre están ahí para jugar y lograr ser mejor.

A mis abuelitos

Irene Estrada, José López y Manuela Ovalle, quienes me aconsejan y me apoyan a convertirme en una mejor persona.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------------|
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Objetivos..... | 3 |
| 1.1.1 Objetivo general | 3 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.2 Hipótesis..... | 3 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 2.1 Importancia de los pastizales en el mundo..... | 4 |
| 2.2 Importancia de los Pastizales en México..... | 5 |
| 2.3 Descripción de la especie en estudio | 6 |
| 2.4 Calidad de los forrajes | 6 |
| 2.4.1 Factores ambientales que afectan la calidad de forraje | 7 |
| 2.5 Perfil Nutricional | 8 |
| 2.5.1 Contenido proteico | 9 |
| 2.5.2 Niveles de fibra..... | 10 |
| 2.5.3 Materia seca..... | 10 |
| 2.5.4 El extracto libre de nitrógeno (ELN) | 11 |
| 2.5.5 Lignina..... | 12 |
| 2.5.6 Humedad..... | 12 |
| 2.5.7 Extracto etéreo | 12 |
| 2.5.8 Cenizas | 13 |
| 2.5.9 Ácidos Grasos | 13 |
| 2.6 El valor nutricional como factor de consumo | 14 |
| 2.6.1 Métodos para estimar consumo | 14 |
| 2.7 Digestibilidad | 14 |
| 2.7.1 Digestibilidad <i>in vivo</i> | 16 |
| 2.7.2 Digestibilidad <i>in situ</i> | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 2.7.3 Digestibilidad <i>in vitro</i> | 18 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 19 |
| 3.1 Variables evaluadas | 20 |
| 3.1.1 Materia Seca Total | 21 |
| 3.1.2 Humedad..... | 21 |
| 3.1.3 Cenizas | 21 |
| 3.1.4 Proteína cruda..... | 22 |
| 3.1.5 Digestibilidad | 23 |
| 3.1.6 Extracto etéreo (EE) | 23 |
| 3.1.7 Fibra cruda | 23 |
| 3.1.8 Análisis de fibras | 24 |
| 3.2 Análisis estadístico..... | 25 |
| IV. RESULTADOS | 26 |
| 4.1 Materia Seca Total | 26 |
| 4.2 Humedad..... | 27 |
| 4.3 Cenizas | 28 |
| 4.4 Proteína Cruda | 29 |
| 4.5 Digestibilidad..... | 30 |
| 4.6 Extracto etéreo (EE)..... | 32 |
| 4.7 Fibra Cruda | 33 |
| 4.8 Fibra Detergente Ácido..... | 34 |
| 4.9 Fibra Detergente Neutro..... | 35 |
| V. DISCUSIÓN..... | 37 |
| VI. CONCLUSIÓN..... | 41 |
| VII. REFERENCIAS | 42 |
| VIII.ANEXOS..... | 52 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Materia Seca Total de <i>Amelichloa clandestina</i> | 52 |
| Tabla 2. Humedad de <i>Amelichloa clandestina</i> | 53 |
| Tabla 3. Cenizas de <i>Amelichloa clandestina</i> | 54 |
| Tabla 4. Proteína cruda de <i>Amelichloa clandestina</i> | 55 |
| Tabla 5. Digestibilidad de <i>Amelichloa clandestina</i> | 56 |
| Tabla 6. Extracto etéreo de <i>Amelichloa clandestina</i> | 57 |
| Tabla 7. Fibra cruda de <i>Amelichloa clandestina</i> | 58 |
| Tabla 8. Fibra Detergente Ácido de <i>Amelichloa clandestina</i> | 59 |
| Tabla 9. Fibra Detergente Neutro de <i>Amelichloa clandestina</i> | 60 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en el Rancho Experimental Los Ángeles, Saltillo, Coahuila, México. | 19 |
| Figura 2. Temperatura media y precipitación durante el periodo de evaluación en el Rancho Experimental Ganadero Los Ángeles, Saltillo, Coahuila, México..... | 20 |
| Figura 3. Materia Seca Total de <i>Amelichloa clandestina</i> en diferentes estaciones del año, en Sureste de Coahuila. | 26 |
| Figura 4. Humedad presente en <i>Amelichloa clandestina</i> , en las diferentes estaciones del año. | 28 |
| Figura 5. Cenizas de <i>Amelichloa clandestina</i> en diferentes estaciones del año, en el Sureste de Coahuila. | 29 |
| Figura 6. Proteína Cruda de <i>Amelichloa clandestina</i> en diferentes estaciones del año, en el sureste de Coahuila. | 30 |
| Figura 7. Digestibilidad de <i>Amelichloa clandestina</i> en las diferentes estaciones del año, en dos repeticiones, en el Sureste de Coahuila. | 31 |
| Figura 8. Extracto etéreo de <i>Amelichloa clandestina</i> en diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila. | 32 |
| Figura 9. Fibra Cruda de <i>Amelichloa clandestina</i> en distintos eventos, en diferentes estaciones del año, en el Sureste de Coahuila. | 33 |
| Figura 10. Fibra Detergente Ácido de <i>Amelichloa clandestina</i> en diferentes estaciones del año, en el Sureste de Coahuila. | 35 |
| Figura 11. Fibra Detergente Neutro de <i>Amelichloa clandestina</i> en diferentes estaciones del año, en diferentes eventos, en el Sureste de Coahuila. | 36 |

RESUMEN

Amelichloa clandestina es un zacate originario del norte de México, el cual tiende a colonizar rápidamente lugares perturbados por sobrepastoreo o campos agrícolas abandonados, logrando establecerse como una planta dominante. Para caracterizar esta especie nutricionalmente se realizó un análisis bromatológico evaluando forraje cosechado pre-pastoreo y meses después del rebrote (MDR) con eventos de pastoreo intensivo no selectivo (PINS) a inicios de las estaciones de invierno, primavera y verano (pos-pastoreo). Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron, materia seca total (MST), humedad (H), cenizas (C), proteína cruda (PC), digestibilidad (D), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN), y fibra detergente ácido (FDA). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias con la prueba Tukey ($p>0.05$) con SAS 9.0. Como resultados, la estación de verano presentó la mayor MST y FDA, en pre-pastoreo. Mientras que, la mayor humedad y cenizas, se registraron en invierno a MDR. En la FC, los mayores se presentaron en primavera y verano, sin diferencias estadísticas, entre PRE y MDR. En la FDN, los mayores se registraron en verano e invierno, en MDR. En contraste, para MST y cenizas los menores valores se observaron en verano en PREP. En el caso de fibra cruda, FDA, la menor fue en invierno, sin diferencias estadísticas entre PREP y MDR para FC ($p>0.05$), y menor en PREP para FDA. Finalmente la menor FDN se registró en primavera en MDR. En la PC, digestibilidad y EE, no se presentaron diferencias estadísticas ($p<0.05$). En conclusión, el pastoreo solo favorece la humedad y cenizas en invierno y una mayor FDA en primavera y verano, por lo que no fue significativa un mayor valor nutricional de pasto picoso (*Amelichloa clandestina*) al aplicarle un pastoreo intensivo no selectivo.

Palabras clave: *Amelichloa clandestina*, análisis bromatológico, perfil nutricional, digestibilidad.

ABSTRACT

Amelichloa clandestina is a grass native to northern Mexico that tends to rapidly colonize areas disturbed by overgrazing or abandoned agricultural fields, establishing itself as a dominant plant. To characterize this species nutritionally, a bromatological analysis was performed, evaluating forage harvested pre-grazing and months after regrowth (MDR) under intensive non-selective grazing (PINS) events at the beginning of the winter, spring, and summer seasons (post-grazing). A completely randomized design with three replicates was used. The variables evaluated were total dry matter (TDM), moisture (M), ash (A), crude protein (CP), digestibility (D), ether extract (EE), crude fiber (CF), neutron detergent fiber (NDF), and acid detergent fiber (ADF). An analysis of variance (ANOVA) and a comparison of means were performed using Tukey's test ($p>0.05$) with SAS 9.0. As a result, summer showed the highest total solids (TSF) and acid deposition (ADF) in pre-grazing conditions. Likewise, the highest moisture and ash content were recorded in winter in the mid-season grazing (MSG) group. For fiber content (FC), the highest values were observed in spring and summer, with no statistically significant differences between pre-grazing (PRE) and MG. For neutral detergent fiber (NDF), the highest values were recorded in summer and winter in MG. In contrast, the lowest values for TSF and ash were observed in summer in the PRE-grazing (PRE). For crude fiber (ADF), the lowest values were recorded in winter, with no statistically significant differences between PRE-grazing (PRE) and MG for FC ($p>0.05$), and the lowest values in PRE-grazing (PRE) for ADF. Finally, the lowest NDF was recorded in spring in MG. No statistically significant differences were found in crude protein (CP), digestibility, or energy expenditure (EE) ($p<0.05$). In conclusion, grazing only favors higher moisture and ash content in winter and higher ADF in spring and summer; therefore, a higher nutritional value of the grass (*Amelichloa clandestina*) under intensive, non-selective grazing was not significant.

Keywords: *Amelichloa clandestina*, bromatological analysis, nutritional profile, digestibility

I.INTRODUCCIÓN

El zacatal es una comunidad vegetal donde las gramíneas son dominantes, los tipos de pastizal que existen están determinados por el clima, por las condiciones de suelo fértiles o, en algunos casos, por el disturbio ocasionado por el ser humano ([Rzedowski et al., 2006](#)). Asimismo, [Álvarez-Lopezello et al. \(2016\)](#) comentan que, este tipo de vegetación son importantes para el desempeño crucial en el mantenimiento y funcionabilidad del ecosistema. Los pastizales pueden evitar la erosión del suelo e incrementar la tasa de infiltración de agua, en cuanto a el aprovechamiento, constituyen el medio natural para el uso pecuario, a pesar de su importancia los pastizales son de los ecosistemas menos protegidos y mayormente amenazados. Por otro lado, [Lee \(2018\)](#) menciona que los forrajes son muy valiosos porque sustentan a los herbívoros silvestres y domésticos, lo que garantiza el suministro de carne, leche y otros productos. Las plantas contienen diferentes cantidades de fibra, lignina, minerales y proteínas, y varían en la proporción digerible para los herbívoros. También, [Nava-Berumen et al. \(2017\)](#) comentan que el conocimiento del valor nutritivo de los forrajes es el fundamento de la nutrición animal, ya que se considera que la composición química es insuficiente para caracterizar los forrajes con base en su calidad nutritiva, por lo que se debe evaluar la digestibilidad, absorción de nutrientes y metabolismo animal. El valor nutritivo de los forrajes está relacionado con su composición química y digestibilidad. Ante esto, el zacate picoso (*A. clandestina*) se considera una especie invasora, establecida después del abandono de tierras de cultivo en el noreste de México, dominando el estrato herbáceo debido a su agresividad en la colonización de áreas perturbadas ([Juanes-Márquez et al., 2024](#)). De otro modo, el pastoreo es una de las practicas principales del pastizal, con impacto en la producción, la estructura, la diversidad de especies y la estabilidad del entorno, aparte de que la diversidad y composición de los pastizales varía según la disponibilidad de nutrientes, la intensidad, la frecuencia y la estacionalidad del pastoreo ([Juanes-Márquez et al., 2025](#)). Así mismo, [Sinchipa et al. \(2023\)](#) explican que el valor nutritivo del forraje depende de su composición, consumo y aprovechamiento por parte del animal. Es muy importante el consumo, aunque el alimento tenga una

buena composición nutritiva, si no es consumida por el animal, su valor alimenticio es nulo ([Sinchipa et al., 2023](#)). Por esto, en el presente trabajo se analiza el contenido de valor nutricional en el zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) antes de ser cosechada con un pastoreo intensivo no selectivo (PINS) y se compara con el valor nutricional de la misma, meses después del rebrote posterior al apacentamiento del ganado consumiendo el zacate.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

❖ Evaluar el valor nutricional del zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) para determinar su potencial como fuente de alimento para el ganado en el Sureste de Coahuila, México.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición bromatológica de zacate picoso (*A. clandestina*) (contenido de materia seca total, proteína cruda, fibras, cenizas y extrato etéreo), pre y pos-pastoreo intensivo no selectivo.
- Evaluar a digestibilidad *in vitro* de la materia seca de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre y pos-pastoreo intensivo no selectivo.
- Comparar el valor nutricional de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre y pos-pastoreo intensivo no selectivo en las estaciones de invierno, primavera y verano.

1.2 Hipótesis

- La calidad nutricional de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) se mejora meses después del rebrote, al aplicar un pastoreo intensivo no selectivo, dependiendo de la estación del año en que se lleve a cabo el evento de pastoreo.
- La calidad nutricional de zacate picoso (*A. clandestina*) no mejora después del rebrote al aplicar un pastoreo intensivo no selectivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de los pastizales en el mundo

Los pastizales naturales son ecosistemas terrestres importantes, que ocupan cerca del 40% de la superficie global ([Oliva, 2016](#)). Las comunidades donde la cubierta vegetal está dominada por gramíneas reciben el nombre de pastizales ([Miranda et al., 1963](#)). Además, esta vegetación desempeña un papel crucial en el mantenimiento y funcionalidad del ecosistema, generalmente son hábitats donde no pueden establecerse comunidades arbóreas debido a las limitaciones ambientales. Por lo que son muy importantes y una de las principales acciones de los pastizales es evitar la erosión del suelo, asimismo son de gran importancia para la conservación y el mantenimiento de la biodiversidad aún y cuando esté sometido a perturbaciones ([Quintana-García y Álvarez-Vázquez, 2023](#)).

Así mismo, los pastizales aportan importantes servicios ecológicos, además de alimento para el ganado, los pastizales juegan un papel en la conservación de suelos, recarga de mantos acuíferos, captura de carbono atmosférico y ofrecen hábitats para especies de flora y fauna. Dentro de estos servicios, el pastoreo extensivo es sin lugar a duda, la forma de recolección del alimento de los herbívoros en su manera natural, lo que hace que el consumo de los forrajes y gramíneas sea su principal fuente de alimentación, y a su vez, sea un regulador importante del funcionamiento del ecosistema. Los pastizales junto con otros terrenos de pastoreo, suelen contribuir a la producción agropecuaria mediante el pastoreo de ganado, que consume forraje no apto para el consumo humano ([Bengtsson et al., 2019](#)).

Las plantas utilizadas en la alimentación del ganado han sido un eslabón fundamental en la cadena alimentaria desde hace mucho tiempo. Los pastos nativos sustentaban a los animales mucho antes de que el hombre comenzara a domesticar el ganado, los forrajes siempre han sido una fuente fundamental de nutrientes en las raciones del ganado. Gracias a sus aportes para la conversión en leche y carne, los forrajes son

una de las principales fuentes de nutrición en los animales y posterior consumo por los humanos en subproductos ([Hoppe y Carlson, 2023](#)).

2.2 Importancia de los Pastizales en México

Los pastizales y matorrales de las zonas áridas y semiáridas del centro y norte de México son recursos naturales que comprenden alrededor del 25% de la superficie nacional tienen la capacidad de proporcionar varios productos y servicios ambientales a la sociedad. Uno de esos productos es la carne de rumiantes derivada de la ganadería extensiva, mientras que, de los servicios ambientales, la captura de carbono es uno de los más importantes ([Jurado-Guerra *et al.*, 2021](#)). En México, los pastizales se distribuyen principalmente en una franja, abarcando entidades como Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas y Guanajuato. Estos ecosistemas forman parte de las regiones áridas y semiáridas y cumplen funciones esenciales, como la provisión de forraje, la conservación del suelo y el mantenimiento de la biodiversidad. Sin embargo, los pastizales han sufrido una reducción cercana al 14% de la superficie original debido a la expansión agrícola, el cambio de uso de suelo y prácticas de manejo inadecuadas. Además, alrededor del 95% de las áreas que aún persisten presentan distintos grados de sobrepastoreo, lo que ha provocado deterioro estructural y funcional, pérdida vegetal, invasión de especies indeseables y disminución de su productividad forrajera ([Hervert, 2025](#)).

Los pastizales y el animal son un proceso dinámico en los que interactúan mutuamente. Por una parte, la defoliación, el pisoteo y las deyecciones animales alteran algunas propiedades del pastizal, afectando su producción y su calidad. Por otra parte, los cambios en el pastizal modifican la disponibilidad del forraje y el comportamiento alimenticio de los animales que pastorean, afectando con ello el consumo de nutrientes y la productividad del sistema ([Parga *et al.*, 2007](#)). A su vez, los zacates constituyen la principal fuente de alimento para el ganado destinado a la producción de carne y leche. Para lograr un rendimiento óptimo, su valor nutricional debe proporcionar los nutrientes necesarios para satisfacer los requerimientos

fisiológicos del animal. Dado que los forrajes se producen principalmente para la alimentación del ganado, es fundamental conocer su valor nutritivo, el cual puede cambiar en función de la edad y de la etapa fisiológica de las gramíneas ([McDonald et al., 2002](#)).

2.3 Descripción de la especie en estudio

Amelichloa clandestina (Hack.) Arriaga & Barkworth, es una planta perenne nativa que presenta hojas basales, erectas, de entre 10 y 15 cm de largo, con una punta marrón y afilada cuando está seca. Sus tallos son delgados y erectos, con una altura de 40 a 100 cm, y tienen entrenudos lisos, con 1 a 2 nudos y una base rizomatosa. Las vainas son lisas, excepto en la parte del cuello, donde son ásperas. Frecuentemente, las vainas inferiores cubren inflorescencias cleistógamas. La lígula es una pequeña escama de entre 0,1 y 0,2 mm. Las láminas, de entre 10 y 30 cm, son generalmente involutas o dobladas, con una textura que varía de lisa a rugosa, y su ápice tiene una apariencia sedosa. La inflorescencia se presenta como una panícula estrecha de 8 a 35 cm de largo, y las espiguillas contienen una sola flor fértil. La flor tiene un callo densamente cubierto de pelos y una arista glabra, dos veces geniculada, que mide entre 12 y 20 mm de largo ([Juanes-Márquez y Encina-Dominguez, 2021](#)).

Esta especie es originaria de México, con amplia distribución en el altiplano norte del país. La especie se distribuye en Coahuila y Nuevo León, México, y ha sido introducida al oeste de Texas. Su presencia se registró por primera vez a principios de la década de 1950, pero la identificación errónea de la especie impidió su registro hasta 1987. Se considera que se ha extendido por las llanuras del centro de Texas ([Arévalo et al., 2021](#)). Es una especie que tiende a colonizar áreas agrícolas en desuso, la especie se encuentra en zonas perturbadas, en suelos calcáreos, en áreas impactadas, pastizales y bosques de pino piñonero entre 800 y 2100 m de altura ([Russell y Landers, 2017](#)).

2.4 Calidad de los forrajes

De acuerdo con [Plata et al. \(2009\)](#) la calidad de los forrajes varía entre especies y puede modificarse por las condiciones del campo, las prácticas de manejo y el estado de madurez de la planta; en última instancia, su verdadera prueba de calidad se refleja en el rendimiento del animal. La calidad de los forrajes está relacionada con la palatabilidad del forraje, la cual se define como el placer o gustocidad de un alimento que estimula a una respuesta selectiva del animal que pastorea, pero puede verse afectada si el forraje está sobre-pastoreado, ya que el animal selecciona especies o partes de la planta de mayor valor nutritivo. De igual modo [Adesogan et al. \(2009\)](#) mencionan que las condiciones climáticas y la madurez del forraje son los principales factores que afectan la calidad de una planta, mientras que la madurez y la etapa de crecimiento son los responsables de que el valor nutritivo del forraje disminuya. Así mismo, la calidad se asocia con nutrientes, proteínas, energía, fibra, digestibilidad, minerales, vitaminas y ocasionalmente con la producción animal. Esto por el resultado del sobrepastoreo de los forrajes, lo que, a su vez, disminuye la capacidad del animal para seleccionar especies o partes de plantas de mayor valor nutritivo, lo que lleva a que el consumo del forraje disminuya.

Por su parte, [Hancock et al. \(2025\)](#) señalan que la calidad del forraje se define por la cantidad de nutrientes que se pueden obtener de él y la presencia o concentración de compuestos tóxicos que podrían reducir el rendimiento del animal o poner en riesgo la salud del animal, al mismo modo que, al combinar el valor nutritivo del forraje con estimaciones de la cantidad que un animal podría consumir, se puede determinar si su calidad es suficiente. Mientras que, [Newman et al. \(2024\)](#) plantean que, la calidad de los forrajes afecta directamente a el rendimiento del animal, por lo que, los forrajes poseen una mezcla de características químicas, físicas y estructurales que determinan la calidad del pasto o la accesibilidad de los nutrientes hacia el animal.

2.4.1 Factores ambientales que afectan la calidad de forraje

Los factores agronómicos y ambientales afectan en gran medida la calidad del forraje. Algunos factores que afectan a la calidad de la planta son el estado de madurez, donde

la lignina aumenta, haciendo que sea menos digerible, lo que nos lleva a realizar el manejo adecuado teniendo en cuenta el momento óptimo para su cosecha, para que el forraje sea de alta calidad. Por ello a medida que madura la planta, la lignina aumenta que es lo que da rigidez y estructura a la planta, por lo tanto, la digestibilidad baja, afectando la degradación microbiana en el rumen. Otros factores que afectan su calidad son la fertilidad y manejo de suelo, donde, el riego y manejo de plagas juegan un papel importante para determinar su calidad, así como utilizar fertilizantes para aumentar el rendimiento. Otro factor es la condición climática, en la cual se involucra la temperatura, la precipitación y la luz solar, donde al ocurrir cambios en los procesos de crecimiento del forraje, el aumento de lignina puede reducir su digestibilidad. Por otra parte, las especies y la variedad de plantas hacen que sea un ambiente heterogéneo, donde se encuentran diferentes especies y variedades de forrajes, lo que afecta a su calidad ya que cada especie presenta una calidad nutricional diferente ([Juanes-Márquez, 2025](#)). Por ello las plantas forrajeras cultivadas en zonas áridas tienden a ser menos digestibles, con mayor cantidad de fibra y lignina en comparación con plantas de regiones templadas.

2.5 Perfil Nutricional

El perfil nutricional de un forraje se refiere al conjunto de características químicas y fisiológicas que determinan su capacidad para satisfacer los requerimientos nutritivos del ganado. El perfil nutricional permite evaluar el potencial productivo de los pastizales y agostaderos, y con ello ver la suplementación apropiada del ganado. Por ello la evaluación de los pastizales nos brinda conocer su aporte alimenticio y nutricional, para posteriormente se pueda realizar la rotación de los pastizales y agostaderos ([Kumar et al., 2022](#)). Conocer el perfil nutricional nos da la herramienta para cómo manejar el pastizal, así se buscan sistemas de pastoreo y con ello se modifica la adaptación, calidad, el potencial productivo y la persistencia de las especies forrajeras. Por ello conocer el valor nutritivo depende de su composición, consumo y aprovechamiento, y se evalúa para conocer los nutrientes presentes.

La composición química o perfil nutricional de un forraje es de suma importancia para obtener el valor nutricional que este tiene. Algunos de los análisis que se realizan son Materia seca total, Humedad, Cenizas, Extracto etéreo, Proteína cruda, Fibra cruda, Fibra detergente neutro, Fibra detergente ácido, Lignina, Celulosa, Hemicelulosa y Digestibilidad ([García-Cervantes et al., 2023](#)).

2.5.1 Contenido proteico

Las proteínas son compuestos nitrogenados que están integrados por cadenas de aminoácidos que son necesarios para realizar las funciones fisiológicas del animal, el cual se determina por el método Kjeldahl ([García et al., 2025](#)). Según, [Lochab y Exatavour \(2017\)](#) mencionan que las proteínas juegan un papel crucial en la fertilidad y la reproducción, regulando procesos como la proliferación celular y la diferencia en los tejidos reproductivos. Así mismo la proteína aporta energía y proporciona aminoácidos esenciales y nitrógeno para la microbiota ruminal y para el mantenimiento del propio animal ([Zhang y Rocateli, 2017](#)). Donde el alto contenido de proteína nos indica que el forraje es de mejor calidad, y está relacionada positivamente con el contenido total de ácidos grasos y negativamente con el contenido de fibra ([Glasser et al., 2013](#)).

El método Kjeldahl se basa en la determinación del nitrógeno de una muestra, el cual consta de tres etapas que es la digestión, destilación y valoración en los cuales se determina el contenido de nitrógeno total, que luego se multiplica por 6.25 para obtener el valor de proteína cruda del forraje. El porcentaje de proteína cruda incluye compuestos nitrogenados proteicos y no proteicos. La proteína vegetal pura representa aproximadamente el 70% de la proteína en los forrajes frescos, el 60% del total en el forraje de heno y menos del 60% en los forrajes fermentados ([Hoppe y Carlson, 2023](#)). Por lo que, [Jaramillo y Seberino \(2015\)](#) sostienen que el contenido de proteína cruda también disminuye con la madurez de la planta, lo que niveles muy bajos de proteína en el pasto podría limitar su digestión y reducir el consumo voluntario por el ganado.

2.5.2 Fibra

La fibra se define como el conjunto de componentes estructurales que confieren rigidez y soporte a las plantas, constituyendo un elemento fundamental de los tallos en los forrajes, está integrado por carbohidratos estructurales que forman la pared celular, entre los cuales destacan la celulosa, la hemicelulosa y la lignina ([Fernández, 2012](#)). Así mismo, el contenido de fibra presente en el forraje es la limitante más importante del consumo. El incremento en el contenido de fibra y la baja digestibilidad por el estado de madurez de la planta, aumentan el tiempo de retención de la fracción fibrosa en el rumen, afectando el consumo a través del llenado ruminal ([Ndiaye et al., 2023](#)).

Desde un punto de vista químico para evaluar la calidad de los forrajes existen tres tipos de fibra; fibra bruta (FB), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), los cuales se utilizan para conocer la digestibilidad, la ingesta de materia seca y el valor energético de los alimentos ([Fernández, 2012](#)). La fibra puede cuantificarse si se somete a hidrólisis sucesivas, una en medio ácido y otra en medio alcalino, y el resultado corresponde a una fibra cruda o fibra bruta ([García et al., 2025](#)). Por otro lado, para conocer la FDN y FDA se utiliza el método Van Soest, ya que proporciona una estimación más precisa. Donde, la hemicelulosa, celulosa y lignina comprenden a la fibra detergente neutro, y es un indicador del volumen, y, por lo tanto, del consumo de alimento, mientras que la celulosa y la lignina comprenden a la fibra detergente ácida ([Fernández, 2012; Juanes-Márquez, 2025](#)). A su vez, [Martínez et al. \(2011\)](#) consideran que la fibra es el principal componente de los forrajes que a su vez constituyen la dieta básica de los herbívoros, la fibra tiene un impacto significativo sobre su salud y comportamiento productivo debido a que es precursora de la grasa de la leche, ayuda a promover la motilidad del aparato digestivo y en los rumiantes mantiene el pH ruminal y estimula la rumia.

2.5.3 Materia seca

La cantidad de materia seca (MS) que contiene un forraje destinado a la alimentación animal, es un criterio de apreciación tanto de su valor nutritivo como de su aptitud para la conservación ([Del Toro, 2020](#)). Si bien la materia seca no es un nutriente en si misma, es esencial para satisfacer las necesidades fisiológicas del animal y mantenerlo en óptimas condiciones, además, la materia seca consumida debe aportar las cantidades adecuadas de energía, proteína, minerales y vitaminas requeridas para su mantenimiento y producción. El consumo de materia seca (MS) se ve influenciado por diversos factores, algunas de las variables más importantes incluyen el peso del animal, la condición corporal, la etapa de producción o proceso fisiológico del animal, la calidad del forraje, la cantidad y el tipo de suplemento o alimento proporcionado y las condiciones ambientales ([National Academies Press \(US\). 2021](#)). También, la materia seca del forraje contiene nutrientes esenciales como carbohidratos, grasas, proteínas, minerales y vitaminas, necesarias para el metabolismo animal ([Sinchipa et al., 2023](#)). Así mismo, la materia seca es el porcentaje del forraje que no es agua. Y este a su vez es importante porque todos los requerimientos animales se determinan en base a la MS. También es muy importante porque el contenido de humedad proporciona indicios sobre la conservación del forraje al almacenarse en fardos ([Hoppe y Carlson, 2023](#)).

2.5.4 El extracto libre de nitrógeno (ELN)

El extracto libre de nitrógeno es un término ampliamente utilizado en el ámbito de la química y la biología para referirse a una sustancia que ha sido desprovista de compuestos nitrogenados. Son los carbohidratos no fibrosos, lo que es una fuente importante de energía, y este, está compuesto principalmente por almidones y hemicelulosas, que tienen más facilidad de ser digeribles por los animales, comparándolos con otros carbohidratos como la celulosa y la lignina ([Oelberg, 1956](#)). El extracto libre de nitrógeno es clave en la fuente de energía del alimento de los rumiantes, lo que ayuda a su crecimiento y a la producción de carne y leche. Su contenido de ELN presente en el forraje puede mejorarse mediante la fertilización con

nitrógeno, lo que ayudara a incrementar su PC y mejorara su digestibilidad ([Juanes-Márquez, 2025](#)).

2.5.5 Lignina

[Bach y Calsamiglia \(2006\)](#) mencionan que la lignina es un polímero de alcoholes de hidroxycinamil que es totalmente indigestible en el tubo digestivo de los rumiantes. La lignina ejerce un efecto negativo directo sobre la digestión total y un efecto indirecto que es la consecuencia de impedimentos físicos que limitan el acceso de las bacterias a las zonas degradables de la fibra. Por otro lado, la concentración de la fibra depende de la especie de forraje, y del estado vegetativo (a mayor madurez más lignina). La presencia de la lignina a medida que crece limita la capacidad de los microorganismos del rumen para descomponer la celulosa y hemicelulosa, lo que disminuye su digestibilidad ([Juanes-Márquez, 2025](#)). Como la FDN y FDA son marcadores de buena calidad del forraje, ya que estos indican el contenido de celulosa en la pared celular y la lignificada, por lo que impacta en la digestibilidad del forraje ([Lemaire y Bélanger, 2019](#)). La fibra detergente neutro incluye celulosa, hemicelulosa y lignina. Comúnmente se utiliza como indicador del contenido de fibra en las dietas, donde, desempeña un papel crucial en el proceso digestivo, ya que afecta la ingesta del alimento, la fermentación ruminal y el rendimiento productivo ([Shi et al., 2023](#)).

2.5.6 Humedad

Por su parte, [Juanes-Márquez \(2025\)](#), menciona que el contenido de humedad impacta como se preservan los forrajes, así como también su valor nutritivo, ya que un elevado contenido de humedad puede incurrir en degeneración y reducir el valor dietético, mientras que bajo contenido de humedad resulta deseable para poder almacenar de forma adecuada, particularmente en heno y ensilaje.

2.5.7 Extracto etéreo

El extracto etéreo o grasa cruda es uno de los componentes químicos que forma parte de los alimentos. La grasa está formada principalmente por lípidos y otras sustancias como vitaminas liposolubles, pigmentos, fosfolípidos, glicolípidos, ceras, parafinas y xantofilas ([Barbosa et al., 2017](#)). Estas sustancias son solubles en disolventes no polares, tales como el éter etílico, hexano, benceno, cloroformo y derivados líquidos del petróleo, por lo tanto, estos solventes son los más comunes para realizar la extracción y cuantificación de la grasa cruda presente en los alimentos ([García et al., 2025](#)). Así mismo, es un factor crítico para predecir la energía digestible (ED) y metabolizable (EM). Su determinación se realiza mediante equipos de extracción caliente con solvente por el método Soxhlet ([Flores, 2023](#)).

2.5.8 Cenizas

Las cenizas son la parte inorgánica o mineral del alimento. Donde se incluyen minerales esenciales que el animal requiere para cumplir con funciones fisiológicas. Principalmente los forrajes contienen minerales esenciales como calcio, fósforo, potasio, magnesio y sodio, que son muy importantes para tener un buen equilibrio mineral ([Juanes-Márquez, 2025](#)). El contenido de cenizas puede ser un indicador para el contenido de minerales o para el contenido de materia orgánica ([Herrera et al., 2008](#)).

2.5.9 Ácidos Grasos

Los ácidos grasos se encuentran de forma amplia en los forrajes, y aproximadamente el 95% de los forrajes contienen ácido linoleico, ácido linolénico, y ácido palmítico, pero el contenido varía con los factores ambientales como el estado de madurez de la planta, la estacionalidad y la intensidad de luz ([Elgersma, 2003](#)). Los ácidos grasos son importantes para la calidad de la carne y de la leche de los animales ([Glasser et al., 2023](#)).

2.6 El valor nutricional como factor de consumo

El consumo voluntario de un forraje está determinado por la cantidad de alimento que el animal ingiere. Por ello, [Haro \(2002\)](#) menciona que teóricamente, un animal debe consumir hasta satisfacer sus requerimientos nutricionales, pero el consumo total es limitado por factores físicos y fisiológicos del animal y también de los vegetales. El consumo de forraje se ve afectado por la calidad de este, principalmente su digestibilidad y el contenido de fibra ([Juanes-Márquez, 2025](#)). Un forraje de mayor calidad nutricional es más digestible, lo que llevara a un mayor consumo voluntario, mejorando así el rendimiento por animal.

2.6.1 Métodos para estimar consumo

Para medir el consumo en pastoreo es un problema bajo estas condiciones, ya que no se conoce con precisión cuales son las plantas y partes de la planta, son las que el animal consume, tampoco en que cantidad las consume, por lo que es un problema. Por ello, existen diferentes maneras para medir el consumo, que para animales en pastoreo está el método de observación directa, que permite describir que plantas consume el animal, y como interactúa en el área de pastoreo, otro método es el de análisis acústico, el cual estima la ingesta de forraje utilizando el análisis de sonidos de masticación, que son grabadas con grabadoras de audio montadas en el cuerpo del animal. Por otra parte, el método de desaparición de forraje, consta de medir la biomasa antes y después del pastoreo, lo que puede servir como un modelo para estimar la ingesta de forraje ([Juanes-Márquez, 2025](#)).

2.7 Digestibilidad

La digestibilidad de un alimento determina la cantidad que absorbe realmente el animal y, por lo tanto, la disponibilidad de nutrientes para los procesos fisiológicos del animal ([Juanes-Márquez, 2025](#)). En condiciones normales, la digestibilidad y la ingesta están directamente relacionados con el valor nutritivo de los forrajes, esto porque la

digestibilidad es un factor importante que afecta la eficiencia de la nutrición ([Niedbala et al., 2022](#)). Por otro lado, la digestión de los alimentos se puede definir como la degradación de macromoléculas a compuestos simples, por lo que se llevan a cabo procesos físicos y químicos ([Pérez, 2022](#)). La digestibilidad varía por los factores propios del alimento, los animales que lo consumen o por ambas cosas. Los alimentos que más varían en la digestibilidad son los forrajes, y la principal causa de dicha variabilidad es el estado de madurez, a medida que aumenta la madurez de la panta, disminuye el contenido de proteína, y se eleva la fibra (celulosa y lignina), lo que conlleva a un decremento gradual de la digestibilidad ([Shimada, 2009](#)). Por otra parte, la composición química de los alimentos es solamente indicativa del contenido de nutrientes, pero no de su disponibilidad para el animal ([Ortiz, 2010](#)).

Conforme pasa el tiempo se han ido describiendo diversos métodos para determinar la digestibilidad. Donde dichos métodos representan una gran importancia para los estudios de nutrición en estas especies. El análisis de la digestibilidad es fundamental para determinar su valor nutritivo y la biodisponibilidad de sus nutrientes. Para ello, se han desarrollado diversas técnicas de laboratorio que permiten estimar la digestión ruminal e intestinal, como los métodos *in vitro* (producción de gas y Daisy) e *in sacco*, los cuales se pueden comparar con el método *in vitro* para evaluar su precisión ([González-García et al., 2017](#)). Así mismo, para determinar el coeficiente de digestibilidad de un nutriente existen los métodos directos como la recolección total de heces, e indirectos cuando se usan indicadores; métodos *in situ* como la fistula ruminal y los métodos *in vitro* en los cuales se usan enzimas, líquido ruminal y técnicas de fermentación ([Carmona et al., 2012](#)).

Las técnicas de digestión ayudan a la predicción del consumo y digestibilidad, así como a la determinación de la calidad que tiene el forraje ([Rodríguez et al., 2007](#)). Por lo que, [Del Bianco et al. \(2019\)](#) comentan, que el coeficiente de digestibilidad es una herramienta importante para la producción ganadera, ya que está muy relacionado con la utilización de los nutrientes, la ingesta y el rendimiento. Sin embargo, los ensayos *in vivo* para evaluar la digestibilidad aparente son largos, laboriosos y costosos, aparte de que requieren un gran número de animales para garantizar la confiabilidad. Por ello,

se han desarrollado los métodos *in situ* e *in vitro*, donde, en el método *in situ* las muestras se incuban directo en el rumen de los animales, y al estar las bolsas porosas permiten la colonización por organismos y posterior la degradación de la muestra, mientras que en el método *in vitro* pueden utilizar líquido ruminal para estimar la degradación mediante la incubación de muestras en condiciones de laboratorio. Lo que facilita el trabajo del método *in vivo*, es más rápido, menos costoso, y se pueden analizar distintas muestras.

2.7.1 Digestibilidad *in vivo*

De acuerdo con [Despal et al. \(2022\)](#), estas pruebas se considera el método más preciso para medir la digestibilidad y la evaluación nutricional, es un método costoso y requiere tiempo, pero ayuda a medir la digestibilidad entre las diferentes especies y la variabilidad entre los animales. Este método incluye la medición del consumo de alimento y de las heces lo que implica, periodos preliminares de dos semanas y de recolección de una semana, pero esto varía entre las especies.

2.7.1.1 Recolección de heces

Es un método también conocido como digestibilidad aparente ya que consiste en la colecta de las heces por un tiempo determinado para determinar la cantidad de nutrientes que no se absorben y esto con la ayuda de un análisis químico, al igual que en este método se pueden utilizar indicadores, las cuales son sustancias que no se absorben, pero que son fáciles de medir en las heces. Este método incluye la medición de la ingesta de una determinada ración de composición conocida y la colecta total de la excreción total de la excreción fecal correspondiente al alimento consumido. Las muestras del material ofrecido, al igual que las del rechazado, cuando se proporciona alimento ad libitum, muestra de orina y las heces, son analizadas en el laboratorio, para controlar el balance de nutrientes ingeridos y excretados, como base de la determinación de la digestibilidad de los nutrientes ([Lachmann y Febres, 1999](#)). Y esto se calcula con la ecuación:

$$\text{Digestibilidad (\%)} = \left(\frac{\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente en heces}}{\text{nutriente ingerido}} * 100 \right)$$

2.7.1.2 Indicadores

Este método constituye en una alternativa para determinar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de los alimentos, donde los indicadores son monitores químicos para la determinación cualitativa y cuantitativa de fenómenos fisiológicos ([Lopes et al., 2023](#)). Según [Zewdie \(2019\)](#), señala que los indicadores deben cumplir ciertas condiciones para ser empleados, no deben ser absorbidos por el animal ni tener efecto en la digestión, ser fáciles de medir, tener la capacidad de ser procesados con el alimento, permanecer distribuidos en los contenidos del tracto digestivo, ser excretados por el animal sin ninguna alternación, no deben tener efecto fisiológico en el animal, se debe recuperar completamente tanto del alimento procesado como de las heces, no debe tener efecto sobre la microbiota del animal y tener cualidades que permitan su medición precisa. Existen dos tipos de indicadores, internos y externos, los internos son compuestos propios del alimento que tienen un buen índice de recuperación en las heces, como por ejemplo la fibra ácida insoluble, o la lignina; dentro de los indicadores externos se encuentra el óxido de cromo, el dióxido de titanio, entre otros, las cuales se añaden a la dieta en concentraciones de 1 a 5 g por kg de alimento ([Carmona et al., 2012](#)).

2.7.2 Digestibilidad *in situ*

Es un método utilizado para medir la digestibilidad dentro del animal, donde se realiza el análisis con ganado fistulado, las muestras del material, se muelen en fracciones pequeñas (3 mm), se colocan bolsas de nailon con una cierta cantidad de muestra y se dejan por un tiempo determinado donde se incuban las muestras ya sea a, 4, 8, 12, 24, 30, 36, 48 y 72 h en el rumen. Después de este tiempo las muestras se lavan con agua constante hasta que el agua salga limpia, se secan y se pesan para sacar su valor de digestibilidad ([Hao et al., 2021](#)).

2.7.3 Digestibilidad *in vitro*

Este método intenta reproducir los procesos mecánicos y enzimáticos que ocurren dentro del tracto digestivo de un animal en condiciones del laboratorio. Las técnicas *in vitro* permiten la evaluación rutinaria de la fermentación ruminal empleando líquido ruminal como en la técnica descrita por Tiller y Terry o con la utilización de complejos enzimáticos. Estos métodos estiman la digestibilidad de los alimentos en consideración de la dinámica ruminal. Las técnicas *in vitro* se utilizan para evaluar localización nutricional de los alimentos a su conveniencia, adaptabilidad y eficiencia, especialmente la evaluación mediante la incubadora Daisy^{II} para determinar la digestibilidad del forraje ([Holden, 1999](#)). Donde las muestras de alimento se mantienen en el líquido ruminal en un medio anaerobio, por 48 horas, posterior a eso en una segunda fase se trata el producto con ácido clorhídrico, consiguiendo así anular la acción de la microbiota ruminal, y se finaliza con un ataque de pepsina durante 48 horas y se analiza el residuo resultante. La técnica se utiliza para diferentes tipos de forrajes, y se ha comprobado su confiabilidad con los forrajes con diferentes cantidades de fibras y se ha recomendado su uso por su factibilidad, repetibilidad y requerimiento mínimo de uso de animales, ya que se obtienen resultados confiables al compararlos con pruebas *in vivo*, con poca variación entre ambas técnicas ([Trujillo et al., 2010](#)).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección del forraje se realizó en el rancho ganadero experimental Los Ángeles, propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en el municipio de Saltillo, Coahuila, México. La altitud es de 2100 m en los valles y 2400 en áreas de los cerros [\(Figura 1\)](#). Cuenta con un clima semiárido con lluvias en verano y una precipitación invernal [\(Figura 2\)](#).

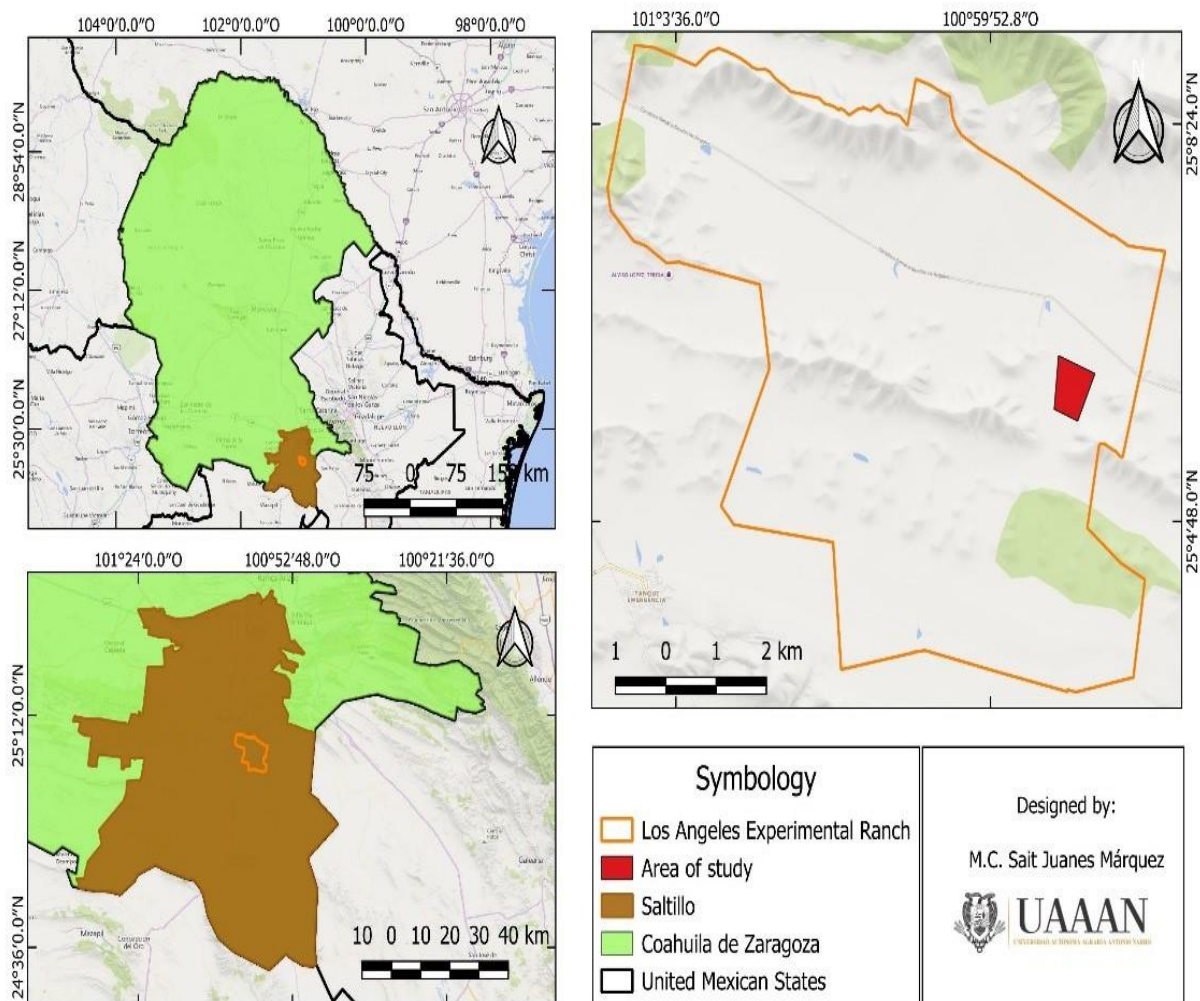


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en el Rancho Experimental "Los Ángeles", Saltillo, Coahuila, México [\(Juanes-Márquez, 2025\)](#).

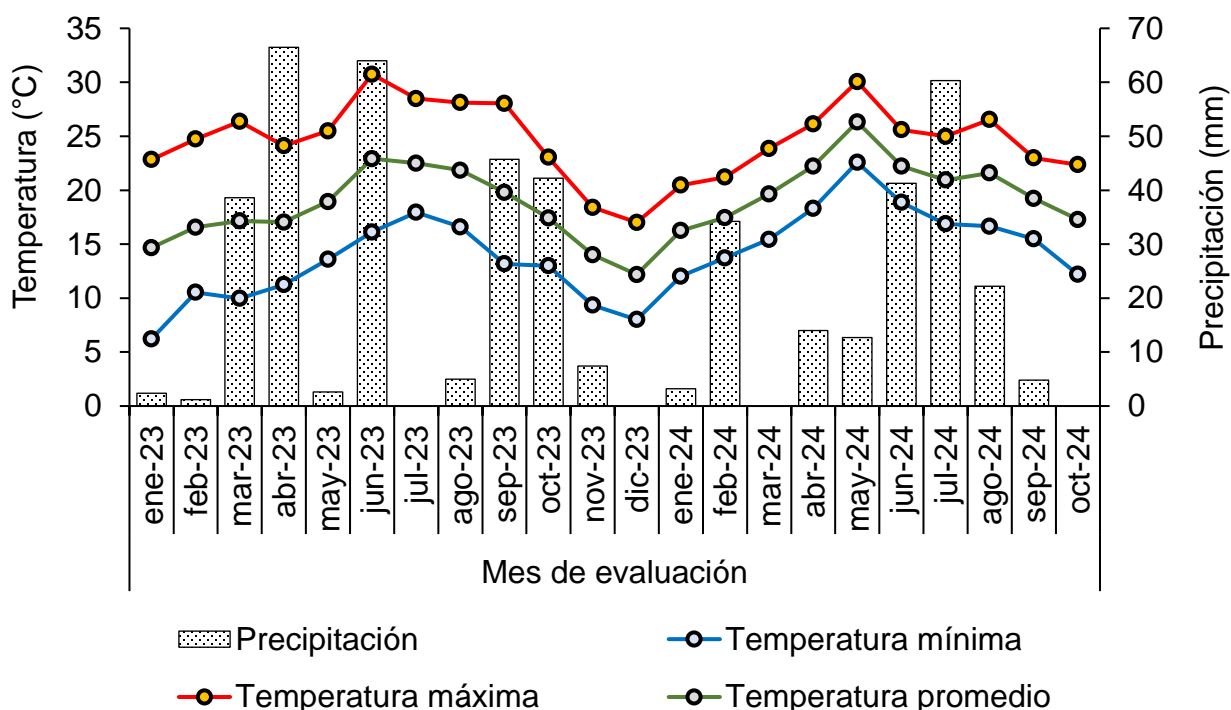


Figura 2. Temperatura media y precipitación durante el periodo de evaluación en el Rancho Experimental Ganadero "Los Ángeles", Saltillo, Coahuila, México, [\(Hervert, 2025\)](#).

Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México. Entre las coordenadas 25°21' Latitud Norte y 101°02' Latitud Oeste, a una altitud de 1743 m.

3.1 Variables evaluadas

Para el análisis bromatológico y obtención del perfil nutricional, de meses después del rebrote (MDR) se tomaron en cuenta los tres meses (28 días de cada mes) de mayor acumulación de materia seca (RMS) de cada curva estacional y las cuales fueron homogenizados. En invierno se tomaron los 16, 17 y 18 meses de rebrote que correspondieron a marzo, abril y mayo del 2024, para primavera los meses 13, 14 y 15 los cuales corresponden al 5-abril, 3-mayo y 31-mayo de 2024, finalmente para verano se tomaron los meses 16, 17 y 18 los cuales corresponden a 05-sep, 03-oct, 31-oct de 2024. Para el pre-pastoreo (PREP) se tomaron muestras antes del evento de pastoreo.

3.1.1 Materia Seca Total

Se colocaron 2 g de muestra en crisoles de porcelana de peso conocido y se llevaron a secar en una estufa a temperatura de 70 °C hasta obtener un peso constante y se determinó a través de la siguiente formula.

$$MST (\%) = \frac{MS-PC}{mL} * 100$$

Donde:

MS = Peso crisol con materia seca

PC = Peso crisol

mL/g = Peso de muestra inicial

3.1.2 Humedad

El porcentaje de humedad se obtuvo por diferencia en base a la materia seca total, a través del siguiente cálculo ([García et al., 2025](#)).

$$H (\%) = 100 - \%MST$$

3.1.3 Cenizas

Se llevó a peso constante un crisol de porcelana limpio, se introdujo a la mufla a una temperatura de 550-600°C durante 2-3 horas, o hasta que la muestra esté completamente quemada. Se extrae de la mufla con unas pinzas y se colocó dentro de un desecador a temperatura ambiente por ± 15 minutos para que esta se enfrié, y para posteriormente pesarla en la balanza analítica, donde se determinó con la siguiente formula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{peso de crisol con cenizas} - \text{peso de crisol solo}}{\text{gr de muestra}} * 100$$

3.1.4 Proteína cruda

Se realizó mediante el método de Kjeldahl para conocer el contenido de nitrógeno, en la primera fase que es la de digestión, se pesaron 0.05 g de muestra y se colocaron en el matraz Kjeldahl, se le agrego una cucharada de catalizador y se agregaron 5 perlas de vidrio, se le agregaron 30 ml de ácido sulfúrico concentrado, y se colocó en el digestor Kjeldahl, donde se encendió la parrilla y se dejó la muestra hasta que cambio su color café oscuro a verde claro. Luego en la fase de destilación se enfría el matraz, y se le agregan 300 ml de agua destilada y después se le añaden 110 ml de hidróxido de sodio y 6-7 granillas de zinc. En el matraz Erlenmeyer se colocaron 50 ml de ácido bórico y 5-6 gotas de indicador mixto. Se colocó en matraz Kjeldahl en el aparato de destilación, se encendió la parrilla de calentamiento y se conectó la boca del matraz al bulbo de destilación, luego se colocó la manguera del destilador dentro del matraz Erlenmeyer y recibió de 200 a 300 ml de destilado. Por último, se tituló el destilado con ácido sulfúrico 0.1 N hasta observar el cambio de color de azul a rojo. Se calculó el porcentaje de N y proteína en la muestra a partir de las fórmulas:

$$\%N. = \frac{(AA - Aa) * 0.014 * N \text{ del ácido}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

Donde:

%N: contenido de nitrógeno

AA: ml de H₂SO₄ gastados en la titulación de la muestra

Aa: ml de H₂SO₄ gastados en la titulación del blanco

$$\%P. C. = \% N * 6.25$$

$$\%P. C. \text{ en base a MTS} = \frac{\%Proteína}{\%MST} * 100$$

El 6.25 resulta de dividir 100 entre 16 que es el porcentaje de nitrógeno que contienen algunos alimentos.

3.1.5 Digestibilidad

El proceso de digestibilidad se llevó a cabo mediante el método de Tilley y Terry (1963) la cual consiste en el uso del líquido ruminal para llevar a cabo a la digestión del material vegetal. En donde el material vegetal se colocó en un tubo de ensaye con 40 mL de la solución tampón, seguido de 10 mL del líquido ruminal colado, se agito y se gasificó con CO₂, de esta mezcla se añadieron 50 mL a cada tubo. Después de sellarlos, los tubos se incubaron a 38°C en oscuridad durante 72 horas con agitación. Cada residuo se transfirió con un poco de agua a un vaso de vidrio tarado y se secaron a 100°C hasta obtener un peso constante. Se calculó el peso seco del residuo. A partir de esto, la digestibilidad se calculó como el peso del material digerible ([Hao et al., 2021](#)).

3.1.6 Extracto etéreo (EE)

Se realizó utilizando un equipo Fat Extractor E-500, se peso 1 g de muestra, colocándola en papel filtro, el cual se dobló adecuadamente y se colocó dentro del equipo de extracción. Se colocó el vaso de extracción estándar previamente pesado y se agregó hexano. La muestra pasó por un proceso de sifoneo durante 4 h continuas a 100 °C y posteriormente se retiró el solvente. Una vez el vaso de extracción contuvo solo la grasa se dejó secar en estufa a 100 °C por 24 h y se pesó en balanza analítica (AOAC 7.055). Para cuantificar el contenido de grasa se utilizó la siguiente fórmula:

$$EE (\%) = (\text{Peso de matraz con grasa} - \frac{\text{Peso de matraz}}{\text{g de muestra}}) * 100$$

3.1.7 Fibra cruda

Se colocó la muestra en bolsas Ankom® selladas, posteriormente se introdujeron en éter de petróleo durante 15 minutos, la muestra se colocó en el equipo Ankom Fiber Analyzer® donde se digirió con ácido sulfúrico al 2.55 N durante 40 minutos a 100 °C.

Pasado este tiempo se realizó un enjuague con agua destilada a 100 °C durante 15 minutos. Finalmente, se volvió a digerir con hidróxido de sodio al 0.313 N durante 40 minutos a 100°C, una vez digerido se realizó un enjuague con agua a 100°C durante 15 minutos. Se realizó un último enjuague en acetona para cortar la digestión, finalmente se colocaron las muestras en una estufa durante 24 h a peso constante ([Perrusquía-Tejeida, 2021](#)).

3.1.8 Análisis de fibras

Los análisis de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido se realizaron mediante la metodología ([Vogel *et al.*, 1999](#)).

3.1.8.1 Fibra detergente ácido (FDA)

Se colocaron la muestra en bolsas Ankom® y sellaron con calor, se pasó a colocar las muestras en el equipo Ankom Fiber Analyzer® junto con una solución ácido detergente durante 1 h a 90 °C, luego se realizó un enjuague con agua destilada a 70 °C durante 15 minutos. Finalmente, se realizó un enjuague con acetona para cortar la digestión para posteriormente colocar las muestras en una estufa durante 24 h a 60 °C a peso constante.

3.1.8.2 Fibra detergente neutro (FDN)

Se colocó la muestra en bolsas Ankom® y sellaron con calor, las muestras se colocaron en el equipo Ankom Fiber Analyzer® junto con una solución neutro detergente durante 1 h a 90 °C, posteriormente se realizó un enjuague con agua destilada a 70 °C durante 15 minutos. Finalmente, se realizó un enjuague con acetona para cortar la digestión para posteriormente colocar las muestras en una estufa durante 24 h a 60 °C a peso constante.

3.2 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) donde se evaluaron las estaciones, y los eventos de pre pastoreo (PREP) y Meses Después del Rebrote (MDR) pospastoreo, además de una comparación de medias con la prueba Tukey ($p > 0.05$) con el Software SAS 9.0.

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta en la repetición j

μ = Media general de la población estudiada

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error aleatorio

IV. RESULTADOS

4.1 Materia Seca Total

En el Figura 3, se muestran los resultados de materia seca total (MST) de un pastizal de *Amelichloa clandestina* (zacate picoso) pre-pastoreo y meses después del pastoreo intensivo no selectivo (PINS). Teniendo en cuenta que un alto contenido de MST puede contribuir con más nutrientes como proteína, carbohidratos y grasas, pero puede reducir el consumo del forraje, mientras que un bajo contenido de MST contiene mayor humedad y puede ser mejor digerible, pero su contenido de nutrientes puede ser menor en comparación a un menor contenido de humedad ([Erazo, 2024](#)).

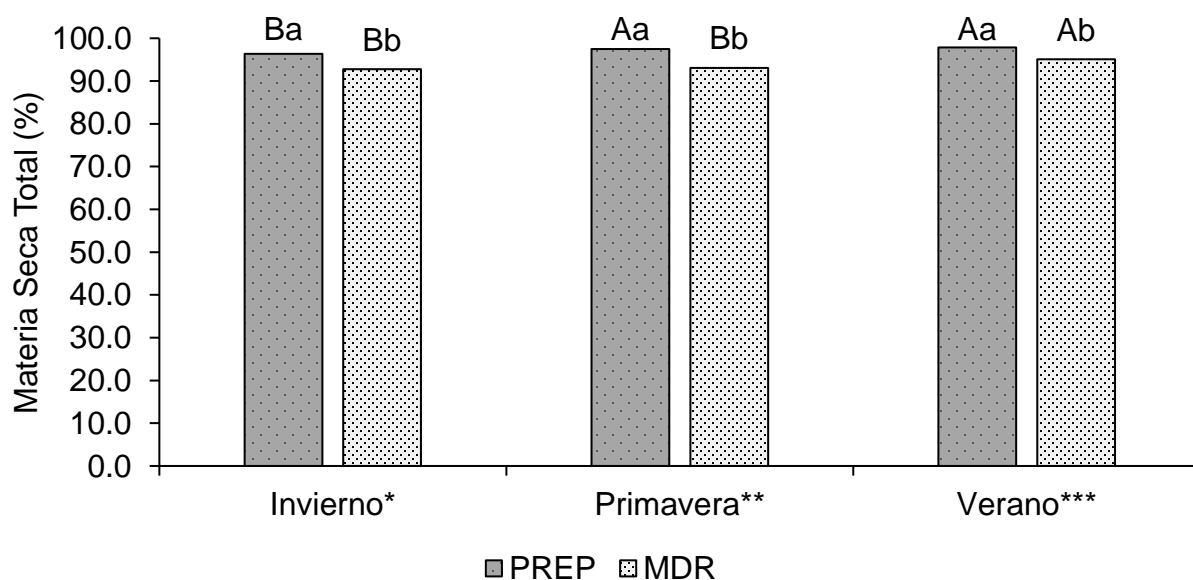


Figura 3. Materia Seca Total (MST) de *Amelichloa clandestina* en diferentes estaciones del año, en Sureste de Coahuila. PREP= Pre-pastoreo, MDR= Meses Después del Rebrote. Letras mayúsculas comparan eventos (PREP o MDR) entre estaciones y letra minúscula comparan eventos dentro de la misma estación (Tukey $p>0.05$). MDR tomados para el análisis bromatológico: *16, 17 y 18 (invierno); **13, 14 y 15 (primavera); *** 16, 17 y 18 (verano). PREP= Muestras antes del pastoreo.

Por lo anterior, hay diferencias significativas entre estaciones evaluadas (primavera, verano e invierno) y entre eventos; PREP y MDR ($p>0.05$). En los promedios estacionales, verano fue superior a primavera e invierno, con 96.4 % de materia seca total, versus primavera con 95.3 % e invierno con 94.6 %. Pero, en el pre-pastoreo, junto con verano con 97.8 %, también primavera presentó los mayores valores con 97.4 % de MST. Sin embargo, meses después del rebrote fue similar a los promedios estacionales, donde verano con 95.0 %, fue mayor a primavera (93.1 %) e invierno (92.8 %). Por otra parte, en el promedio de los eventos, pre-pastoreo zacate picoso (*A. clandestina*), fue mayor a los meses después rebrote, con 97.2 versus 93.6 %. Así mismo, dentro de cada estación, pre-pastoreo supero a los valores de meses después del rebrote. En primavera pre-pastoreo fue de 97.4 vs 93.1 % del MDR, verano 97.8 vs 95.0 %, e invierno con 96.3 vs 92.8 % de materia seca total.

4.2 Humedad

El contenido de humedad influye en el contenido de nutrientes, y en la digestibilidad, siendo más digestible cuando su contenido de humedad es mayor ([Reyes et al. 2013](#)). En la Figura 4, se presentan los resultados obtenidos del análisis de humedad de *A. clandestina*, en dos eventos, pre-pastoreo y MDR (PINS). Se presentaron diferencias entre eventos y estaciones ($p>0.05$). Analizando los datos, en relación con el promedio de las estaciones de primavera, verano e invierno hubo diferencias en las estaciones, siendo mayor el contenido de humedad en la estación de invierno con (5.7%), mientras que en primavera registró (4.7%) y en verano presentó un contenido de humedad de (3.6%). De igual manera, en el evento de PREP invierno tuvo la mayor cantidad de humedad, mientras que primavera y verano tuvieron una humedad similar. Igualmente, en MDR invierno 7.2% fue similar a primavera 6.9%, con diferencia en verano que se obtuvo un 4.9% de humedad. En el caso del promedio de los dos eventos fue superior MDR vs PREP, teniendo valores de 6.3 vs 3.1 %, respectivamente.

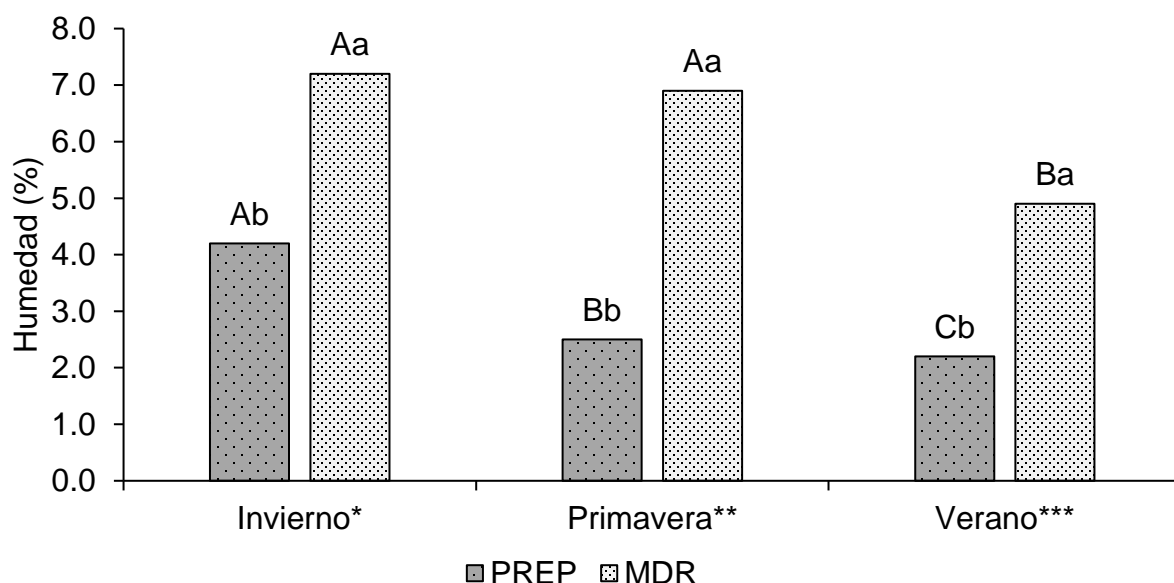


Figura 4. Humedad (H) presente en *Amelichloa clandestina*, en las diferentes estaciones del año. PREP= Pre-pastoreo, MDR= Meses Después del Rebrote. Letras mayúsculas comparan eventos (PREP o MDR) entre estaciones y letra minúscula comparan eventos dentro de la misma estación (Tukey $p>0.05$). MDR tomados para el análisis bromatológico: *16, 17 y 18 (invierno); **13, 14 y 15 (primavera); *** 16, 17 y 18 (verano). PREP= Muestras antes del pastoreo.

4.3 Cenizas

En la Figura 5, se muestran los resultados del análisis de cenizas, minerales (un alto contenido de cenizas puede influir en la calidad del forraje, indicando menor calidad nutritiva y menor energía ([Herrera et al, 2008](#))), presentes en el zacate picoso (*A. clandestina*), en eventos de pre-pastoreo y 18 meses posterior al pastoreo (MDR), en tres estaciones del año. Se presentaron diferencias entre estaciones y eventos ($p>0.05$). De acuerdo, a los promedios de las estaciones (primavera, verano e invierno), hubo diferencias, teniendo una mayor cantidad de cenizas en invierno y verano con 9.7%. Así mismo, en el pre-pastoreo en la estación de invierno con 10% fue superior a la estación de primavera con 8.3% y verano 7.7%. Mientras que, en el evento de MDR la mayor cantidad de cenizas fue en primavera versus verano e

invierno. Mientras que en los promedios de ambos eventos el contenido de cenizas fue superior en MDR con 10.3% mientras que en el pre-pastoreo se encontró un contenido de 8.7%.

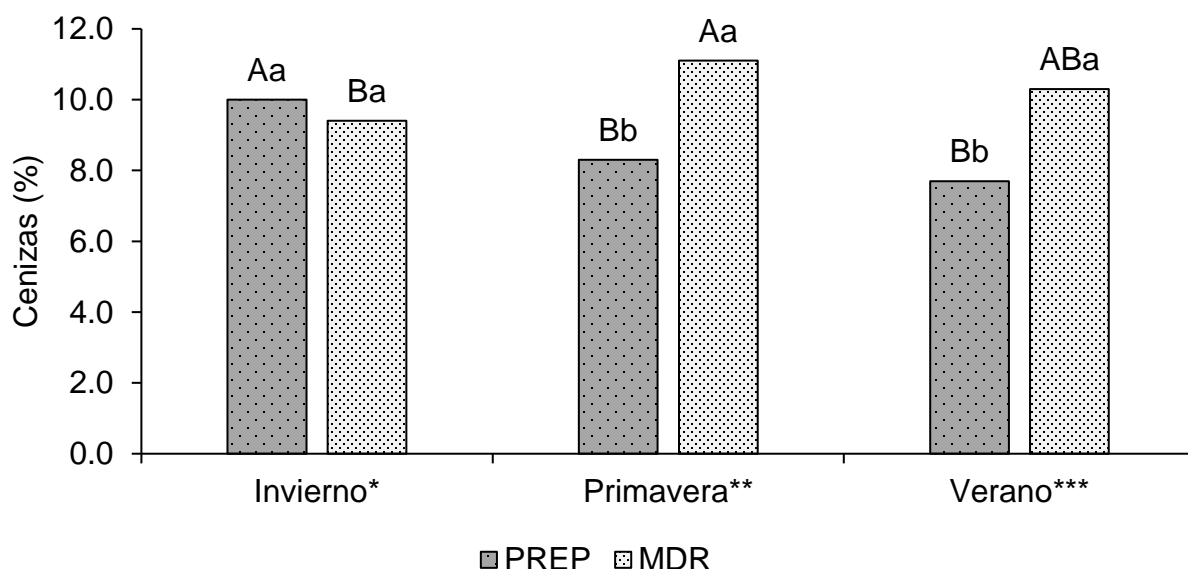


Figura 5. Cenizas (C) de *Amelichloa clandestina* en diferentes estaciones del año, en el Sureste de Coahuila. PREP= Prepastoreo, MDR= Meses Después del Rebrote. Letras mayúsculas comparan eventos (PREP o MDR) entre estaciones y letra minúscula comparan eventos dentro de la misma estación (Tukey $p>0.05$). MDR tomados para el análisis bromatológico: *16, 17 y 18 (invierno); **13, 14 y 15 (primavera); *** 16, 17 y 18 (verano). PREP= Muestras antes del pastoreo.

4.4 Proteína Cruda

Como antecedente se tiene que mientras mayor sea el contenido proteico, el forraje se considera de mejor calidad, teniendo influencia en los procesos fisiológicos del animal ([Parsi et al, 2001](#); [Alba-Avila 2000](#)). En la Figura 6, se observan los resultados de proteína cruda (PC) durante distintas estaciones del año y dos eventos pre-pastoreo y meses después del pastoreo (MDR) donde se tomaron datos durante los siguientes 18 meses, en el zacate picoso (*A. clandestina*). En donde se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) en las estaciones y en los eventos. De acuerdo con los

resultados, el promedio de las estaciones no tiene diferencia. De igual modo, para el evento de pre-pastoreo no se observaron diferencias estadísticas. Mientras que para meses después del rebrote la PC es mayor en la estación de invierno con 10.3% de PC, mientras que primavera tiene 4.7% y verano tiene 4.2% de proteína cruda. Del mismo modo, para ambos eventos pre-pastoreo y MDR de acuerdo con su promedio no existe alguna diferencia estadística significativa.

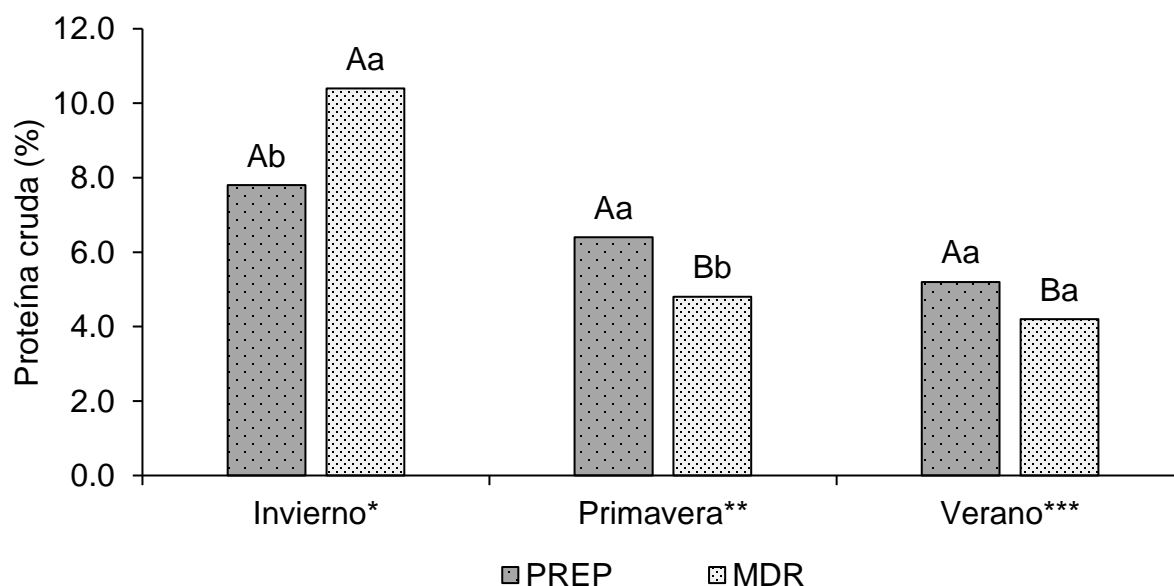


Figura 6. Proteína Cruda (PC) de *Amelichloa clandestina* en diferentes estaciones del año, en el sureste de Coahuila. PREP= Pre-pastoreo, MDR= Meses Después del Rebrote. Letras mayúsculas comparan eventos (PREP o MDR) entre estaciones y letra minúscula comparan eventos dentro de la misma estación (Tukey $p > 0.05$). MDR tomados para el análisis bromatológico: *16, 17 y 18 (invierno); **13, 14 y 15 (primavera); *** 16, 17 y 18 (verano). PREP= Muestras antes del pastoreo.

4.5 Digestibilidad

En la Figura 7, se presentan los resultados de digestibilidad del zacate picoso (*A. clandestina*), en dos eventos PREP y meses después de rebrote (MDR), así como en tres estaciones del año (primavera, verano e invierno). El valor de digestibilidad es un indicador del valor nutritivo del forraje, ya que una mayor digestibilidad indica que

existe una mayor disponibilidad de nutrientes y mayor consumo de MST, lo que mejora el rendimiento productivo en el animal, en comparación a un bajo nivel de digestibilidad, donde el contenido de nutrientes es menor y el consumo de MST puede ser limitado, por el alto contenido de fibra ([Rosales y Pinzón, 2005](#)). Se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) en los eventos y en las diferentes estaciones. Conforme a la tabla, el promedio de las tres estaciones fue similar, por lo que no hay diferencia estadística donde encontramos a primavera con 29.5 %, verano con 31.4% e invierno con 34.2% de digestibilidad. Mientras que, en el pre-pastoreo (PREP) en la estación de invierno hubo mayor digestibilidad con 30.0% con respecto a primavera con 23.9 y verano con 23.1%. Por otro lado, en la estación de invierno MDR fue superior con 38.4 vs 30.0% de digestibilidad, mostrando diferencias significativas entre los eventos en la estación de invierno. En MDR no hay diferencia, por lo que estadísticamente son iguales. De igual manera en los promedios por evento no hay diferencia.

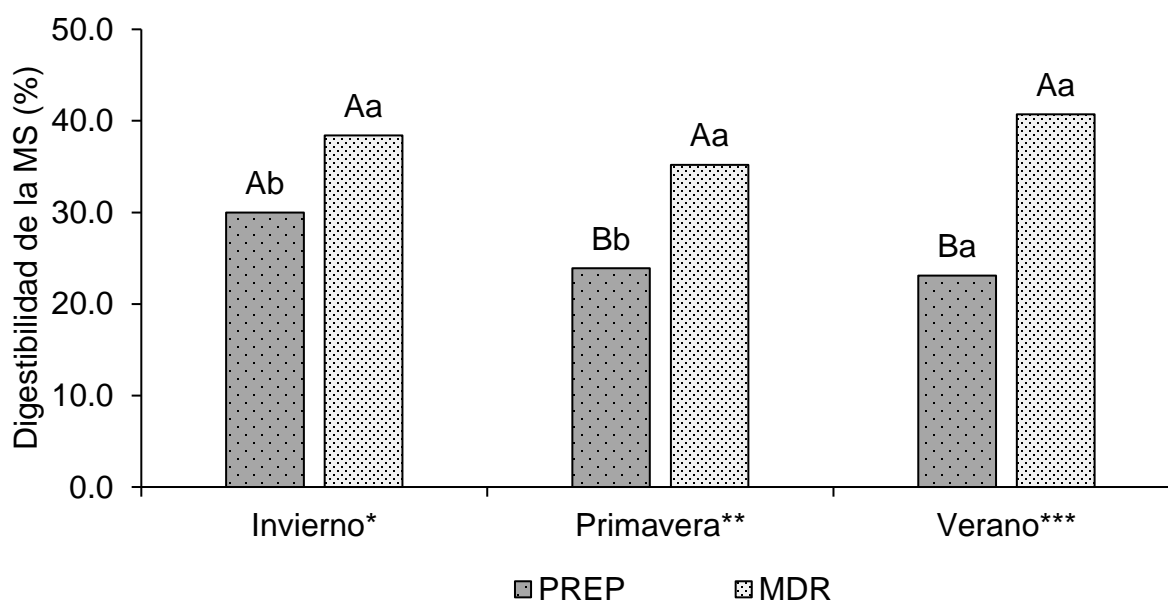


Figura 7. Digestibilidad (Dig) de *Amelichloa clandestina* en las diferentes estaciones del año, en dos repeticiones, en el Sureste de Coahuila. PREP=Pre-pastoreo, MDR= Meses Después del Rebrote. Letras mayúsculas comparan eventos (PREP o MDR) entre estaciones y letra minúscula comparan eventos dentro de la misma estación (Tukey $p>0.05$). MDR tomados para el análisis bromatológico: *16, 17 y 18 (invierno);

13, 14 y 15 (primavera); * 16, 17 y 18 (verano). PREP= Muestras antes del pastoreo.

4.6 Extracto etéreo (EE)

En la Figura 8, se observan los datos resultantes del análisis del extracto etéreo (EE), de *A. clandestina* (zacate picoso), durante tres estaciones del año y diferentes eventos pre-pastoreo y MDR donde se estuvo evaluando durante los 18 meses después PINS. Sabiendo que el contenido de EE o grasa presente en el forraje, nos da un indicio de cuál es el valor energético que presenta el forraje, sabiendo que la media para el contenido de EE es de 3 % (Zhang et al, 2020). En el presente estudio se encontraron diferencias estadísticas ($p>0.05$) en ambos eventos, como en estación.

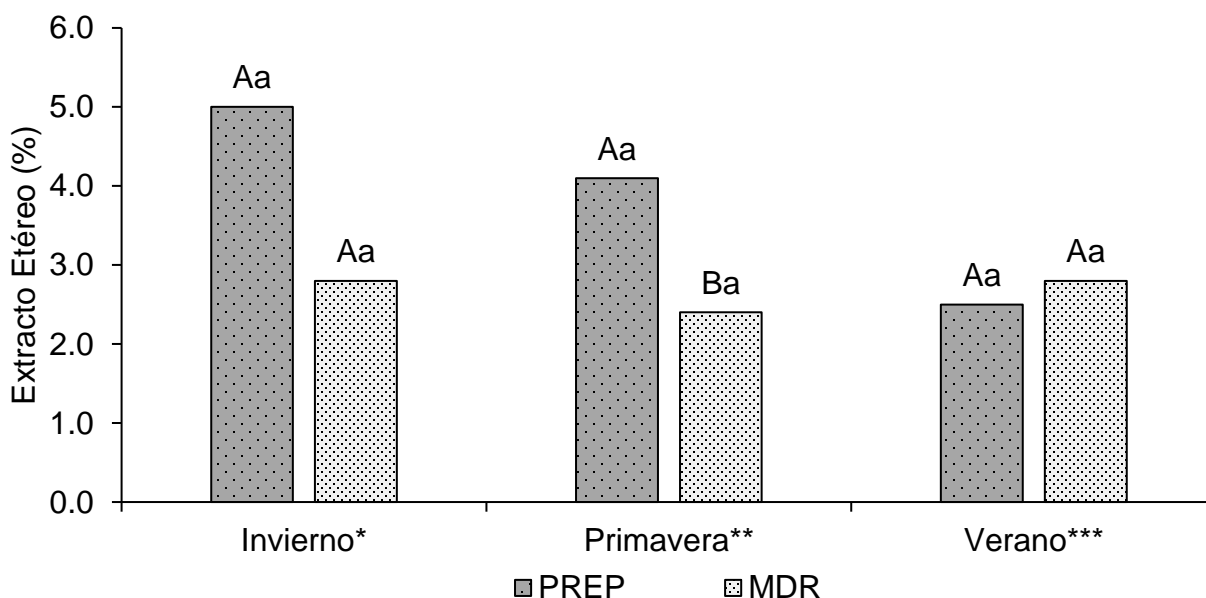


Figura 8. Extracto Etéreo (EE) de *Amelichloa clandestina* en diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila. PREP= Pre-pastoreo, MDR= Meses Después del Rebrote. Letras mayúsculas comparan eventos (PREP o MDR) entre estaciones y letra minúscula comparan eventos dentro de la misma estación (Tukey $p>0.05$). MDR tomados para el análisis bromatológico: *16, 17 y 18 (invierno); **13, 14 y 15 (primavera); *** 16, 17 y 18 (verano). PREP= Muestras antes del pastoreo.

Con respecto al promedio de las tres estaciones primavera, verano e invierno, no hay diferencia alguna. Por otro lado, en los meses después del rebrote la estación de primavera fue inferior con 2.3%, mientras verano con 2.7% e invierno con 2.8% de extracto etéreo. De igual manera, en los promedios por eventos tanto en pre-pastoreo como en MDR son estadísticamente similares, por lo que no hay diferencia.

4.7 Fibra Cruda

En la Figura 9, se muestran los resultados de fibra cruda (FC), en dos eventos de pre-pastoreo y meses después de rebrote (18 meses posterior al PINS), en distintas estaciones del año, del zacate picoso (*A. clandestina*). Se presentaron diferencias estadísticas entre las estaciones del año ($p>0.05$).

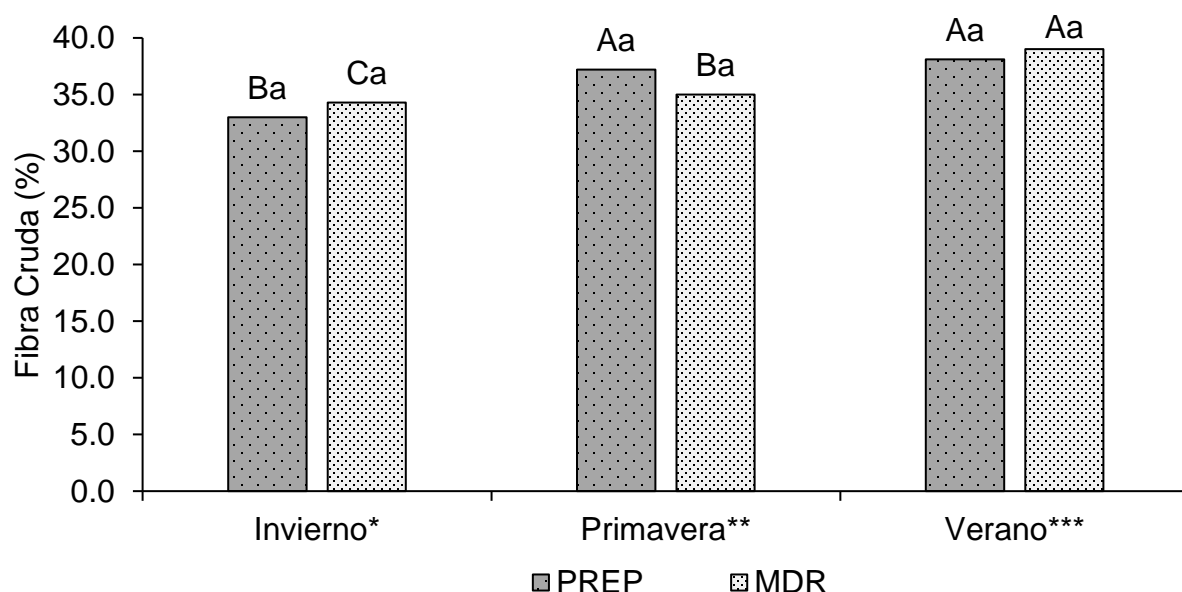


Figura 9. Fibra Cruda (FC) de *Amelichloa clandestina* en distintos eventos, en diferentes estaciones del año, en el Sureste de Coahuila. PREP= Pre-pastoreo, MDR= Meses Después del Rebrote. Letras mayúsculas comparan eventos (PREP o MDR) entre estaciones y letra minúscula comparan eventos dentro de la misma estación (Tukey $p>0.05$). MDR tomados para el análisis bromatológico: *16, 17 y 18 (invierno); **13, 14 y 15 (primavera); *** 16, 17 y 18 (verano). PREP= Muestras antes del pastoreo.

En cuanto el promedio de las estaciones primavera (36.12 %) y verano (38.55 %) fueron superiores a invierno (33.35 %). Mientras que en el pre-pastoreo la estación de primavera fue superior (37.2 %) junto a verano con (38.1 %) e invierno con (32.5 %) de fibra cruda. A su vez, en los MDR fue superior en la estación de verano con (39.0%). Con respecto a los promedios de los dos eventos PREP y meses después del rebrote no hubo diferencias en cuanto a la FC del zacate picoso. Pero en la estación de primavera en pre-pastoreo fue mayor a los MDR con 37.2 vs 35.0%, en cambio a la estación de verano donde el evento de MDR con 39.0 fue superior a el pre-pastoreo con 38.1%, de igual modo, en la estación de invierno el evento de meses después del rebrote fue superior con 34.2 vs 32.5% que se encontró en la FC.

4.8 Fibra Detergente Ácido

En la Figura 10, se observan los resultados obtenidos de fibra detergente acida (FDA), durante tres estaciones del año, y en dos distintos eventos pre-pastoreo y meses después del rebrote (durante 18 meses posterior al pastoreo) de *Amelichloa clandestina* (zacate picoso). En este estudio se encontraron diferencias estadísticas ($p>0.05$) en los eventos y estaciones evaluadas. En cuanto a el promedio en las estaciones de primavera e invierno fueron inferiores a verano con 70.9 % de FDA. De manera semejante, el verano fue superior en ambos eventos de pre-pastoreo y meses después del rebrote, en el pre-pastoreo el verano obtuvo 78.5 % de FDA, mientras que en primavera 75.4 % y en invierno 67.3 %. Del mismo modo, los meses después del rebrote el verano tuvo 63.3%, primavera 57.2 e invierno 55.7 % por lo que el verano fue mayor en ambos eventos. Finalmente, el evento de pre-pastoreo fue superior a MDR tanto en promedio como en las estaciones, teniendo para primavera 75.4 vs 57.2%, en verano 78.5 vs 63.3%, y en invierno 67.3 vs 55.7% de fibra detergente acida presente en el zacate picoso (*A. clandestina*).

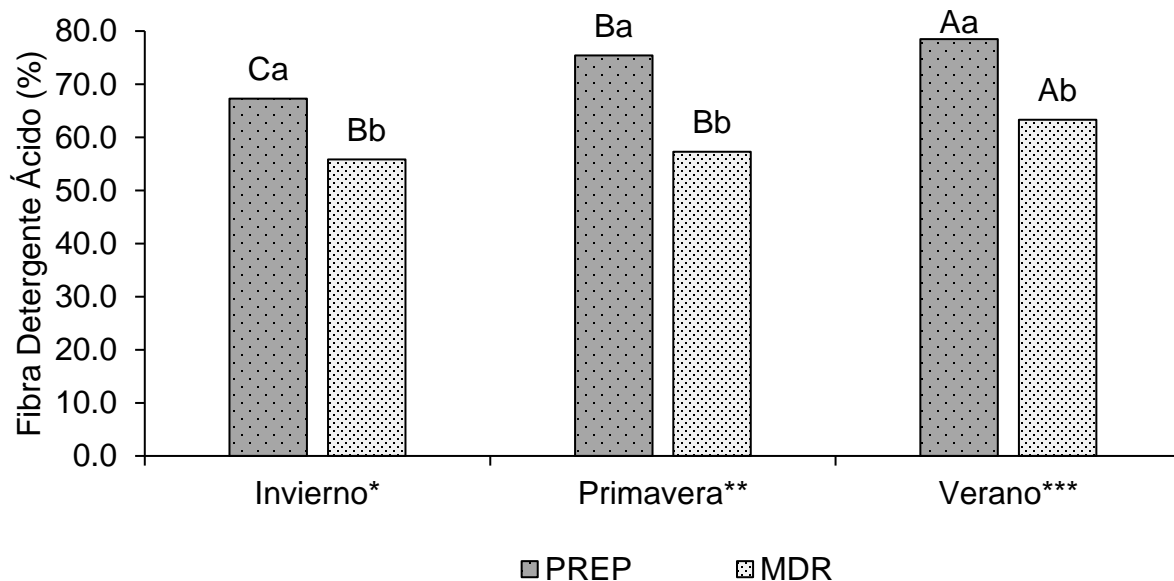


Figura 10. Fibra Detergente Ácido (FDA) de *Amelichloa clandestina* en diferentes estaciones del año, en el Sureste de Coahuila. PREP= Pre-pastoreo, MDR= Meses Después del Rebrote. Letras mayúsculas comparan eventos (PREP o MDR) entre estaciones y letra minúscula comparan eventos dentro de la misma estación (Tukey $p > 0.05$). MDR tomados para el análisis bromatológico: *16, 17 y 18 (invierno); **13, 14 y 15 (primavera); *** 16, 17 y 18 (verano). PREP= Muestras antes del pastoreo.

4.9 Fibra Detergente Neutro

Con respecto a la Figura 11, se presentan los datos de dos eventos (pre-pastoreo) y meses después del rebrote (MDR), pos pastoreo PINS en *A. clandestina* (zacate picoso) durante tres estaciones del año. Bajo las condiciones del presente estudio, se encontraron diferencias estadísticas en los eventos evaluados y estaciones ($p > 0.05$). En cuanto a el promedio de las distintas estaciones verano e invierno fueron superiores a primavera con 83.4 y 82.1% versus (83.8 %) respectivamente. Por otro lado, en el evento de pre-pastoreo fue similar en las diferentes estaciones. Asimismo, en los días después del rebrote no registró diferencias significativas en las distintas estaciones. Finalmente, en los promedios y estaciones por eventos, los MDR fue superior a el pre-pastoreo con 91.0 vs 75.1 %, del promedio por evento del pre-pastoreo y MDR del zacateo picoso (*A. clandestina*).

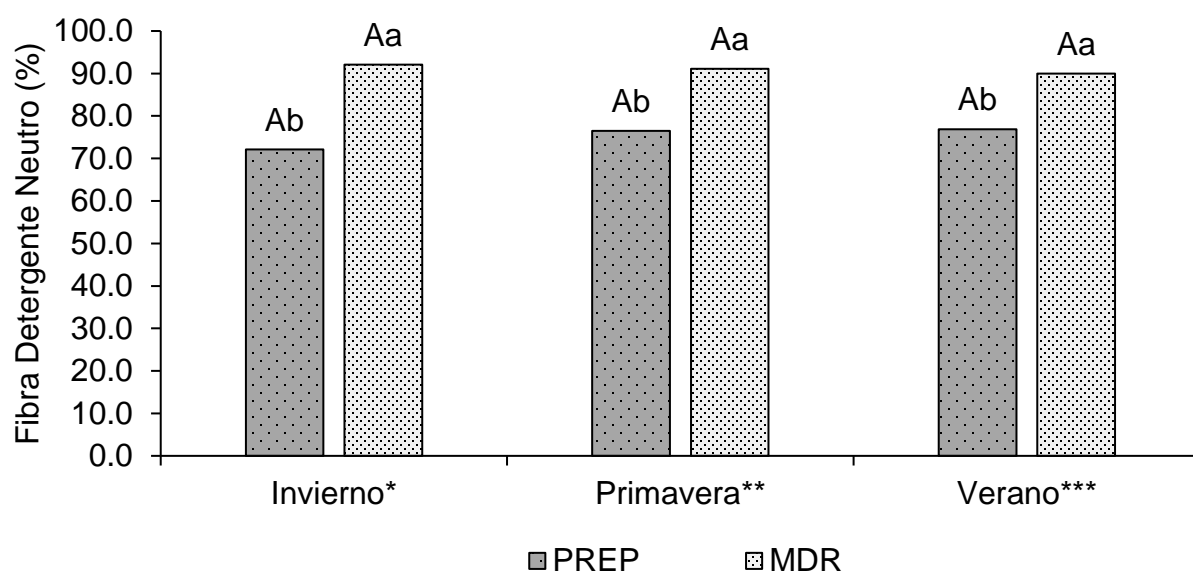


Figura 11. Fibra Detergente Neutro (FDN) de *Amelichloa clandestina* en diferentes estaciones del año, en diferentes eventos, en el Sureste de Coahuila. PREP= Pre-pastoreo, MDR= Meses Después del Rebrote. Letras mayúsculas comparan eventos (PREP o MDR) entre estaciones y letra minúscula comparan eventos dentro de la misma estación (Tukey $p > 0.05$). MDR tomados para el análisis bromatológico: *16, 17 y 18 (invierno); **13, 14 y 15 (primavera); *** 16, 17 y 18 (verano). PREP= Muestras antes del pastoreo.

V.DISCUSIÓN

Los resultados indican que el contenido de materia seca total (MST) de *Amelichloa clandestina* presenta una variación estacional. El contenido de MST fue mayor en primavera y verano, mientras que en invierno mostró la reducción más notable. Asimismo, el análisis del rebrote posterior a 18 meses de un pastoreo intensivo no selectivo reveló que, en la fase de pre-pastoreo, la MST alcanzó sus valores más altos. En cuanto a la fibra, comparándolo entre las estaciones y entre los eventos realizados PREP y MDR, se encontró un promedio similar, por lo tanto, la FC presenta valores equivalentes en ambos eventos, acorde con el análisis y la comparación realizada. Mientras que la fibra detergente mostro valores superiores en el rebrote después del pastoreo. En contraste, la fibra detergente ácido fue mayor, en el pre-pastoreo. Asimismo, durante el verano se observaron las concentraciones más altas de FDA en comparación con primavera, por ello, [Hervert \(2025\)](#) menciona que una alta cantidad de FDA y FDN afectan a la digestibilidad, ya que la FDA es un indicador de digestibilidad, y a medida que aumenta la digestibilidad baja, al igual que la capacidad de digerir el forraje, Así mismo, la FDN es un indicador de un alto contenido de hemicelulosa, lo que reducirá el consumo, y afecta el contenido de nutrientes que el forraje pueda tener.

Por su parte, el contenido de proteína en el pre-pastoreo, fue constante para las tres estaciones, teniendo un mayor % de PC en invierno. En comparación con el rebrote evaluado durante 18 meses posterior al pastoreo, también se observó un incremento en el contenido de proteína cruda (PC) durante la estación de invierno. Este patrón indica, que, en la estación de invierno las plantas tienden a acumular un mayor contenido de proteína cruda en condiciones invernales es probable que esta respuesta esté modulada por factores climáticos propios de la temporada y que persista aun cuando la vegetación ha estado sometida previamente a la perturbación generada por un pastoreo intensivo no selectivo, es por eso que, [Hervert \(2025\)](#) señala que plantas más jóvenes presentan valores más altos de proteína, por eso el forraje cosechado en su investigación de acumulación de MS en la estación de invierno mantiene una

calidad aceptable. Es por ello que, un contenido cercano al 7% de proteína se considera adecuado para satisfacer los requerimientos básicos de los rumiantes y favorecer la actividad de la microbiota ruminal. Asimismo, comparando al zacate picoso vs zacate lobero presentada en la Tabla 6 por [Márquez-Godoy et al. \(2022\)](#), el contenido de PC fue similar, siendo el valor más alto de *A. clandestina* de 10.4% vs 10.22% de *Muhlenbergia phleoides* en su etapa de madurez, por lo que, el zacate picoso se encuentra en los mismos valores de contenido de proteína cruda.

La digestibilidad mostró, poca diferencia entre las estaciones, y eventos. Este comportamiento probablemente se relaciona con el mayor grado de madurez de la planta al no haber recibido ningún pastoreo o cortes previos, lo que reduce la proporción de tejidos jóvenes y altamente digestibles, por ello, en MDR en contraste a los resultados obtenidos por [Hervert \(2025\)](#) en el rebrote de los tallos, después del pastoreo, se encontró poca variación entre las estaciones, pero, la digestibilidad presentó un aumento alcanzando el 40% de digestibilidad en verano, mientras que en ambos eventos la diferencia de digestibilidad es de un 12.45%, este valor está influenciado por los altos niveles de FC, FDA y FDN, que al ser valores altos, disminuyen la capacidad de digerir el forraje, al mismo tiempo que al estar muy lignificados el consumo voluntario se verá afectado, al mismo tiempo que el nivel de nutrientes presentes en el zacate picoso. La FDN afecta en el consumo, ya que un alto valor impacta directamente al consumo del forraje por parte del ganado, de igual manera la FDA mide la fracción de celulosa y lignina, lo que indica la digestibilidad del forraje, ya que altos valores de FDA reducen la digestibilidad ([Raffrenato & Van, 2011](#))

Los resultados indican que el pastoreo modifica el valor nutricional y la digestibilidad del zacate picoso. En condiciones de pre y pos pastoreo, la calidad nutritiva y la digestibilidad fueron superiores durante el invierno, etapa en la que el ganado aprovecha mejor el forraje bajo esquemas de pastoreo intensivo no selectivo. Comparando la composición química de *Amelichloa clandestina* con *Bouteloua gracilis* en su base seca tenemos que el promedio de PC fue mayor en el *A. clandestina* con 6.4% y en *B. gracilis* fue de 5.4%. Con respecto a la fibra cruda el *A. clandestina* obtuvo

una mayor cantidad de fibra en su evento pre-pastoreo, tomando en cuenta el análisis bromatológico estado verde y seco de *Bouteloua gracilis* ([Torres, 2021](#)).

Según ([Álvarez et al. 2020](#)), encontraron valores de FDA, FDN y PC para *Bouteloua curtipendula* en estado de latencia, cinco meses después de la siembra (30 de octubre de 2014) en un invernadero de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), por lo cual, al comparar zacate picoso con zacate banderita, tomando en cuenta los resultados presentados en el Cuadro 3 (Composición nutricional de cinco genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en etapa de latencia), los resultados de *A. clandestina* muestran que, para fibra detergente neutro, zacate picoso tuvo una mayor cantidad de FDA, igualmente, para la fibra detergente ácido, el zacate picoso presentó mayor cantidad de FDN, siendo menos digestible, y por ende, tiene menor cantidad de fibra *Bouteloua gracilis*, al contrario con la proteína, en los genotipos del zacate banderita, la mayor cantidad de PC fue de 6.4%, mientras que para el zacate picoso la mayor cantidad de proteína se presentó en la estación de invierno con 10.3%, teniendo una mayor cantidad de PC, no obstante al comparar el promedio de ambos eventos PREP y MDR se obtuvo un total de 6.4% que es igual al promedio del genotipo Niner del zacate banderita.

Asimismo, ([González-García et al. \(2017\)](#)), llevaron a cabo un estudio donde se evaluó el valor nutritivo de zacate rosado (*Melinis repens*) cosechado en rancho La Tinaja y de zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) que se recolectó en rancho experimental La Campana y en el rancho San Juan, en el estado de Chihuahua. Por lo tanto, se compararon los valores del análisis químico, tomando en cuenta que para el contenido de MST el zacate rosado obtuvo 93.7 vs 94 de zacate africano vs 95% de zacate picoso siendo superior a zacate rosado y similar al zacate africano, del mismo modo el contenido de cenizas o minerales fue mayor para zacate rosado, después zacate picoso y por último el zacate africano con 11.3% vs 9.5% y 8% respectivamente. Por otro lado, para el contenido de proteína cruda el zacate africano y el zacate picoso fueron similares con un promedio de 6.2 y 6.7%, mientras que para la digestibilidad *in vitro* de la MST ambos zacates *M. repens* y *E. lehmanniana* fue mayor con respecto al

zacate de *A. clandestina*. Por último, para la FDA y FDN *A. clandestina* obtuvo mayor cantidad de estas variables tanto para la fibra detergente neutro, como para la fibra detergente ácido.

Por otra parte, [Lizarazo-Ortega et al. \(2024\)](#), evaluaron el valor nutricional de zacate buffel en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, encontrando valores para proteína cruda Pre y Post, entre 5.4 con su valor más bajo y con 7.4% de PC en su nivel más alto, por el contrario, el zacate picoso obtuvo una mayor cantidad de PC teniendo valores promedios de un mínimo de 4.7 y un máximo de 9.0%, asimismo, la digestibilidad *in vitro* fue superior para el zacate buffel, mientras que para las fibras, tanto para FDA como FDN *A. clandestina* tuvo mayor cantidad de la misma.

VI.CONCLUSIÓN

El pastoreo intensivo no selectivo (PINS) modifico de manera variable el valor nutricional de *Amelichloa clandestina* según la estación del año. Los cambios más notorios ocurrieron en invierno y primavera en parámetros como la humedad, cenizas y fibra detergente neutra. En contraparte, el PINS solo modifico el contenido de proteína en la estación de invierno, pero en primavera fue mayor antes del pastoreo. Lo anterior fue contrario para digestibilidad. Zacate picoso fue de mayor digestibilidad en primavera después de aplicar PINS, y menor en invierno.

VII.REFERENCIAS

- Adesogan A., Sollenberger L., Newman Y. C. & Vendramini J. (2017).** Defining forage quality. Ask IFAS - Powered By EDIS. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AG332> (09,10,2025).
- Alba-Avila J. A. (2000).** Dinámica estacional del valor nutritivo y cinética ruminal de la planta completa, hojas y tallos del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris L.*) así como los híbridos nueces y llano. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Álvarez H. A., Ochoa J. M., Ponce O. C., Morales C. R., y Corrales R. (2020).** Atributos agronómicos, composición nutricional y su relación en genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*). *Revista Científica Semestral. Investigación, Desarrollo e Innovación*. 3(2). p. 285.
- Álvarez-Lopezello J., Rivas-Manzano I. V., Aguilera-Gómez L. I., y González-Ledesma, M. (2016).** Diversidad y estructura de un pastizal en El Cerrillo, Piedras Blancas, Estado de México, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(3), 980-989.
- Arévalo JR, Encina-Domínguez JA, Juanes-Márquez S., Álvarez-Vázquez P., Nuñez-Colima JA, y Mellado M. (2021).** Restauración de pastizales invadidos por *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth después de 12 años de abandono agrícola (Coahuila, México). *Agricultura*, 11 (9), 886. <https://doi.org/10.3390/agriculture11090886>
- Bach Á. y Calsamiglia S. (2006).** La fibra en los rumiantes: ¿Química o física?. IRTA- Unidad de Rumiantes. Universidad Autónoma de Barcelona. p 99-113.
- Barbosa M. M., Detmann E., Valadares S. C., Detmann K. S., Franco M. O., Batista E. D., & Rocha G. C. (2017).** Evaluation of methods for the quantification of ether extract contents in forage and cattle feces. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89, 1295-1303. [10.1590/0001-3765201720160708](https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160708).
- Bengtsson J., Bullock J. M., Egoh B., Everson C., Everson T., O'Connor T., O'Farrell P. J., Smith H. G., & Lindborg R. (2019).** Grasslands—more

- important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*, 10(2).
<https://doi.org/10.1002/ecs2.2582>.
- Carmona E. O., Carmona J. G., y Solarte W. N. (2012).** Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. *Revista Veterinaria Y Zootecnia (On Line)*, 6(1), 87–97.
<https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/4450>.
- Del Bianco P. B., De Campos S. V. F., Zanetti D., Silva F. F. E., De Castro B. S., Meneguelli H. A., Vieira J. M. P., Carneiro M. V. p., Pucetti P., Menezes A. C. B., De Sales F. A. S., Artuzo L. G., & Alvarenga S. S. (2019).** Prediction of in vivo organic matter digestibility of beef cattle diets from degradation parameters estimated from in situ and in vitro incubations. *The Journal Of Agricultural Science*, 157(9-10), 711-720.
<https://doi.org/10.1017/s0021859620000180>.
- Del Toro, J., (2020).** Análisis bromatológico del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) fertilizado con tres diferentes fórmulas npk: 15-15-15, 17-17-17 o 20-10-10. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Repositorio UAAAN.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47665>.
- Despal N., Manik D. T. P., Evvyernie D., & Zahera R. (2022).** The accuracy of several in vitro methods in estimating in vivo digestibility of the tropical dairy ration. *IOP Conference Series Earth And Environmental Science*, 951(1), 012012.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/951/1/012012>.
- Elgersma A., Ellen G., Van Der Horst H., Muuse B. G., Boer H., & Tamminga S. (2003).** Influence of cultivar and cutting date on the fatty acid composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Grass and Forage Science*, 58(3), 323-331. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2003.00384.x>
- Erazo D. A. (2024).** Estudio del contenido de proteína, minerales, vitaminas y materia seca en los forrajes más utilizados como alimento para bovinos en la costa ecuatoriana. Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Fernández M., (2012).** Función de la fibra en la alimentación. Nutrición. Vacuno de leche. Mundo ganadero. Consultado el 28 de octubre del 2025. Disponible en:

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_MG%2FMG_2012_245_60_64.pdf

- Flores A. A. (2023).** Determinación del Extracto Etéreo (Lípidos) para balanceado animal. *Práctica Disciplinar*. | EÑENGI. EÑENGI. Consultado el 28 de octubre del 2025. Disponible en: <https://enengiedublog.com/determinacion-del-extracto-etereo-lipidos-para-balanceado-animal-practica-disciplinar/>.
- García J. E., Cruz C., y Sosa M. A. (2025).** Manual de prácticas de la materia de principios de nutrición. Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- García-Cervantes D., Gutiérrez-Bañuelos H., Reveles-Torres L. R., Muro-Reyes A., Gutiérrez-Piña F. J., Echavarría-Chairez F. G., Espinoza-Canales A., y Sánchez-Gutiérrez R. A. (2023).** Perfil bromatológico y nutricional de Dalea bicolor (Willdenow) en regiones semiáridas de Zacatecas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(3), 321–325. <https://doi.org/https://doi.org/10.35196/rfm.2023.3.321>
- Glasser F., Doreau M., Maxin G., & Baumont R. (2013).** Fat and fatty acid content and composition of forages: A meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 185, 19-34. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2013.06.010>.
- González-García U. ., Corona-Gochi L., Estrada-Flores J. ., Abarca-Amesquita D., y González-Ronquillo M. (2017).** Digestión ruminal e intestinal del maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) utilizando diferentes técnicas de digestibilidad (*In vivo*, *In vitro* e *In sacco*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(1), 183–194. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93952506003.pdf>
- González-García H., Sánchez-Maldonado A., Sánchez-Muñoz A. J., Orozco-Erives A., y González-Morita J. A. (2017).** Valor nutritivo del zacate rosado (*Melinis repens*) y del zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) en Chihuahua. *Ciencia de la frontera: revista de ciencia y tecnología e la UACJ*. 15. 7-14.
- Hancock D., Bernard J. K., Stewart L., Saha U. K., & Smith B. (2025).** Understanding and Improving Forage Quality. CAES Field Report.

<https://fieldreport.caes.uga.edu/publications/B1425/understanding-and-improving-forage-quality/>.

- Hao Y., Huang S., Liu G., Zhang J., Liu G., Cao Z., Wang Y., Wang W. & Li S. (2021).** Effects of Different Parts on the Chemical Composition, Silage Fermentation Profile, In Vitro and In Situ Digestibility of Paper Mulberry. *Animals*, 11(2), 413. <https://doi.org/10.3390/ani11020413>.
- Haro J. M. (2002).** Consumo Voluntario de Forraje por Rumiantes en Pastoreo. *Acta Universitaria*, 12(3), 56-63. <https://doi.org/10.15174/au.2002.283>.
- Herrera R., Fortes D., García M., Cruz A. M., y Romero A. (2008).** Estudio de la composición mineral en variedades de *Pennisetum purpureum*. *Revista Cubana de Ciecía Agrícola*, 42(4), 395–401. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015490011>.
- Hervert F. (2025).** Acumulación de materia seca y perfil nutricional de zacate picoso (*Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth) posterior a eventos de apacentamiento. Tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p. 13-43.
- Holden L. A. (1999).** Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science*, 82(8), 1791–1794. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3).
- Hoppe K. & Carlson Z. (2023).** Quality Forage series: Forage Nutrition for Ruminants. NDSU Agriculture. <https://www.ndsu.edu/agriculture/extension/publications/quality-forage-series-forage-nutrition-ruminants>
- Jaramillo O. y Seberino O. (2015).** Composición química, valor nutritivo y cinética de degradación in-vitro del *Pennisetum purpureum* var. CT-115 cosechada a tres intervalos de corte. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Del Estado De México. <https://files.core.ac.uk/download/80533385.pdf#:~:text=voluntario%20del%20forraje%20y%20su%20digestibilidad%2C%20y,por%20su%20contenido%20de%20nutrientes%20y%20el>.

- Juanes-Márquez S., y Encina-Domínguez J. A. (2021).** Caracterización ecológica de un zacatal de *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth, donde se aplicó corte y herbicida en el Rancho los Ángeles, Coahuila, México. Tesis maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p. 2-4. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/47690>.
- Juanes-Márquez S. (2025).** Calidad de forrajes. (Manuscrito no publicado). Examen Predoctoral. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Juanes-Marquez S., Álvarez-Vázquez P., Mellado-Bosque M., Encina-Domínguez J. A., Pedroza-Sandoval A., y Cadena-Zapata M. (2025).** Changes in the plant composition of an *Amelichloa clandestina* (Hack.) grassland after non-selective grazing. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 53(3), 14567-14567. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1459>.
- Juanes-Márquez S., Encina-Domínguez J. A., Torres-Mora M., Mellado-Bosque M., Álvarez-Vázquez P., & Lara-Reimers E. A. (2024).** Effect of cutting, burning and herbicide application on the structure and species diversity of an *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth grassland in the Chihuahuan Desert. *Revista Bio Ciencias*, 11. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1459>.
- Jurado-Guerra P., Velázquez-Martínez M., Sánchez-Gutiérrez R. A., Álvarez-Holguín A., Domínguez-Martínez P. A., Gutiérrez-Luna R., y Chávez-Ruiz M. G. (2021).** Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12, 261-285. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875>
- Kumar R., Joshi R., Kumar R., Srivatsan V., Satyakam N., Chawla A., Patial V., & Kumar S. (2022).** Nutritional quality evaluation and proteome profile of forage species of Western Himalaya. *Grassland Science*, 68(3), 214-225. <https://doi.org/10.1111/grs.12357>.
- Lachmann M., y Febres O. A. (1999).** La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. Universidad de Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracaibo-Venezuela.

- Lee M. A. (2018).** A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. *Journal of plant research*, 131(4), 641-654. <https://doi.org/10.1007/s10265-018-1024-y>.
- Lemaire G., y Belanger G. (2020).** Alometrías en plantas como impulsores del valor nutritivo del forraje: una revisión. *Agricultura*, 10(1), 5. <https://doi.org/10.3390/agriculture10010005>
- Lizarazo-Ortega C., Rodríguez-Castillejos G., Bernal-Barragán H., Gutiérrez-Ornelas E., Olivares-Sáenz E., y Hernández-Mendoza J. L. (2024).** Efecto del pastoreo, corte y riego en la producción y valor nutritivo de zacate Buffel. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 15(3), 602-615. Epub 22 de noviembre de 2024. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i3.5702>.
- Lochab A., & Extavour C. (2017).** Bone Morphogenetic Protein (BMP) signaling in animal reproductive system development and function. *Developmental biology*, 427 2, 258-269. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2017.03.002>
- Lopes H. F., De Oliveira Simões Saliba E., Ferreira L. R., Da Mota E Silva C. R., y Silva F. A. E. (2023).** Digestibilidade Aparente e Consumo Determinados in vivo por Indicadores Externos em Bovinos. *Ensaio E Ciência C Biológicas Agrárias E Da Saúde*, 27(2), 184-191. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2023v27n2p184-191>.
- Martínez A. L., Pérez M., Pérez L., Gómez G. y Carrión D. (2011).** Efecto de las fuentes de grasa sobre la digestión de la fibra en los rumiantes. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 12(7), 1-21. <http://hdl.handle.net/10396/8391>
- Martínez J. R., Jáquez J. A., Martínez Y. B., Vázquez F. A., Torres S. P., y Rivera L. D. (2024).** Perfil de ácidos grasos de arbustos forrajeros en el norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(1), e3617. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3617>.
- Márquez-Godoy J. N., Corrales-Lerma R., Álvarez-Holguín A., Villarreal-Guerrero F., Santellano-Estrada E., Pinedo-Álvarez A., y Morales-Nieto C. R. (2022).** Diversidad morfológica y nutricional de poblaciones de pasto lobero

- (*Muhlenbergia phleoides* [Kunth] Columbus) en Chihuahua, México. *Acta universitaria*, 32.
- Mc Donald P, Edwards R. A, Greenhalgh TFD y Morgan C. A. (2002).** Nutrición animal 6º ed. Editorial Acribia, Zaragoza España. 245-248, 421-428 p.
- Miranda F. & Hernández X, E. (1963).** Los tipos de vegetación de México y su clasificación. (1963). *Ciencias botánicas*, 28, 29-179. <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>
- National Academies Press (US). (2021).** *Dry matter intake*. Nutrient Requirements Of Dairy Cattle - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK600610/>.
- Nava-Berumen C. A., Rosales-Serna R., Jiménez-Ocampo R., Carrete-Carreón F. Ó., Domínguez-Martínez P. A., y Murillo-Ortiz M. (2017).** Rendimiento y valor nutricional de tres variedades de sorgo dulce cultivadas en cuatro ambientes de Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(2), 147-155. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4426>.
- Ndiaye J., Obour A., Harmoney K., Diouf D., Faye A., Diamé L., Fall D., & Assefa Y. (2023).** Predicting Nutritional Quality of Dual-Purpose Cowpea Using NIRS and the Impacts of Crop Management. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151612155>.
- Newman Y., Lambert B., & Muir J. (2024).** Defining forage quality. <https://oaktrust.library.tamu.edu/server/api/core/bitstreams/1d1225f5-15da-4296-8ba1-ba1973902d60/content>.
- Niedbała G., Wróbel B., Piekutowska M., Zielewicz W., Paszkiewicz-Jasińska A., Wojciechowski T. y Niazian M. (2022).** Aplicación del análisis de sensibilidad de redes neuronales artificiales para la preidentificación de factores altamente significativos que influyen en el rendimiento y la digestibilidad de la pradera en las condiciones climáticas de Polonia Central. *Agronomía*, 12 (5), 1133. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051133>.
- Oelberg K. (1956).** Factors Affecting the Nutritive Value of Range Forage. *Journal of Range Management*, 9, 220-225. <https://doi.org/10.2307/3894056>.

- Oliva G. E. (2016).** Pastizales naturales: una perspectiva global. *In VII Congreso Nacional de Manejo de Pastizales Naturales X Encuentro de Ganaderos del Pastizal.* p. 14.
- Ortiz P., 2010.** Valor nutritivo de la dieta de jirafas (*Giraffa camelopardalis*) del zoológico de Chapultepec. Tesis licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. p. 15-22.
- Parga J., Teuber N., Balocchi O., Anwandter V., Canseco C., Abarzúa A., Lopetegui J. y Demanet R. (2007).** Manejo del Pastoreo. Capítulo 5. Comportamiento del animal en pastoreo. P. 69-89
- Parsi J., Godio L., Miazzi R., Maffioli R., Echeverría A., y Provencal, P. (2001).** Valorización nutritiva de los alimentos y formulación de dietas.
- Pérez L. (2022).** Componentes del rendimiento y valor nutricional del ensilaje de dos cultivos de sorgo forrajero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Perrusquía-Tejeda V. (2021).** Determinación de la producción de gas *in vitro* y valor nutricional de forrajes y suplementos para ovinos y caprinos. Tesis de maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/22222/1/1080315293.pdf>.
- Plata F., Ebergény S., Resendiz J., Villarreal O., Bárcena R., Viccon J., y Mendoza G. (2009).** Palatabilidad y composición química de alimentos consumidos en cautiverio por el venado cola blanca de Yucatán (*Odocoileus virginianus yucatanensis*). *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41(2). <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2009000200005>.
- Quintana-García J. F., y Álvarez-Vázquez P. (2023).** El uso de los pastizales en la ganadería. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p. 3. Disponible en <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-uaaan-mx-123456789-49107/Description>
- Raffrenato E., & Van Amburgh M. (2011).** Technical note: improved methodology for analyses of acid detergent fiber and acid detergent lignin. *Journal of dairy science*, 94 7, 3613-7. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3701>.

- Rodríguez N. M., Saliba E. O., y Guimarães-Júnior R. (2007).** Uso de indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(4), 12.
- Rosales R. B., Pinzón S. S. (2005).** Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Ciencia y tecnología agropecuaria*, 6(1), 69-82.
- Reyes N., Mendieta B., Fariñas T., Mena M., Cardona J. y Pezo D. 2013.** Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino. Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP).
- Russell M. L., & Landers Jr. R. (2017).** Mexican needlegrass. Texas A&M AgriLife Extension Service, Pp 1-3.
- Rzedowski J., 2006.** 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. P. 225-246.
- Shi R., Dong S., Mao J., Wang J., Cao Z., Wang Y., Li S. y Zhao G. (2023).** Dietary Neutral Detergent Fiber Levels Impacting Dairy Cows' Feeding Behavior, Rumen Fermentation, and Production Performance during the Period of Peak-Lactation. *Animals*, 13(18), 2876. <https://doi.org/10.3390/ani13182876>.
- Shimada M.A. (2009).** Nutrición animal, 2ª ed, Editorial Trillas, México D.F; 397.
- Sinchipa O. A., Cárdenas F. R., y Paspuel C. F. (2023).** Valor nutricional y producción de los principales cultivos forrajeros en el cantón Guaranda – Bolívar - Ecuador. *Tesla Revista Científica*, 3(2), e192. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e192>.
- Torres D. (2021).** Descripción De Los Pastos Navahita (*Bouteloua gracilis* L.) y Banderita (*Bouteloua curtipendula* L.) Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47912>.
- Trujillo A. I., Marichal M. de J., & Carriquiry M. (2010).** Comparison of dry matter and neutral detergent fibre degradation of fibrous feedstuffs as determined with in situ and in vitro gravimetric procedures. *Animal Feed Science and Technology*, 161(1–2), 49–57. 90 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.08.001>
- Valenciaga D., Castro B. I., Hernández Y., La O., González H., Orozco A., y Bernal H. (2012).** Composición química, degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad

in vitro de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(1), 47-53.

Vogel K. P., Pedersen J. F., Masterson S. D., & Toy J. J. (1999). Evaluation of a Filter Bag System for NDF, ADF, and IVDMD Forage Analysis. *Crop Science*, 39(1), 276-279. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183x003900010042x>.

Zewdie A. K. (2019). The different methods of measuring feed digestibility: A review. *EC Nutrition*, 14(1), 68-74. <https://ecronicon.net/assets/ecnu/pdf/ECNU-14-00542.pdf>.

Zhang H., & Rocateli A. (2017). Forage Quality Analysis Results from the Soil, Water & Forage Analytical Laboratory at Oklahoma State University. In *Oklahoma Cooperative Extension Fact Sheets*. Oklahoma Cooperative Extension Service. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, Oklahoma State University. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/pss/forage-quality-interpretations-pss-2117.pdf>.

Zhang Z., Li P., Liu L., Zhang S., Li J., Zhang L., & Li D. (2020). Ether extract and acid detergent fibre but not glucosinolates are determinants of the digestible and metabolizable energy of rapeseed meal in growing pigs. *Journal of Applied Animal Research*, 48, 384 - 389. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1806072>.

VIII. ANEXOS

Tabla 1. Materia Seca Total (MST) de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre-pastoreo y pos-pastoreo PINS (Días Después del Rebrote), a diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila, México.

| Estación | PREP | MDR | \bar{x} | Pr > F | EEM | DMS |
|-------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------|-----|-----|
| Invierno* | 96.3 ^{Ba} | 92.8 ^{Bb} | 94.6 ^B | 0.00 | 0.2 | 0.2 |
| Primavera** | 97.4 ^{Aa} | 93.1 ^{Bb} | 95.3 ^B | 0.00 | 0.6 | 0.9 |
| Verano*** | 97.8 ^{Aa} | 95.0 ^{Ab} | 96.4 ^A | 0.00 | 0.3 | 0.4 |
| \bar{x} | 97.2 ^a | 93.6 ^b | 95 | <.0001 | 0.0 | 0.0 |
| Pr > F | 0.00 | <.0001 | 0.01 | | | |
| EEM | 0.3 | 0.3 | 0.5 | | | |
| DMS | 0.5 | 0.5 | 0.8 | | | |

Valores seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y valores con la misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). Meses después del rebrote (MDR) tomados para el análisis bromatológico: *16, 17 y 18 (invierno); **13, 14 y 15 (primavera); ***16, 17 y 18 (verano). PREP= Muestras antes del pastoreo. \bar{x} = Promedio, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima significativa.

Tabla 2. Humedad (H) de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre-pastoreo y pos-pastoreo PINS (Días Después del Rebrote), a diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila, México.

| Estación | PREP | MDR | \bar{x} | Pr > F | EEM | DMS |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|--------|-----|-----|
| Invierno* | 4.2 ^{Ab} | 7.2 ^{Aa} | 5.7 ^A | <.0001 | 0.2 | 0.4 |
| Primavera** | 2.5 ^{Bb} | 6.9 ^{Aa} | 4.7 ^B | 0.00 | 0.3 | 0.5 |
| Verano*** | 2.2 ^{Cb} | 4.9 ^{Ba} | 3.6 ^C | <.0001 | 0.2 | 0.3 |
| \bar{x} | 3.1 ^b | 6.3 ^a | 4.7 | <.0001 | 0.1 | 0.2 |
| Pr > F | <.0001 | 0.00 | <.0001 | | | |
| EEM | 0.1 | 0.4 | 0.1 | | | |
| DMS | 0.1 | 0.6 | 0.3 | | | |

Valores seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y valores con la misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). Meses después del rebrote (MDR) tomados para el análisis bromatológico: 16, 17 y 18 (invierno*); 13, 14 y 15 (primavera**); 16, 17 y 18 (verano***). PREP= Muestras antes del pastoreo, \bar{x} = Promedio, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima significativa. PINS = Pastoreo Intensivo No Selectivo.

Tabla 3. Cenizas (C) de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre-pastoreo y pos-pastoreo PINS (Días Después del Rebrote), a diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila, México.

| Estación | PREP | MDR | \bar{X} | PR > F | EEM | DMS |
|-------------|--------------------|---------------------|------------------|--------|-----|-----|
| Invierno* | 10.0 ^{Aa} | 9.4 ^{Ba} | 9.7 ^A | 0.64 | 0.9 | 1.4 |
| Primavera** | 8.3 ^{Bb} | 11.1 ^{Aa} | 9.7 ^B | 0.07 | 1.2 | 1.8 |
| Verano*** | 7.7 ^{Bb} | 10.3 ^{ABa} | 9.0 ^B | 0.64 | 0.8 | 1.2 |
| \bar{X} | 8.7 ^b | 10.3 ^a | 9.5 | <.0001 | 0.0 | 0.0 |
| PR > F | 0.21 | 0.34 | 0.21 | | | |
| EEM | 1.0 | 1.2 | 1.0 | | | |
| DMS | 1.6 | 1.9 | 1.6 | | | |

Valores seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y valores con la misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). Meses después del rebrote (MDR) tomados para el análisis bromatológico: 16, 17 y 18 (invierno*); 13, 14 y 15 (primavera**); 16, 17 y 18 (verano***). PREP= Muestras antes del pastoreo, \bar{x} = Promedio, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima significativa. PINS = Pastoreo Intensivo No Selectivo.

Tabla 4. Proteína Cruda (PC) de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre-pastoreo y pos-pastoreo PINS (Días Después del Rebrote), a diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila, México.

| Estación | PREP | MDR | \bar{x} | Pr > F | EEM | DMS |
|-------------|-------------------|--------------------|------------------|--------|-----|-----|
| Invierno* | 7.7 ^{Ab} | 10.3 ^{Aa} | 9.0 ^A | <.0001 | 0 | 0 |
| Primavera** | 6.4 ^{Aa} | 4.7 ^{Bb} | 5.6 ^A | 0.04 | 0.4 | 1.4 |
| Verano*** | 5.1 ^{Aa} | 4.2 ^{Ba} | 4.7 ^A | 0.76 | 1.2 | 4.3 |
| \bar{x} | 6.4 ^a | 6.4 ^a | 6.4 | 0.31 | 0.4 | 1.4 |
| Pr > F | 0.41 | 0.05 | 0.14 | | | |
| EEM | 1.5 | 1.6 | 1.5 | | | |
| DMS | 4.5 | 4.7 | 4.5 | | | |

Valores seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y valores con la misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). Meses después del rebrote (MDR) tomados para el análisis bromatológico: 16, 17 y 18 (invierno*); 13, 14 y 15 (primavera**); 16, 17 y 18 (verano***). PREP= Muestras antes del pastoreo, \bar{x} = Promedio, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima significativa. PINS = Pastoreo Intensivo No Selectivo.

Tabla 5. Digestibilidad (Dig) de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre-pastoreo y pos-pastoreo PINS (Días Después del Rebrote), a diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila, México.

| Estación | PREP | MDR | \bar{x} | Pr > F | EEM | DMS |
|-------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------|------|------|
| Invierno* | 30.0 ^{Ab} | 38.4 ^{Aa} | 34.2 ^A | 0.09 | 2.0 | 7.1 |
| Primavera** | 23.9 ^{Bb} | 35.2 ^{Aa} | 29.5 ^A | 0.01 | 1.0 | 3.7 |
| Verano*** | 23.1 ^{Ba} | 40.7 ^{Aa} | 31.4 ^A | 0.45 | 13.2 | 46.6 |
| \bar{x} | 25.6 ^a | 38.1 ^a | 31.8 | 0.17 | 4.1 | 14.5 |
| Pr > F | 0.02 | 0.72 | 0.58 | | | |
| EEM | 1.5 | 10.2 | 4.8 | | | |
| DMS | 4.5 | 29.9 | 13.9 | | | |

Valores seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y valores con la misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Meses después del rebrote (MDR) tomados para el análisis bromatológico: 16, 17 y 18 (invierno*); 13, 14 y 15 (primavera**); 16, 17 y 18 (verano***). PREP= Muestras antes del pastoreo, \bar{x} = Promedio, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima significativa. PINS = Pastoreo Intensivo No Selectivo.

Tabla 6. Extracto Etéreo (EE) de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre-pastoreo y pos-pastoreo PINS (Días Después del Rebrote), a diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila, México.

| Estación | PREP | MDR | \bar{x} | Pr > F | EEM | DMS |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|--------|-----|-----|
| Invierno* | 4.9 ^{Aa} | 2.8 ^{Aa} | 3.9 ^A | 0.31 | 0.5 | 2.4 |
| Primavera** | 4.1 ^{Aa} | 2.3 ^{Ba} | 3.2 ^A | 0.25 | 1.0 | 3.7 |
| Verano*** | 2.5 ^{Aa} | 2.7 ^{Aa} | 2.6 ^A | 0.53 | 0.4 | 1.4 |
| \bar{x} | 3.8 ^a | 2.6 ^a | 3.2 | 0.35 | 0.4 | 1.4 |
| Pr > F | 0.00 | <.0001 | 0.25 | | | |
| EEM | 1.0 | 0.0 | 0.5 | | | |
| DMS | 3.0 | 0.0 | 1.6 | | | |

Valores seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y valores con la misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). Meses después del rebrote (MDR) tomados para el análisis bromatológico: 16, 17 y 18 (invierno*); 13, 14 y 15 (primavera**); 16, 17 y 18 (verano***). PREP= Muestras antes del pastoreo, \bar{x} = Promedio, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima significativa. PINS = Pastoreo Intensivo No Selectivo.

Tabla 7. Fibra Cruda (FC) de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre-pastoreo y pos-pastoreo PINS (Días Después del Rebrote), a diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila, México.

| Estación | PREP | MDR | \bar{x} | Pr > F | EEM | DMS |
|-------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------|-----|-----|
| Invierno* | 32.5 ^{Ba} | 34.2 ^{Ca} | 33.3 ^B | 0.20 | 0.8 | 2.8 |
| Primavera** | 37.2 ^{Aa} | 35.0 ^{Ba} | 36.1 ^A | 0.12 | 0.8 | 2.8 |
| Verano*** | 38.1 ^{Aa} | 39.0 ^{Aa} | 38.5 ^A | 0.69 | 1.2 | 4.3 |
| \bar{x} | 35.9 ^a | 36.1 ^a | 36.0 | 0.17 | 0.4 | 1.4 |
| Pr > F | 0.03 | 0.00 | 0.03 | | | |
| EEM | 1.2 | 0.5 | 0.8 | | | |
| DMS | 3.4 | 1.5 | 2.5 | | | |

Valores seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y valores con la misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Meses después del rebrote (MDR) tomados para el análisis bromatológico: 16, 17 y 18 (invierno*); 13, 14 y 15 (primavera**); 16, 17 y 18 (verano***). PREP= Muestras antes del pastoreo, \bar{x} = Promedio, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima significativa. PINS = Pastoreo Intensivo No Selectivo.

Tabla 8. Fibra Detergente Ácido (FDA) de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre-pastoreo y pos-pastoreo PINS (Días Después del Rebrote), a diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila, México.

| Estación | PREP | MDR | \bar{x} | Pr > F | EEM | DMS |
|-------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------|-----|-----|
| Invierno* | 67.3 ^{Ca} | 55.7 ^{Bb} | 61.5 ^C | 0.04 | 1.7 | 6.2 |
| Primavera** | 75.4 ^{Ba} | 57.2 ^{Bb} | 66.3 ^B | 0.01 | 1.4 | 5.1 |
| Verano*** | 78.5 ^{Aa} | 63.3 ^{Ab} | 70.9 ^A | 0.01 | 1.0 | 3.7 |
| \bar{x} | 73.7 ^a | 58.7 ^b | 66.2 | 0.00 | 0.7 | 2.4 |
| Pr > F | 0.00 | 0.06 | 0.00 | | | |
| EEM | 0.80 | 2.13 | 1.01 | | | |
| DMS | 2.51 | 6.22 | 3.10 | | | |

Valores seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y valores con la misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). Meses después del rebrote (MDR) tomados para el análisis bromatológico: 16, 17 y 18 (invierno*); 13, 14 y 15 (primavera**); 16, 17 y 18 (verano***). PREP= Muestras antes del pastoreo, \bar{x} = Promedio, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima significativa. PINS = Pastoreo Intensivo No Selectivo.

Tabla 9. Fibra Detergente Neutro (FDN) de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) pre-pastoreo y pos-pastoreo PINS (Días Después del Rebrote), a diferentes estaciones del año en el Sureste de Coahuila, México.

| Estación | PREP | MDR | \bar{x} | Pr > F | EEM | DMS |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|-----|-----|
| Invierno* | 72.1 ^{Ab} | 92.0 ^{Aa} | 82.1 ^B | 0.00 | 0.8 | 2.8 |
| Primavera** | 76.5 ^{Ab} | 91.1 ^{Aa} | 83.8 ^A | 0.04 | 2.1 | 7.5 |
| Verano*** | 76.8 ^{Ab} | 89.9 ^{Aa} | 83.4 ^{AB} | 0.03 | 1.8 | 6.5 |
| \bar{x} | 75.1 ^b | 91.0 ^a | 83.1 | 0.01 | 1.0 | 3.7 |
| Pr > F | 0.10 | 0.20 | <.0001 | | | |
| EEM | 1.6 | 0.9 | 0.6 | | | |
| DMS | 4.7 | 2.8 | 1.9 | | | |

Valores seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y valores con la misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). Meses después del rebrote (MDR) tomados para el análisis bromatológico: 16, 17 y 18 (invierno*); 13, 14 y 15 (primavera**); 16, 17 y 18 (verano***). PREP= Muestras antes del pastoreo, \bar{x} = Promedio, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima significativa. PINS = Pastoreo Intensivo No Selectivo.