

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



**Comparación productiva de especies forrajeras en la estación de
verano**

Por:

YATZURI GALTICHE JIMENEZ

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para
Obtener El Título De:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, diciembre del 2025.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**Comparación productiva de especies forrajeras en la estación de
verano**

POR:

Yatzuri Galmich Jiménez

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

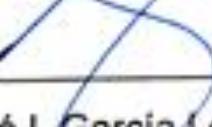
Aprobada por:



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Director



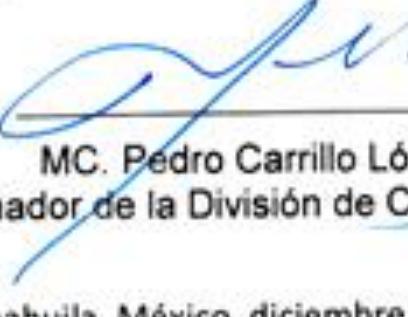
Dr. Antonio Flores Naveda
Asesor



Dr. Josué I. García López
Asesor



MC. Alan E. Fuentes Huerta
Asesor



MC. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, diciembre del 2023.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, diciembre de 2025.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "Comparación productiva de cinco especies forrajeras en la estación de verano" 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 plágio en el texto o que 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 del mismo, ni a un nuevo envío.

Yatzuri Galmich Jiménez



Nombre

Firma

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme lograr mis objetivos y darme la bendición cumplir mis sueños, guiándome en mis decisiones y convertirme en la persona que me he convertido.

A quien elegí como mi compañero de vida "mi esposo" Servando Reyes Basurto que me ha brindado, confianza, ayuda en cada momento, formando parte importante de esta etapa y ser mi fortaleza para seguir a delante siempre.

A mi padre Dionisio Galmich Rosas por enseñarme a trabajar con dedicación, por inculcarme valores y ser mi motivación de que todo se puede lograr.

A mi madre Esmilda Jiménez Martínez por darme la vida, respetar mis decisiones y estar presente en cada momento a pesar de la distancia.

Al Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez por confiar en mí, ayudarme en el proceso de mi proyecto a titulación, resolver mis dudas, aportando buenas ideas y consejos.

DEDICATORIA

En memoria a mi mejor amiga de la infancia Jaquelin Bernal Pérez que ahora descansa en un lugar de paz, cuya presencia marco mi vida con alegría y cariño. Aunque ya no puedes acompañarme en este logro, tu recuerdo sigue siendo una fuente de inspiración y fortaleza. Uno de sus sueños fue verme lograr obtener un título universitario.

A mis padres por ser mi ejemplo, por enseñarme a ser fuerte, perseverante y humilde, quienes con cada sacrificio iluminaron mi camino. Este logro también es de ustedes por ser mi inspiración de querer superarme sin importar las circunstancias de la vida. Gracias por creer en mí, incluso cuando yo dudaba.

A mi esposo que es mi compañero de vida, por estar a mi lado en cada paso de este camino. Gracias por tus palabras de aliento, por tu ayuda incondicional, por tus abrazos en los momentos de cansancio y por celebrar conmigo cada avance. Este logro es un reflejo del camino que hemos construido juntos con el transcurso de los años.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. OBJETIVOS	4
1.1.1. Objetivo general	4
1.1.2 Objetivos específicos	4
1.2. HIPÓTESIS	4
I. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Características de las especies evaluadas	5
2.1.1 Alfalfa (<i>Medicago sativa L.</i>).....	5
2.1.2 El trébol rojo (<i>Trifolium pratense L.</i>).....	6
2.1.3 Pasto ovillo (<i>Dactylis glomerata L.</i>).....	7
2.1.4 El Trébol blanco (<i>Trifolium repens L.</i>)	7
2.1.5 Pasto pata de gallo (<i>Cynodon dactylon L.</i>)	8
2.2 Factores que afectan el desarrollo y la productividad de una pradera	9
2.2.1 Densidad de plantas	9
2.2.2 Composición botánica.....	10
2.2.3 Suelo.....	10
2.2.4 Temperatura	10
2.2.5 Precipitación o disponibilidad de humedad.....	11
2.3 Factores que influyen en la capacidad de rebrote.....	11
2.3.1 Frecuencia e intensidad de cosecha.....	12
2.3.2 Reserva de carbohidratos	14
2.3.3 Índice de área foliar	15
2.3.4 Meristemos de crecimiento	15
2.3.5 Radiación solar e intercepción luminosa.....	17
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 Ubicación geográfica del área de estudio	18
3.2 Diseño experimental y tratamientos	19

3.3 Variables medidas.....	20
3.3.1 Rendimiento de materia seca	20
3.3.2 Composición botánica y morfológica	20
3.3.3 Relación hoja/tallo.....	21
3.3.4 Altura de planta.....	21
3.3.5 Porcentaje de luz interceptada.....	22
3.4 Análisis estadístico.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1 Rendimiento de forraje	24
4.2 Composición botánica y morfológica.....	25
4.3 Relación:hoja/tallo	27
4.4 Altura de planta	28
4.5 Altura de planta con plato.....	29
4.6 Radiación luminosa.....	30
V. CONCLUSIONES.....	31
VI. LITERATURA CITADA	32
ANEXOS.....	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la precipitación y temperatura promedio, mínima y máxima mensual registradas durante el periodo de estudio del 01 de junio al 30 de septiembre del 2024 (Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos-RUOA UNAM-UAAAN).	18
.....	
Figura 2. Diseño experimental de las praderas ubicadas en terrenos de la Universidad autónoma agraria Antonio narro, conocido como (el bajío) en el sureste de Saltillo, Coahuila.....	19
Figura 3. Distribución de RMS (Rendimiento de materia seca; kg MS ha ⁻¹) de los cultivares: TR= trebol rojo (<i>Trifolium pratense L.</i>), TB=trébol blanco (<i>Trifolium repens L.</i>), AA=alfalfa (<i>Medicago sativa L.</i>), PO=pasto ovillo (<i>Dactylis glomerata L.</i>) y CD=pa y CD=pasto pata de gallo (<i>Cynodon dactylon L.</i>). Literales minúsculas iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$; Tukey).....	24
Figura 4. Descripción de la composición morfológica de los cinco cultivares: TR=Trebol rojo (<i>Trifolium pratense L.</i>), TB=trébol blanco (<i>Trifolium repens L.</i>), AA=alfalfa (<i>Medicago sativa L.</i>), PO=pasto ovillo (<i>Dactylis glomerata L.</i>) y CD=pasto pata de gallo (<i>Cynodon dactylon L.</i>). Literales minúsculas iguales entre mismo componentes de los diferentes cultivares, no son diferentes estadísticamente ($p<0.05$; Tukey)...26	
Figura 5. Distribución relación:hoja/tallo de los cinco cultivares en estación de verano, identificados como: TR=trebol rojo (<i>Trifolium pratense L.</i>), TB=trébol blanco (<i>Trifolium repens L.</i>), AA=alfalfa (<i>Medicago sativa L.</i>), PO=pasto ovillo (<i>Dactylis glomerata L.</i>) y CD=pasto pata de gallo (<i>Cynodon dactylon L.</i>). Literales minúsculas iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$; Tukey).....27	
Figura 6. Distribución de Altura con regla de los cultivares en cm de los siguientes cultivares identificados como: TR=trebol rojo (<i>Trifolium pratense L.</i>), TB=trébol blanco (<i>Trifolium repens L.</i>), AA=alfalfa (<i>Medicago sativa L.</i>), PO=pasto ovillo (<i>Dactylis glomerata L.</i>) y CD=pasto pata de gallo (<i>Cynodon dactylon L.</i>). Literales minúsculas iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$; Tukey).....28	
Figura 7. Distribución de altura con plato en cm de los cultivares: <i>TR=Trebol rojo (Trifolium pratense L.)</i> , <i>TB=trébol blanco (Trifolium repens L.)</i> , <i>AA=alfalfa (Medicago</i>	

sativa L.), PO=pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y CD=pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon* L.) en la estación de verano. Literales minúsculas iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$; Tukey).....29

Figura 8. Porcentaje de luz interceptada de cinco cultivares: TR=Trebol rojo (*Trifolium pratense* L.), TB=trébol blanco (*Trifolium repens* L.), AA=alfalfa (*Medicago sativa* L.), PO=pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y CD=pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon* L.) en la estación de verano. Literales minúsculas iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$; Tukey).....30

INDICE DE CUADRO

Cuadro 1. Variables determinadas en cinco cultivares: Alfalfa (AA) pata de gallo (CY), ovillo (PO), trébol rojo (TR) y trébol blanco (TB) con tres repeticiones cada uno de los cultivares, en el sureste de Coahuila, México en la estación de verano del año 2024.	39
.....	39
Cuadro 2. Componentes morfológicos expresados en porcentaje (%) de aportación al rendimiento total de forraje de una pradera de cinco cultivares en el sureste de Coahuila, México, en la estación de verano del año 2024.....	40
Cuadro 3. Componentes morfológicos expresados en porcentaje (kg MS ha ⁻¹) de aportación al rendimiento total de forraje de una pradera de cinco cultivares en el sureste de Coahuila, México, en la estación de verano del año 2024.	41

RESUMEN

El objetivo de este estudio, fue determinarla producción de forraje de cinco cultivares y su comparación, a intervalos de cortes de 35 días de rebrote en la estación de verano. Se utilizó un diseño experimental de bloque al azar, con tres repeticiones. Se midieron las variables de rendimiento de forraje, composición botánica y morfológica, relación:hoja/tallo, altura de planta con regla y plato, e intercepción luminosa. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS 9.4, realizado una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P<0.05$). La mayor producción de forraje se presentó en alfalfa (*Medicago sativa L.*) con 2392 kg MS ha⁻¹ y el menor valor con 705 kg MS ha⁻¹ en pasto ovillo (*Dactylis glomerata L.*). En la composición botánica y morfológica, aportaron en promedio un 82 % la hoja de pasto ovillo (*Dactylis glomerata L.*), seguido por un 54 % de tallo de alfalfa (*Medicago sativa L.*), 14% de inflorescencia de pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*), 4 % de maleza encontrada en el trébol blanco (*Trifolium repens L.*) y 2 % de material muerto del pasto ovillo (*Dactylis glomerata L.*). La relación:hoja/tallo mayor fue en el pasto ovillo (*Dactylis glomerata L.*) con 6.8 y la menor fue de 0.8 de la alfalfa (*Medicago sativa L.*). La menor altura con regla se presentó en pasto ovillo (*Dactylis glomerata L.*) con 22 cm y la mayor la obtuvo el pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*) con 67 cm. Mientras que la mayor y menor altura con el método de plato fue de 14 y 6 cm en alfalfa (*Medicago sativa L.*) y trébol blanco (*Trifolium repens L.*), respectivamente. Así mismo, la especie que interceptó un máximo porcentaje de luz interceptada fue el trebol rojo (*Trifolium pratense L.*) con 89 %, mientras el pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*), obtuvo la menor intercepción con 47 %. En conclusión, la alfalfa produce mayor cantidad de forraje, sin embargo, el pasto ovillo con menor rendimiento tiene mejores características morfológicas, con mayor porcentaje de hoja, así mismo la pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*) es la especie con menor rendimiento y de pobres características morfológicas.

Palabras clave: Rendimiento de forraje, cultivares, y composición botánica-morfológica.

ABSTRAC

The objective of this study was to determine and compare the forage production of five cultivars at 35-day regrowth intervals during the summer season. A randomized complete block design with three replications was used. The following variables were measured: forage yield, botanical and morphological composition, leaf-to-stem ratio, plant height (measured with a ruler and plate), and light interception. Data were analyzed using the SAS 9.4 statistical package, and mean comparisons were performed using Tukey's test ($P<0.05$). The highest forage production was observed in alfalfa (*Medicago sativa L.*) at 2392 kg DM ha⁻¹, and the lowest value, at 705 kg DM ha⁻¹, in orchardgrass (*Dactylis glomerata L.*). In terms of botanical and morphological composition, orchardgrass (*Dactylis glomerata L.*) leaves contributed an average of 82%, followed by alfalfa (*Medicago sativa L.*) stems at 54%, crabgrass (*Cynodon dactylon L.*) inflorescences at 14%, weeds found in white clover (*Trifolium repens L.*) at 4%, and dead orchardgrass (*Dactylis glomerata L.*) material at 2%. The highest leaf-to-stem ratio was observed in orchardgrass (*Dactylis glomerata L.*) at 6.8, while the lowest was alfalfa (*Medicago sativa L.*) at 0.8. The shortest height, measured with a ruler, was observed in orchardgrass (*Dactylis glomerata L.*) at 22 cm, and the tallest was observed in crabgrass (*Cynodon dactylon L.*) at 67 cm. While the highest and lowest heights measured using the plate method were 14 cm and 6 cm for alfalfa (*Medicago sativa L.*) and white clover (*Trifolium repens L.*), respectively. Similarly, red clover (*Trifolium pratense L.*) intercepted the highest percentage of light at 89%, while orchardgrass (*Cynodon dactylon L.*) had the lowest interception at 47%. In conclusion, alfalfa produces the greatest quantity of forage; however, orchardgrass, despite its lower yield, has better morphological characteristics, with a higher percentage of leaves. Similarly, orchardgrass (*Cynodon dactylon L.*) is the species with the lowest yield and poorest morphological characteristics.

Keywords: Forage yield, growth analysis, regrowth days, and botanical and morphological composition.

I. INTRODUCCIÓN

En México se producen al año 5,526,824.00 toneladas de cabezas de ganado bovino con 3,335,167.24 ton de carne, 5,595,644.38 ton de leche, caprinos 68,820.38 ton, ovinos 27,862.27 ton (SIAP 2025). Estas producciones importantes de rumiantes no son suficientes para alimentar 126,014,024 de habitantes en México (INEGI, 2020), por lo cual se requiere incrementar sus rendimientos. Pérez *et al.* (2002) mencionan que los forrajes son muy importantes en la dieta de rumiantes en las unidades ganaderas, y representan un bajo costo en la producción animal. Así mismo, en gran parte de los países latinoamericanos y del mundo, los forrajes constituyen, aproximadamente el 80% del alimento que consumen los rumiantes durante su vida productiva (Gonzales, 1993). A su vez, la producción de forraje está determinada por la interacción de los elementos del clima como la temperatura, radiación solar, precipitaciones y factores edáficos con intervalos de intensidad de defoliación. Al igual que el establecimiento, crecimiento y desarrollo de las plantas están influenciadas por la competencia intra e interespecífica por lo que afecta la actividad fotosintética, flujo de energía, humedad, dióxido de carbono y nutrientes minerales del suelo (Baruch y Finher, 1991). por lo tanto, el establecimiento de praderas puras o asociadas de mayor valor nutritivo y rendimiento de materia seca, es la actividad que permite disminuir los costos de producción en comparación con el uso de dietas balanceadas y asegurar una alta producción animal (Camacho y García, 2002; Gonzales *et al.*, 2004). En estas explotaciones, el objetivo del manejo de praderas, es mantener alta y sostenida producción de forraje de buena calidad durante el año, la cual se puede lograr conociendo el potencial de rebrote de las especies presentes en las praderas y su adaptación a las condiciones ambientales favorables. Así como, el uso de leguminosas solas o asociadas con gramíneas permite mejorar el rendimiento y calidad nutricional del forraje que, a su vez, mejoran las ganancias de peso, producción de leche, y la fertilidad del suelo, por el aporte de nitrógeno atmosférico, así como una mejor intercepción de luz y distribución estacional de la producción de biomasa, (Sanderson, *et al.*, 2005).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Comparar la productividad de los cinco cultivares, en la estación de verano, en praderas ubicadas el sureste de Coahuila.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la producción de materia seca y componentes del rendimiento, de cinco especies forrajeras herbáceas, a un intervalo de corte de 35 días en la estación de verano.
- Determinar relación hoja/tallo, alturas con regla y plato de los cultivos de alfalfa (*Medicago sativa L.*), trébol blanco (*Trifolium repens L.*), trébol rojo (*Trifolium pratense L.*), ovillo (*Dactylis glomerata L.*) y zacate pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*), bajo condiciones edafoclimáticas del sureste de saltillo Coahuila, en verano.

1.2. HIPÓTESIS

- ✓ Existe una diferencia significativa en la producción de materia seca entre las cinco especies forrajeras evaluadas; al menos una de ellas presenta un rendimiento superior bajo condiciones de clima templado seco.
- ✓ Los componentes morfológicos con más presencia será la hoja, seguida del tallo, material muerto, inflorescencia y maleza.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características de las especies evaluadas

2.1.1 Alfalfa (*Medicago sativa L.*)

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, es un cultivo forrajero muy extendido en los países de clima templado, para ser utilizada como un alimento principal del ganado a nivel mundial, es importante por su rendimiento y valor nutricional (Montes *et al.*, 2010). Considerado como un forraje antiguo del cual existen referencias, que se cultivaba hace al menos 5,000 años (Delgado *et al.*, 2015). Es una planta perenne, con crecimiento erecto, tallo poco ramificado con una altura aproximada de 60 a 100 cm, con hojas trifoliadas, un pedicelo intermedio más alargado que los laterales, foliolos ovalados, generalmente sin pubescencia, con márgenes lisos y bordes superiores ligeramente dentados (Muslera y Ratera, 1991). Gaytán-Villegas *et al.*, (2019) reportaron que el rendimiento de algunas variedades de alfalfa fue mayor en la estación de primavera, seguido de invierno y verano, donde el rendimiento menor se registró en otoño.

El rendimiento, crecimiento y persistencia de la pradera, así como calidad del forraje dependen de la frecuencia e intensidad de defoliación y estación del año. Así como la frecuencia de corte determina el valor nutritivo y la morfogénesis del forraje, por lo que definir un esquema de manejo con base en la velocidad de acumulación de biomasa de la alfalfa es fundamental (Aparicio, 2004; Montes, 2016). Además, la edad de rebrote o tiempo de descanso de la pradera a consecuencia afecta la rentabilidad en la producción animal, principalmente en los sistemas de producción de leche (Rojas *et al.*, 2016). Texeira *et al.* (2007) mencionan que la frecuencia de defoliación modifica la tasa de mortalidad y sobrevivencia del rebrote, permitiendo el paso de la radiación a nivel de corona, lo que afecta la tasa de aparición y muerte de tallos, así como la fotosíntesis en las primeras hojas emergidas después de la defoliación. Al igual que, la relación hoja: tallo y en consecuencia la calidad de biomasa es menor con la madurez de la planta, el

tiempo de recuperación entre cortes sucesivos, momento del rebrote, estación del año y las condiciones del ambiente (Gaytán *et al.*, 2019).

2.1.2 El trébol rojo (*Trifolium pratense* L.)

Es una de las leguminosas herbáceas más cultivadas en el mundo, del género *Trifolium*, se caracteriza principalmente por sus hojas compuestas de tres foliolos y por su habilidad de fijar nitrógeno en el suelo. Es la segunda de las leguminosas de forraje más importante de la superficie sembrada después de trébol blanco en el Reino Unido y Nueva Zelanda, y después de la alfalfa en los Estados Unidos. La especie se originó en Asia Menor y en el Suroeste de Europa, cerca del Mar Mediterráneo, y fue cultivada por primera vez en España donde se introdujo varias ocasiones para el norte de Europa, se registró por primera vez en Francia por 1585, en Inglaterra por 1645, y En los Estados Unidos por 1663 (Rattray, 2005; Jiangwen, 2004). Rzedowski (2001), describe a este forraje como una herbácea perenne, con alturas de hasta 60-80 cm, tallo erecto o ascendente, densamente piloso con pelos extendidos hasta de 1 mm de largo; estípulas de 1 a 3 cm de largo, multinervadas.

Los peciolos de hasta 25 cm de largo en las hojas basales, foliolos rómbico-elípticos a obovados, de 1.2 a 4 cm de largos y 0.5 a 2.5 cm de ancho, redondeados en el ápice, enteros a finamente denticulados en el margen, frecuentemente con una mancha clara en forma de V, glabros o pilosos; cabezuela terminal, sésil en medio de las estípulas de 2 hojas superiores, de 2.5 a 3.5 cm de diámetro, involucro ausente o muy reducido; flores sésiles, de 13 a 18 mm de largo; cáliz con 5 dientes subvulados, en la garganta destaca un anillo de pelos rígidos; corola rojo-violácea, aproximadamente dos veces más larga que el cáliz, legumbre ovoide, con una sola semilla. Las inflorescencias son capítulos rosados o violetas, de forma globular u ovoide, que inician en los extremos de los tallos, los frutos son de forma ovoidal y contienen una sola semilla, con forma acorazonada, muy pequeñas y de tonalidades que varían del amarillo al violeta (Muslera y Ratera, 1991).

2.1.3 Pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.)

Cultivado en regiones de clima templado del hemisferio norte: Europa (nativo del oeste y centro de Europa), Asia y Norte de África. En América del Norte se encuentra en Canadá y Estados Unidos. En el hemisferio sur hace presencia en Nueva Zelanda y América del Sur (Chile). El pasto Ovillo es una gramínea perenne con alturas aproximadas de 30 a 150 cm, presenta hojas con lígula larga, inflorescencia en panícula unilateral, alargada a ovada; en ocasiones, con ramas basales separadas del resto y alargadas, espiguillas unidas de la inflorescencia, compuesta con dos glumas o más flores, cada una entre un lema y una palea, glumas y lemas lanceoladas agudas (Aizpuru et al., 1999). Tolerante a la sequía, el calor y la sombra. Se adapta a suelos calizos con presencia de materia orgánica, pero vive mejor en no muy ácidos (pH 6), no sobrevive el encharcamiento, pero tolera la salinidad (Duthil, 1989; Juncafresca, 1983).

Devesh (2005), menciona que el Pasto Ovillo es el forraje perenne de los más cultivados, por ser considerado como apetecible por el ganado y ser resistente al pastoreo. Adaptado a suelos superficiales y ligeros, con buena tolerancia a la sequía, sin embargo, no se desarrolla bien bajo condiciones de inundación. El mayor obstáculo del Pasto Ovillo es su establecimiento lento en praderas, sin embargo, una vez establecido, se convierte en una especie muy persistente.

2.1.4 El Trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

Es una especie nativa de Europa, norte de África, y Asia occidental con distribución cosmopolita. Es una leguminosa (Fabaceae) del género *Trifolium*, que se caracteriza por la formación de hojas compuestas de tres foliolos, y por su habilidad de fijar nitrógeno en el suelo. Rzedowski (2001), menciona que es una planta perenne, con una altura de hasta 40 cm, de porte bajo (alrededor de 20 cm), tallo rastbrero, con raíces en los nudos, muy ramificado, glabro o casi glabro. Las hojas son estípulas ovado-lanceoladas, de 8-15 mm de largo; hojas glabras, con el pecíolo de 5-25 cm de largo, con tres foliolos, casi sésiles, anchamente elíptico-ovados o casi orbiculares, de 1-3 cm de largo, frecuentemente con una marca blanca; ápice redondeado, base cuneada. Hojas alternas, estipuladas, con

pecíolos largos, trifoliadas. Foliolos sub sentados, de ovoides a elípticos, planos y marginados u obtusos por el ápice, finamente dentados, con una mancha blanquecina en el centro (Aizpuru et al., 1999). Inflorescencia de umbela globosa, densa, de 1-2 cm de diámetro, con pedúnculos más largos que las hojas; pedicelos de 1-6 mm de largo, flores de 6-10 mm de largo, cáliz casi glabro, dientes angostos, acuminados, algo más cortos o tan largos como el tubo; corola blanca o rosada, 2-3 veces más larga que el cáliz. Crece en distintos tipos de pH y suelos, pero prefiere los ligeramente arcillosos (Duthil, 1989; Richard et al., 1997). Asu vez las dos principales funciones del trébol blanco en un sistema de pastoreo es aportar nitrógeno al suelo y proveer de alimento de alta calidad al ganado (Brok,Tilbrook 2000).

2.1.5 Pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon* L.)

Es originaria de África, hierba perenne con alturas de 50cm, estolonifera y rizomatosa. Los estolones crecen por encima de la superficie del suelo con una estructura abundantemente ramificada e invasora. Los rizomas son estructuras subterráneas, escamosas, muy ramificadas y su grosor suele duplicar al de los estolones; están revestidos por catáfilas blancas y agudas. El diámetro de los mismos suele cambiar significativamente entre poblaciones. Las hojas se disponen de forma alterna y dística, agrupadas de a dos o tres semejando una disposición opuesta con vainas abiertas hasta la base, glabras con excepción en la zona del cuello, más cortas, iguales o más largas que los entrenudos. Presenta lígula pestañosa, con pubescencia de aproximadamente 0,5 mm de longitud y un mechón de pelos largos (de 2-3 mm de longitud) y sedosos en ambos lados de la misma. Las láminas son de tonalidad verde azuladas, con longitud variable (de 1 a 15 cm), forma lanceolada y dispuesta según un ángulo casi recto en relación a la vaina. La inflorescencia son espigas, que en la actualidad se interpretan como racimos espiciformes (Nicora y Rúgolo de Agrasar, 1987). Espiguillas dispuestas en dos hileras alternas e imbricadas a un solo lado del raquis, unifloras, con raquilla estéril prolongada, de forma elíptica, de 2-3 mm de longitud. Las glumas y glumelas son de coloración violácea y poseen lemma mütica. El fruto es un cariopse, libre entre la lemma y la palea, sub-elíptico, comprimido y de color castaño-pardo, brillante.

2.2 Factores que afectan el desarrollo y la productividad de una pradera

La pradera, nativa o introducida, debe ser considerada como un ecosistema, porque su estructura está formada por componentes bióticos (microorganismos, plantas y animales) y abióticos (suelo, luz, temperatura, precipitación, etc.) y del equilibrio depende su sustentabilidad (Nabinger, 1996). Por lo cual, el crecimiento de las plantas depende del ambiente en que se desarrollan y de las variaciones que éste presente a consecuencia de cambios constantes. Da Silva y Hernández-Garay (2010), mencionan que el ambiente está caracterizado por el suelo (características físicas y químicas, topografía, nutrientes y agua disponible) y clima (temperatura, total de horas luz, radiación, humedad relativa y precipitación), junto a la variabilidad intraespecífica (potencial genético de especie) y manejo (fertilización, tipo y frecuencia de defoliación), los cuales tienen gran influencia debido a sus efectos e interacciones; influyen en la ocurrencia y velocidad de procesos bioquímicos dentro de las plantas, que se reflejan en la tasa de crecimiento, desarrollo, calidad nutricional y, por tanto, en su rendimiento.

2.2.1 Densidad de plantas

El incremento del área foliar en el tiempo depende de la densidad de plantas, del número de tallos por planta, del desarrollo del tallo y de la expansión individual de cada hoja. Las diferencias productivas y de capacidad de rebrote entre especies se dan por las tasas de aparición, expansión y extensión de las hojas. Una alta tasa de expansión foliar produce rápidamente mayor superficie fotosintética y permite mayor tasa de rebrote después del pastoreo o corte (Gao y Wilman, 1994). Así mismo la densidad de plantas afecta la disponibilidad de luz. Al incrementarse la densidad de plantas, existe sombreo entre las mismas afectando la entrada de luz al dosel, lo que afectaría la morfogénesis y expansión del área foliar. Mientras tanto el desarrollo de ramas y el número de brotes por planta son los componentes del área foliar más afectados por la disponibilidad de luz (Baldissera et al., 2014).

2.2.2 Composición botánica

La composición botánica es una variable que proporciona una expresión del comportamiento de las especies en una pradera y puede ser explicada por métodos que describen aspectos de productividad, crecimiento vegetal y especies que dominan la cubierta vegetal (Karsten y Carlssare, 2002). Guzatti *et al.* (2013), menciona que la planta se compone de hojas, tallo y material muerto y sus proporciones relativas pueden tener un impacto significativo en la calidad del forraje. Así como la frecuencia de las especies, en términos de contribución a la biomasa total, es uno de los principales factores que explican la variación de la cantidad y calidad de la producción de biomasa (Chataigner *et al.*, 2010).

2.2.3 Suelo

Los factores del suelo (material parental, textura, densidad aparente, drenaje, pH, contenido de materia orgánica, nutrientes disponibles y componentes microbianos. Kremp *et al.* (1999) definen la fertilidad del suelo, como la capacidad de suplir cantidades adecuadas de nutrientes minerales para satisfacer los requerimientos de las plantas. Mencionan que la productividad de un sistema de pastoreo depende de la fertilidad del suelo y combinación de otros factores biológicos, físicos y químicos que determinan el crecimiento de forraje y de los animales.

2.2.4 Temperatura

La temperatura es un factor abiótico de suma importancia que determina la distribución, adaptabilidad y productividad de las plantas; las vías y procesos metabólicos son controlados por enzimas, que tienen acción catalizada por la temperatura, indicando que las tasas de crecimiento y acumulación de materia seca con diversos procesos asociados, que cambian en base a la temperatura (Da Silva *et al.*, 2008). Cuando las temperaturas de crecimiento están fuera del rango óptimo, el estrés afecta el crecimiento de los forrajes. La gravedad de la tensión depende de la magnitud y duración de la desviación de la temperatura óptima, la madurez y estado fisiológico de las plantas.

Las temperaturas inferiores a 15 °C restringen severamente la nodulación de las leguminosas (McKenzie et al., 1988). Por lo tanto, Smith et al., (1998) señalan que la persistencia de los pastos puede verse afectada por la disponibilidad de nutrientes y con el tiempo, esto conduce a un predominio de las malezas, y esto puede ser un indicador de la mala persistencia de los pastos.

2.2.5 Precipitación o disponibilidad de humedad

El exceso de agua se presenta en suelos con mal drenaje en época de lluvias, provocando anoxia en las raíces de las plantas afectando la respiración aerobia, disminuyendo la asimilación y distribución de carbono, la absorción de minerales y en consecuencia provoca una menor producción de biomasa (Baruch, 1994). Se considera la disponibilidad de agua en las raíces de un cultivo depende del balance de la precipitación y la evaporación, además de las características físicas del suelo, resultado de las condiciones micro climáticas del medio en que se establece (Juárez, 1997). Así como la tasa de evaporación está en función de la temperatura ambiental por lo que su interacción con cantidad y distribución durante el año, determinan los cambios de humedad del suelo, afectando el crecimiento de planta (Monteith, 1997; Navarro y Vázquez, 1997). La interacción de la distribución y cantidad de la precipitación con la fluctuación de la temperatura en el tiempo, es un factor que afecta el crecimiento de los forrajes, cuando las plantas son afectadas por estrés hídrico, se puede provocar la inhibición de la fotosíntesis y la suspensión del crecimiento de los tallos (Ludlow, 1980).

2.3 Factores que influyen en la capacidad de rebrote

El potencial de rebrote de una planta forrajera se considera como el tiempo que le toma a la planta en recuperar la biomasa removida después de una defoliación (Hernández-Garay, et al., 2000). Menciona Lemaire (2001), la importancia de conocer la forma de cómo se comporta el rebrote de una especie, para comprender el grado de persistencia de la pradera a través de los años. Esto conlleva a conocer la posibilidad de que una pradera presente un máximo en producción de materia seca por unidad de superficie, ya

que se obliga a la planta a producir más de una fase lineal. La limitante del rebrote son las primeras fases de acumulación de forraje, debido a que, si la planta o el rebrote no superan estas fases, puede morir y por consecuencia la producción de forrajes disminuye. Mientras la reducción instantánea de la fotosíntesis ocurre cuando las plantas son sujetas a defoliación.

La cantidad y tipo de tejido removido son perjudicados, por la capacidad de rebrote siendo afectada negativamente. Cuando las condiciones ambientales son adecuadas, se puede influir de manera positiva en la velocidad de rebrote, definiendo éste como el período de tiempo que requiere la planta para llegar al nivel de biomasa que tuvo antes de la cosecha o remoción del tejido (Briske y Richards, 1993). Así, también, puede influir en el potencial de rebrote, el tiempo que tarda la planta en ser cosechada nuevamente y que varía dependiendo de la especie forrajera. Por lo tanto, la respuesta de la planta a la defoliación, puede considerarse como metas de restauración y mantenimiento de patrones de crecimiento homeostático, cuando todos los recursos se utilizan en forma balanceada, para lograr el crecimiento óptimo de la planta (Mendoza, 2008). Así como también dependen el rebrote de factores propios de la planta (reservas de carbohidratos en raíces, bases de los tallos, área foliar residual, tasa de amacollamiento, concentración de hormonas) del suelo (disponibilidad de nutrientes y agua) y clima (temperatura y radiación solar) que interfieren en la fotosíntesis y en la habilidad de competencia intra e inter específica (Del pozo, 1983; Briske, 1991).

2.3.1 Frecuencia e intensidad de cosecha

El tiempo del rebrote entre defoliaciones o cortes sucesivos, ayuda a entender el efecto de la frecuencia e intensidad de cosecha, sobre el rendimiento de la biomasa aérea. La frecuencia de cosecha o también conocida como severidad de defoliación, determina la cantidad o el porcentaje de biomasa cosechada con respecto a la cantidad total de forraje presente. Se entiende por frecuencia de corte al intervalo de tiempo que ha pasado entre un corte y otro, o el número de cortes realizados en un tiempo determinado, ya que estos establecen el rendimiento de forraje por unidad de superficie (Mendoza *et al.*, 2010). Sin

embargo, la planta intenta recuperar el tejido fotosintético que le ha sido extraído y, dependiendo de las condiciones ambientales y el intervalo entre cosechas, podría lograrse tal recuperación (Speeding, 1971; Jiménez y Martínez, 1984). De acuerdo con Mendoza (2008), al realizar la cosecha con intervalos de corte muy reducidos provoca una disminución en las especies deseables, y una invasión por maleza. Sin embargo, diversos estudios en leguminosas indican que una forma de incrementar el rendimiento de biomasa aérea es aplicando cortes sucesivos al follaje para promover el rebrote al eliminar la dominancia apical (Dun *et al.*, 2006).

En estudios de crecimiento foliar en gramíneas y leguminosas se ha observado que los cortes sucesivos en una pradera influyen en el rendimiento de la biomasa aérea, el cual se incrementa conforme avanza la edad del rebrote (Birbiesca *et al.*, 2002). Hernández-Garay y Martínez (1997), consideran importante establecer la frecuencia de corte para las diferentes estaciones del año, debido a que la velocidad de crecimiento de forraje es estacional, por lo que las tasas de crecimiento serán diferentes y por consiguiente afectan directamente el rendimiento de forraje. La severidad de cosecha es de gran importancia para el crecimiento y persistencia de las especies forrajeras, porque afecta directamente las reservas de carbohidratos y el índice de área foliar remanente, indispensables para iniciar un nuevo rebrote (Ta *et al.*, 2020).

En leguminosas, los meristemos apicales permanecen al alcance del corte o pastoreo, durante una gran parte del período vegetativo o estado reproductivo, como consecuencia de la elongación de sus tallos, el rebrote posterior a la defoliación, se produce desde las yemas de la corona y meristemos axilares de los tallos más bajos. Su activación ocupa cierto tiempo, por lo que el rebrote es demorado, ya que la activación de las yemas de la corona, se maximiza cuando la planta está en estado reproductivo, situación que no se alcanza, normalmente, en condiciones de pastoreo (Del Pozo 1983; Baguet y Bavera, 2001).

2.3.2 Reserva de carbohidratos

Las reservas de carbohidratos Graber *et al.*, (1927), determinan que están constituidos por carbohidratos y compuestos nitrogenados elaborados, almacenados y utilizados por la planta como alimento para mantenimiento y desarrollo de hojas y raíces. De acuerdo con Richards (1993) las reservas de carbohidratos, la cantidad y tipo de tejidos removidos (tejido remanente y meristemos de crecimiento), son los factores más importantes, que determinan el impacto de la defoliación en la planta y las características que regulan la posterior recuperación. En resumen, los carbohidratos de las plantas se dividen en dos grupos: estructurales y no estructurales. Los cuales forman parte de la pared celular y entre ellos se encuentran la celulosa, la hemicelulosa y pectina. Los segundos como glucosa y fructosa, disacáridos, sacarosa y maltosa y polisacáridos como almidones y fructosanos son almacenados en órganos vegetativos como lo son raíces, rizomas, estolones, coronas y parte inferiores del tallo, también conocidos como carbohidratos de reserva (Smith, 1972).

El rebrote en las plantas forrajeras se ha atribuido, principalmente, a los carbohidratos no estructurales; sin embargo, se ha observado la movilización específica de componentes de N del tejido residual, después de la defoliación, a zonas de crecimiento en varias especies (Volenec *et al.*, 1996). La cantidad de carbohidratos de reserva utilizados en el rebrote, depende de la severidad de la cosecha, la capacidad fotosintética de las hojas remanentes y las condiciones ambientales para la fotosíntesis durante el crecimiento (Viteri y Vitalino, 2019). Posteriormente después de una defoliación moderada a severa la planta empieza una fase transitoria con variación en sus patrones de disponibilidad y distribución de nutrientes, para re establecer el balance previo existente entre el tallo y la raíz; así la disponibilidad de los recursos cambia la prioridad de asignación, porque puede alterar la relación raíz: parte aérea y la magnitud de los recursos entre estos órganos (Briske *et al.*, 1996).

2.3.3 Índice de área foliar

Hodgson (1990), estipula el índice de área foliar (IAF) como la relación entre la superficie de las hojas presentes por unidad de área de suelo. Cuando la luz es interceptada, la tasa de crecimiento es mayor y el IAF es el óptimo. Puede ocurrir que la superficie de hojas sea excesiva. Al respecto, se ha indicado que conforme se aumenta el índice de área foliar (IAF) se incrementa la cantidad de luz interceptada, y con ello, la tasa de crecimiento (Sage y Kubien, 2007). Siendo demostrado en diversos estudios que la mayor área foliar se registra cuando se cosecha en las semanas 6 y 8, en comparación con la cosecha realizada en 4 semanas. Mientras tanto, los cortes frecuentes disminuyen la capacidad de rebrote, la altura de la planta, su área foliar y rendimiento de forraje (Mendoza *et al.*, 2010).

Rojas (2011) menciona un factor que afecta el crecimiento y desarrollo de la hojas, es el ambiente siendo de suma importancia, evaluando algunas características de la hoja, se relacionan con su capacidad fotosintética, ya que la fotosíntesis disminuye de acuerdo a la edad de la hoja, después de su expansión total y el peso de la hoja está relacionado con la intensidad de la luz y ésta cambia según las condiciones ambientales; así mismo, existe una alta correlación entre el peso específico de la hoja y la fotosíntesis y éstas cambian con variaciones en la intensidad de luz, en todos los estados de madurez. Por tanto, el área foliar remanente es importante en el rebrote de leguminosas y gramíneas para realizar la fotosíntesis después de la defoliación. A su vez, el área foliar residual promueve el reemplazo de biomasa, que surge a partir del crecimiento de hojas parcialmente cosechadas, de la generación de hojas nuevas desde la yema terminal del eje principal si no ha sido cortado o inicialmente de la generación de nuevos tallos axilares, con sus correspondientes hojas nuevas (Hyder, 1972; Briske, 1991).

2.3.4 Meristemos de crecimiento

Los meristemos son regiones celulares de las plantas, conformados por células que, perpetuamente, son embrionarias, pero cuya multiplicación y diferenciación se forma del

resto de los tejidos. Se distinguen los meristemos primarios, de los que depende el crecimiento en longitud y meristemos secundarios, que producen engrosamiento de los tallos y raíces (Rojas, 1993). Afirma Bidwell (1979) que el meristemo, generalmente, está rodeado de hojas y el meristemo apical contiene un número de células relativamente pequeño que da origen, por división celular, a todas las demás células de la porción aérea de la planta, por lo que la mayoría de estos meristemos apicales contienen dos zonas principales: la túnica que da origen al tejido epidérmico y el cuerpo, que origina la masa de tejido interno de tallos y hojas. El rebrote rápido se debe a la presencia de regiones meristemáticas activas de los tallos, que permanecen en la planta después de una defoliación, lo cual acelera la expansión foliar (Briske, 1991). La velocidad de rebrote, se considera una característica distintiva de las especies tolerantes a la defoliación; entre las características más importantes se consideran a los meristemos activos de tallos remanentes (Del Pozo, 1983).

La activación de las zonas meristemáticas está influenciada por el balance entre auxinas y citoquininas y, dependiendo del balance, se induce la formación de hojas jóvenes, capaces de producir auxinas, necesarias para promover el desarrollo de nuevo tejido foliar y radicular (Bidwell, 1979). Se considera que, si el corte es realizado muy cercana al suelo, las especies rastreras se favorecen en comparación a las erectas, pero si el corte de cosecha no es cercano al suelo, las especies erectas son las que responden más rápido. Esto se ha atribuido a que, conforme van creciendo las plantas los puntos de crecimiento se alejan del suelo, lo que origina que la recuperación sea más favorecida por las reservas almacenadas, por el área foliar, lo cual no sucede en pastos rastreros en los que es más difícil efectuar una cosecha, que implique dejar sin área foliar remanente a la pradera (Richards, 1993). El rebrote de las plantas forrajeras es interferido por los factores genéticos y ambientales (Hernández-Garay, *et al.*, 2012). En particular, la capacidad de rebrote de las gramíneas forrajeras perennes reactiva la reproducción vegetativa a partir del tejido meristemático localizado en la base de los tallos, en tanto que, en las leguminosas, el rebrote depende del tejido meristemático localizado en la base de los entrenudos. En ambos casos, la reactivación de este tejido está influenciado por las fitohormonas, como auxinas y citoquininas (Tomlinson y O'Connor, 2004).

2.3.5 Radiación solar e intercepción luminosa

Los investigadores Rojas *et al.* (2016), Sage y Kubein (2007), Mencionan que forme incrementa el índice de área foliar, aumenta la cantidad de luz interceptada y, con ello, la tasa de crecimiento y altura de la planta. Así como el aumento en el área foliar se tiene una mayor intercepción de luz; Aunque las hojas en los estratos inferiores reciben menor calidad de luz, por lo que provocan reducción en el crecimiento y en la tasa de asimilación neta; por lo cual, el mayor rendimiento de los forrajes coincide con el mayor índice de área foliar y altura de la planta (Ayala *et al.*, 2006; Rojas *et al.*, 2016; Galvis *et al.*, 2001).

Silva y Nascimento (2007) y Grijalva-Contreras *et al.* (2016) consideran que después de ser alcanzado el índice de área foliar óptimo, las hojas que se encuentran bajo del dosel vegetal perciben menor intercepción de luz, convirtiéndose en hojas amarillentas y senescentes, las cuales llegan a morir y, en tal caso, se puede tener un crecimiento negativo. Por esta razón, la radiación interceptada por una planta es utilizada como indicador para una cosecha adecuada (Berone, 2016; Silva y Nascimento, 2007). Al respecto, los autores en especies templadas, y en gramíneas tropicales han considerado el punto óptimo de cosecha es cuando las plantas alcanzan el 95% de intercepción luminosa y está relacionado con la mayor aportación de hojas al rendimiento, siendo el punto óptimo de crecimiento donde existe poca acumulación de material muerto (Wilson *et al.*, 2017; Berone, 2016; Silva 2007). Sin embargo, Teixeira *et al.*, (2008) y Hernández *et al.*, (2012) consideran la capacidad que tiene la pradera para producir forraje intervienen los factores ambientales como temperatura, principalmente, y el grado de intercepción de la radiación solar por las hojas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo del 20 de junio al 21 de septiembre del 2024, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, en el sureste de Saltillo, Coahuila, México, en el área experimental de praderas del departamento de Recursos Naturales Renovables. Las coordenadas del sitio son 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m. El clima es clasificado como templado semiseco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremos y con una precipitación media anual de 340 mm (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN 2024).

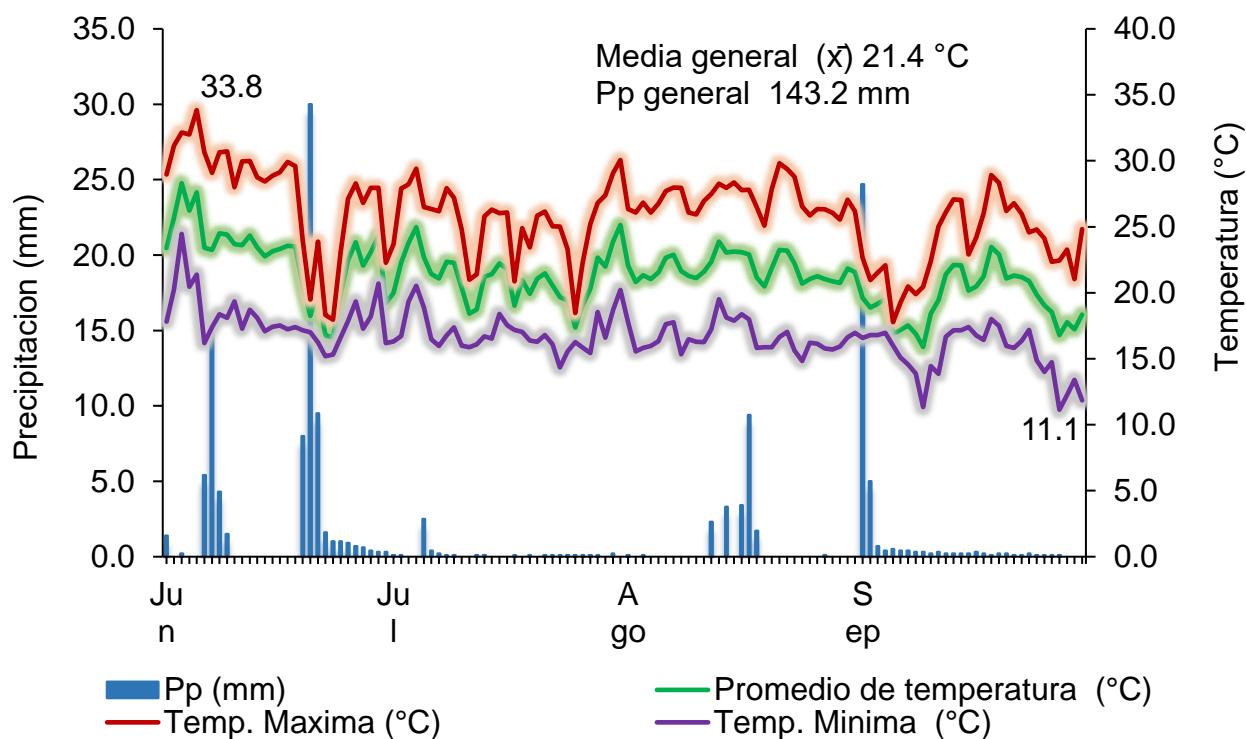


Figura 1. Distribución de la precipitación y temperatura promedio, mínima y máxima mensual registradas durante el periodo de estudio del 01 de junio al 30 de septiembre del 2024 (Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos-RUOA UNAM-UAAAN).

3.2 Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó una pradera de 420 m² (20 × 21 m) dividida en tres bloques de 140 m² (7 × 20m), donde fueron establecidos cinco cultivares en subparcelas de 28 m² (7 × 4) establecida el 05 de febrero de 2019, en la que se realizó una siembra con el método al voleo y se utilizó riego de aspersión. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar, con tres repeticiones (figura 1). Los tratamientos fueron las cinco variedades: Alfalfa (*Medicago sativa L.*), pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*), ovillo (*Dactylis glomerata L.*), trébol rojo (*Trifolium pratense L.*) y trébol blanco (*Trifolium repens L.*) con tres repeticiones cada una, realizando cortes cada 35 días en la estación de verano. El estudio se inició el 20 de junio de 2024 con un corte mecánico de uniformización utilizando desbrozadora, cortando el forraje a una altura aproximada de 5 cm al nivel del suelo. Posteriormente, del 17 de julio al 21 de septiembre se practicaron cortes con la misma intensidad de defoliación para evaluar productivamente la pradera con la utilización del análisis estadístico SAS 9.4 PROC GLM, con prueba TUKEY ($p<0.05$).



Figura 2. Diseño experimental de las praderas ubicadas en terrenos de la Universidad autónoma agraria Antonio narro, conocido como (el bajío) en el sureste de Saltillo, Coahuila.

3.3 Variables medidas

3.3.1 Rendimiento de materia seca

Se determinó utilizando dos cuadrantes de 0.25 m² (0.5 x 0.5 m), ubicados al azar en cada una de las parcelas, para posteriormente cortar el forraje dentro del cuadrante a una altura de 5 cm del suelo y ser colocadas en bolsas de papel previamente identificadas. Para colocarlas en la estufa de aire forzado modelo blue M-POM-246f a 55 °C durante 72 horas. Transcurrido el tiempo de secado de las muestras se toman los pesos expresados en kg MS ha⁻¹.

3.3.2 Composición botánica y morfológica

La muestra utilizada para determinar rendimiento de forraje, se realizó mediante una submuestra de aproximadamente del 10 %, la cual se homogenizo y se separaron los componentes botánicos morfológicos: hojas, tallos, material muerto, inflorescencia y maleza, cada componente se colocó en bolsas de papel previamente identificadas para posteriormente ser secadas en una estufa de aire forzado modelo FE-243^a, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, para alcanzar un peso constante y registrar el peso de la materia seca, y ser estimada su aportación al rendimiento total en porcentaje (%) y en ton MS ha⁻¹ , utilizando las siguientes formulas:

CBM en %

Peso total de CBM	----	100 %
Peso del componente	----	<u>% del componente</u>

CBM en ton MS ha⁻¹

ton MS ha ⁻¹ corte ⁻¹	----	100 %
<u>ton MS ha⁻¹ corte⁻¹ componente⁻¹</u>	----	% del componente

3.3.3 Relación hoja/tallo

Los datos obtenidos de la composición morfológica (hoja y tallo) fueron utilizados para estimar la relación:hoja/tallo fue registrada en rendimiento (kg MS ha^{-1}) mediante la siguiente formula:

$$R: H/T$$

Dónde:

R = Relación del peso de la hoja, respecto a la del tallo.

H = Peso de la hoja (ton MS ha^{-1}).

T = Peso del componente tallo (ton MS ha^{-1})

3.3.4 Altura de planta

Antes de realizar cada corte se midió la altura de 10 plantas seleccionadas al azar en cada repetición, con el uso del método de la regla y le plato, para posteriormente registrar los datos y obtener los promedios de altura.

Altura de la planta con método de regla

Se utilizó una regla de madera graduada a 100 cm, con 1 mm de precisión, donde 0 cm se colocó a ras de suelo y a partir de ahí se tomó la altura hasta el componente morfológico más alto de la planta. Para posteriormente obtener un promedio de las alturas de cada cultivar.

Altura de la planta con método de plato

Para determinar la altura por el método de plato se empleó una regla de plato graduada a 100 cm, con un mm de precisión, con este método se midió la altura del área que abarca el plato.

3.3.5 Porcentaje de luz interceptada

La determinación del porcentaje de luz interceptada por la pradera se realizó mediante la utilización de la barra light modelo PS-100, Apogee, Inst, Utah, USA, se tomaron lecturas sobre el dosel de la planta y bajo el dosel de esta, nivelando la barra con una burbuja de agua y colocando el sensor de manera horizontal con dirección de norte a sur. Las lecturas sobre las plantas representaron el 100 % de la luz recibida y las lecturas bajo el dosel de estas, la luz que no interceptó la planta (luz no aprovechada). Realizando tres lecturas por repetición, a las 12:00 pm, horario en el cual los rayos del sol inciden perpendicularmente sobre la superficie de la pradera. Para la determinación del porcentaje de luz interceptada se calculó mediante la siguiente formula.

$$\% \text{ LI} = 100 - (\text{LT} * 100) / \text{LR}$$

Dónde:

% LI = Porcentaje de luz interceptada

LR = Cantidad de luz recibida ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ nm}^{-1}$)

LT = Cantidad de luz transmitida ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ nm}^{-1}$).

3.4 Análisis estadístico

Para determinar el efecto de la especie, se llevó a cabo un análisis de varianza, con un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones, con el procedimiento PROC GLM del SAS para Windows versión 9.4, se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p<0.05$). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

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

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta en el tratamiento i , repetición j

μ = Media general de la población estudiada

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_i = Efecto del i-ésimo bloque

ε_{ij} = Error estándar de la media

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de forraje

En la Figura 3, se muestra el comportamiento productivo del rendimiento de materia seca (RMS) en la estación de verano del año 2024 de las especies: Alfalfa, pata de gallo, ovillo, trébol rojo y trébol blanco, en el sureste de Coahuila, México, en un clima templado semiseco. La alfalfa registro el mayor promedio con $2,392 \text{ kg MS ha}^{-1}$, m. Mientras que, el pasto ovillo presentó el menor rendimiento de materia seca (RMS) de $705 \text{ kg MS ha}^{-1}$. Mostrando diferencias estadísticas entre estos ($P>0.05$). En un estudio realizado en dinámica de crecimiento del trébol blanco en pastoreo Hernández (2014) menciona que obtuvo un RMS de $2070 \text{ kg MS ha}^{-1}$ de trébol blanco en el verano del año 2013 en el Estado de México.

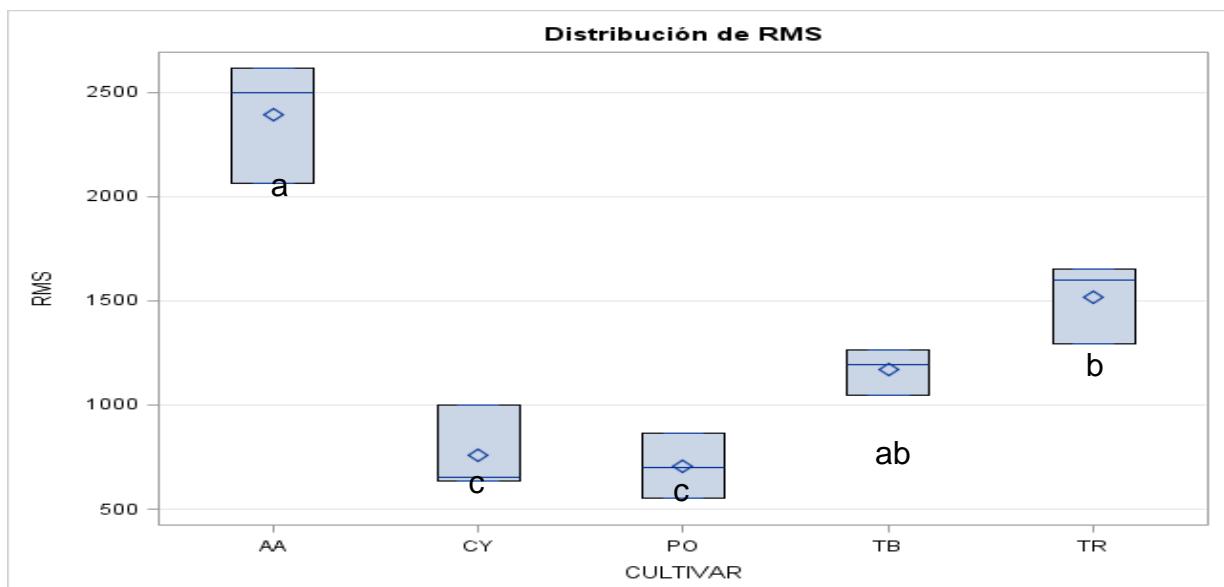
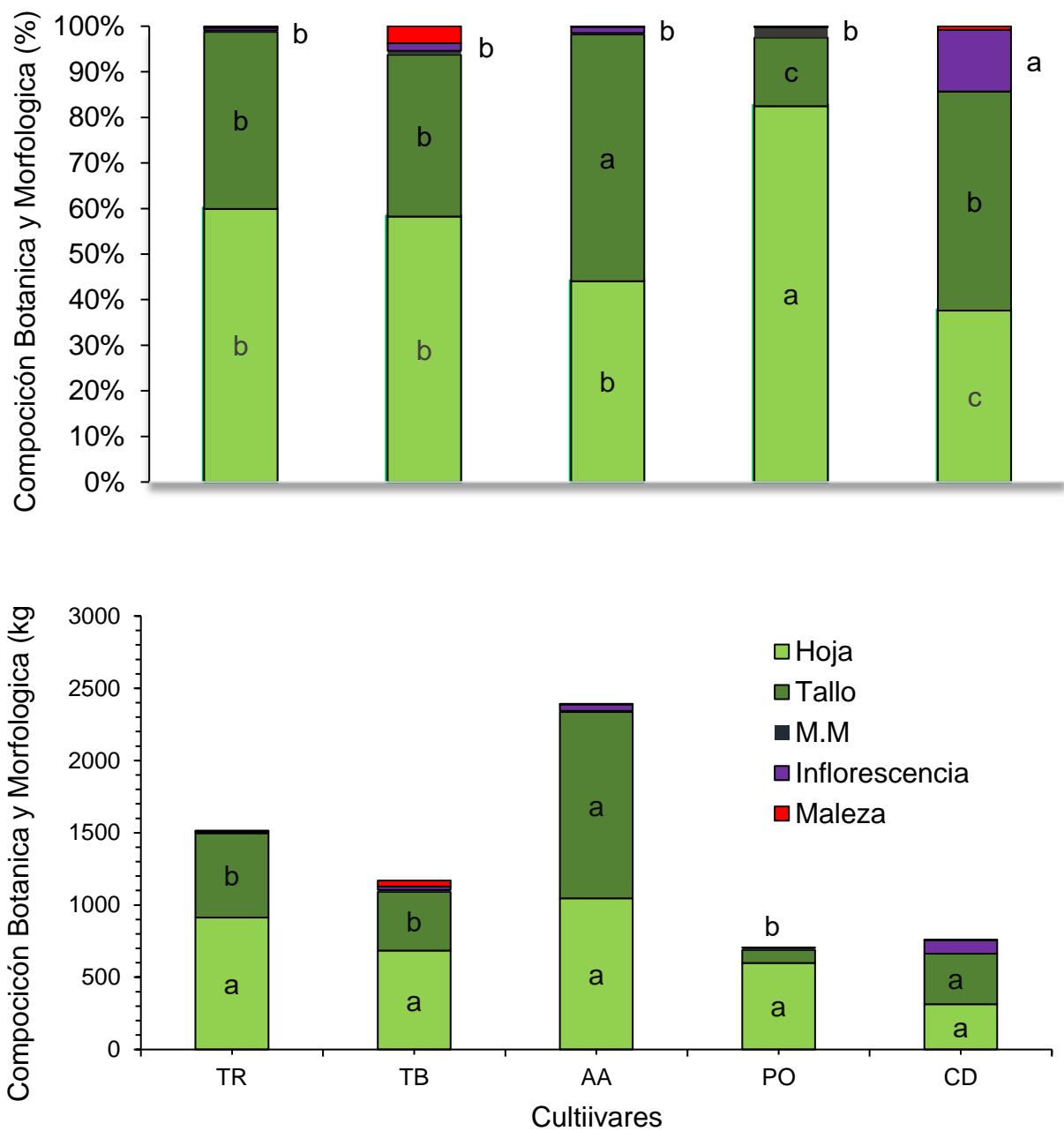


Figura 3. Distribución de RMS (Rendimiento de materia seca; kg MS ha^{-1}) de los cultivares: TR=trébol rojo (*Trifolium pratense L.*), TB=trébol blanco (*Trifolium repens L.*), AA=alfalfa (*Medicago sativa L.*), PO=pasto ovillo (*Dactylis glomerata L.*) y CD=pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*). Literales minúsculas iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$; Tukey).

4.2 Composición botánica y morfológica

Se realizo la comparación de los componentes morfológicos y botánicos de cinco cultivares forrajeras en la estación de verano y se obtuvo resultados en porcentaje del rendimiento total por componentes representados en la Figura 4. La especie con mayor porcentaje de hoja es el pasto ovillo, con el 82 % seguido del trébol rojo con 60 % y trébol blanco con 58 %, en comparación del pasto pata de gallo, quien obtuvo el 38 % de hoja. Por su parte, Gutiérrez (2015) menciona que el trébol blanco bajo condiciones de pastoreo en la estación de verano obtiene hasta un 50 % de hoja en el estado de México.

Así mismo, el tallo también presento diferencias estadísticas entre cultivares ($p<0.0001$), donde la especie con mayor contenido de tallo fue la alfalfa (*Medicago sativa L.*), con el 54 %, seguida por el *Cynodon dactylon L.* (48%), *Trifolium pratense L.* (39 %), *Trifolium repens L.* (35 %) y con el de menor producción el *Dactylis glomerata L.* que presento el 15 %. La presencia de materia muerta fue muy escasa en los cultivares, las únicas especies que presentaron materia muerta fue en el pasto ovillo con el 2% y trébol rojo con el 1%. Por otra parte, los resultados de inflorescencia, el pasto ovillo no presento inflorescencia debido a los periodos de corte, mientras el pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*), presento un promedio del 14% de inflorescencia. Se obtuvo resultados del porcentaje de maleza en los cultivares, donde el trébol rojo (*Trifolium repens L.*) tiene el promedio de 4%, mientras el pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*) tienen el 1% de maleza.



4.3 Relación:hoja/tallo

Relación: hoja/tallo de cinco cultivares en la estación de verano del año 2024 que se muestran en la Figura 5, donde se registró la mayor relación: hoja/tallo promedio con un valor de 6.8 en (*Dactylis glomerata L.*), mientras que, la menor relación se presentó en (*Medicago sativa L.*) con un promedio de 0.8, así como también, (*Cynodon dactylon L.*) presento resultados de relación: hoja/tallo de 0.8. En un estudio realizado por Álvarez donde evaluó 10 variedades diferentes de alfalfa, demostró que independientemente de la variedad, la relación hoja: tallo en la estación de verano fue de 1.0 por ello se considera que los resultados obtenidos en este experimento son correctos en base a lo investigado en la literatura.

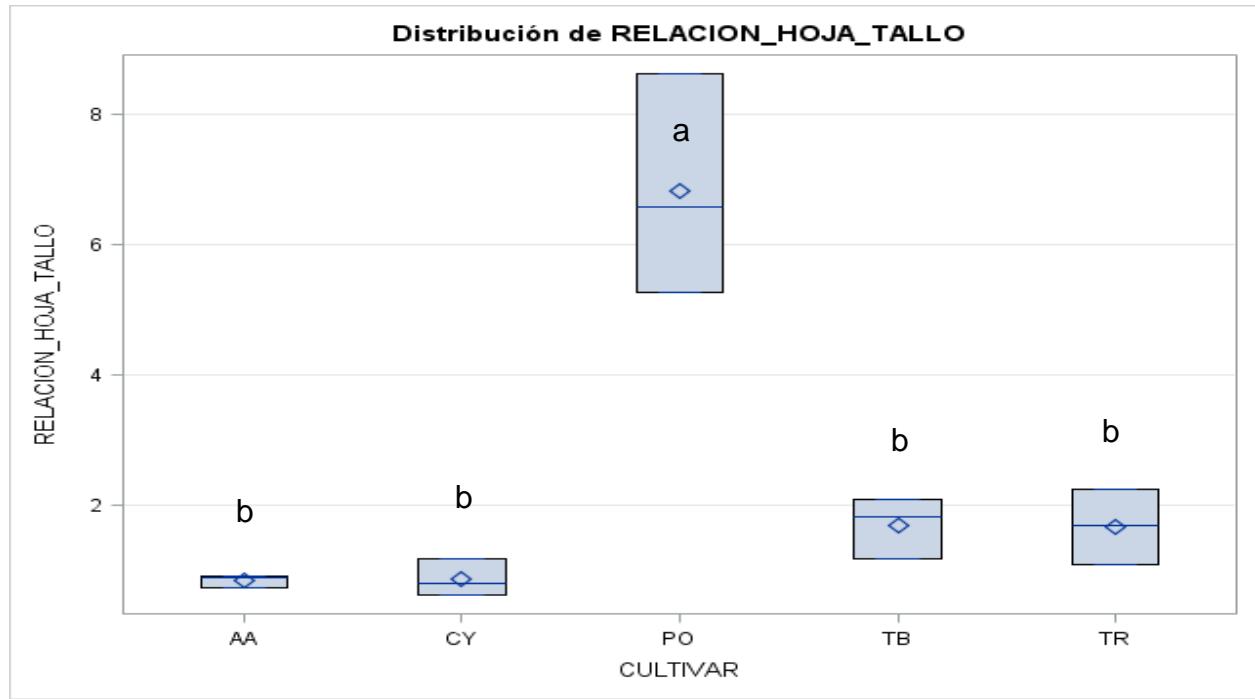


Figura 5. Distribución relación:hoja/tallo de los cinco cultivares en estación de verano, identificados como: TR=trebol rojo (*Trifolium pratense L.*), TB=trébol blanco (*Trifolium repens L.*), AA=alfalfa (*Medicago sativa L.*), PO=pasto ovillo (*Dactylis glomerata L.*) y CD=pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*). Literales minúsculas iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$; Tukey).

4.4 Altura de planta

En la Figura 6, se muestran los cambios en la altura de pradera de cinco cultivares evaluados en la estación de verano del año 2024, en el cual se observan las alturas medidas con regla, que son muy notorias las diferencias entre las especies, obteniendo resultados promedios de altura mayor el pasto pata de gallo con 67cm y la alfalfa con 60 cm. Mientras quien presento menor altura fue el trébol blanco con promedio de 17 cm. Montes (2008), obtuvo un promedio de altura promedio de 30 cm en Alfalfa en la estación de primavera-verano cosechado a 3 semanas, mientras que al ser cosechado a 6 semanas registro un promedio de 61 cm de altura.

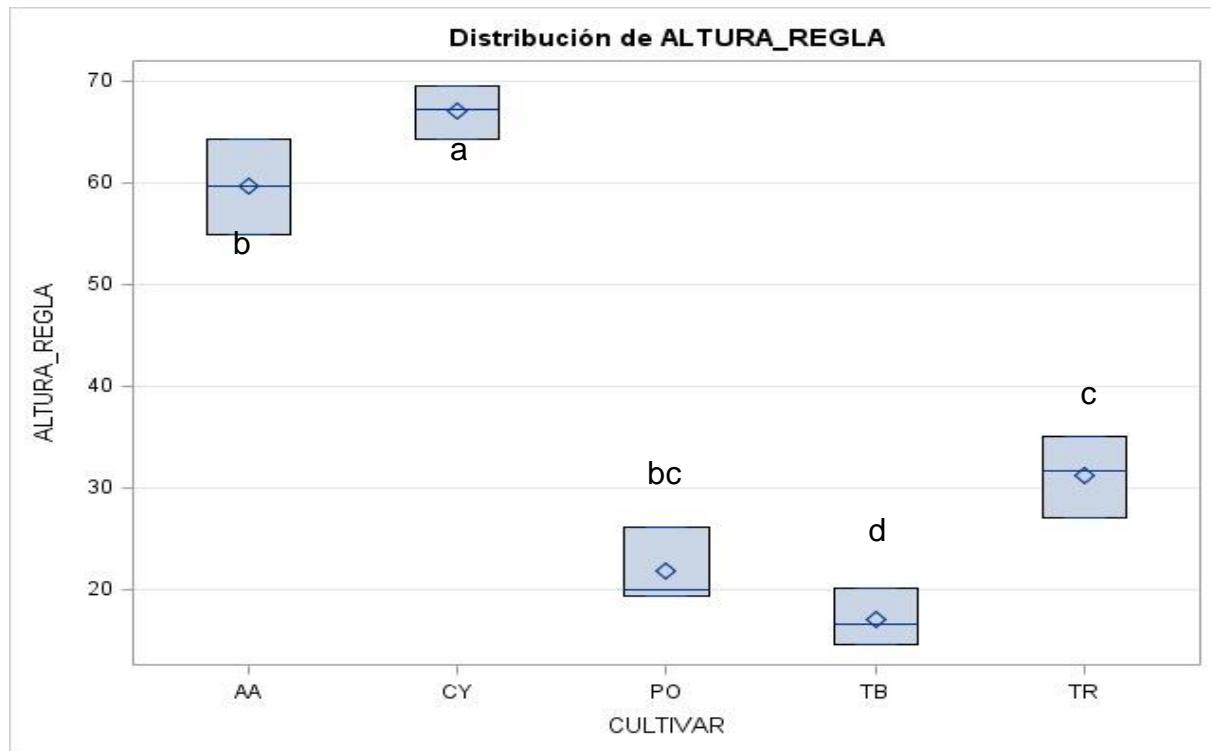


Figura 6. Distribución de Altura con regla de los cultivares en cm de los siguientes cultivares identificados como: TR=trebol rojo (*Trifolium pratense* L.), TB=trébol blanco (*Trifolium repens* L.), AA=alfalfa (*Medicago sativa* L.), PO=pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y CD=pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon* L.). Literales minúsculas iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$; Tukey).

4.5 Altura de planta con plato

En praderas de alfalfa, trébol blanco, trébol rojo, pasto ovillo y pasto pata de gallo, se realizaron mediciones de altura con el método del plato, las cuales se muestran en la Figura 7. Se demostró que la alfalfa tiene el promedio mayor de medición de altura con plato con 14 cm, mientras quien obtuvo menor altura fue el trébol blanco con un promedio de 6 cm. Topete (2017). Montes (2008) menciona que obtuvo resultados de altura promedio con plato de 8.9 cm en la estación de verano en los cultivos de pasto ovillo solo y asociado con ballico perenne y trebol rojo, demostrando que los resultados obtenidos promedios de altura con plato del pasto ovillo fueron de 8 cm en este experimento en la estación de verano son muy similares a los del autor anteriormente ya mencionado.

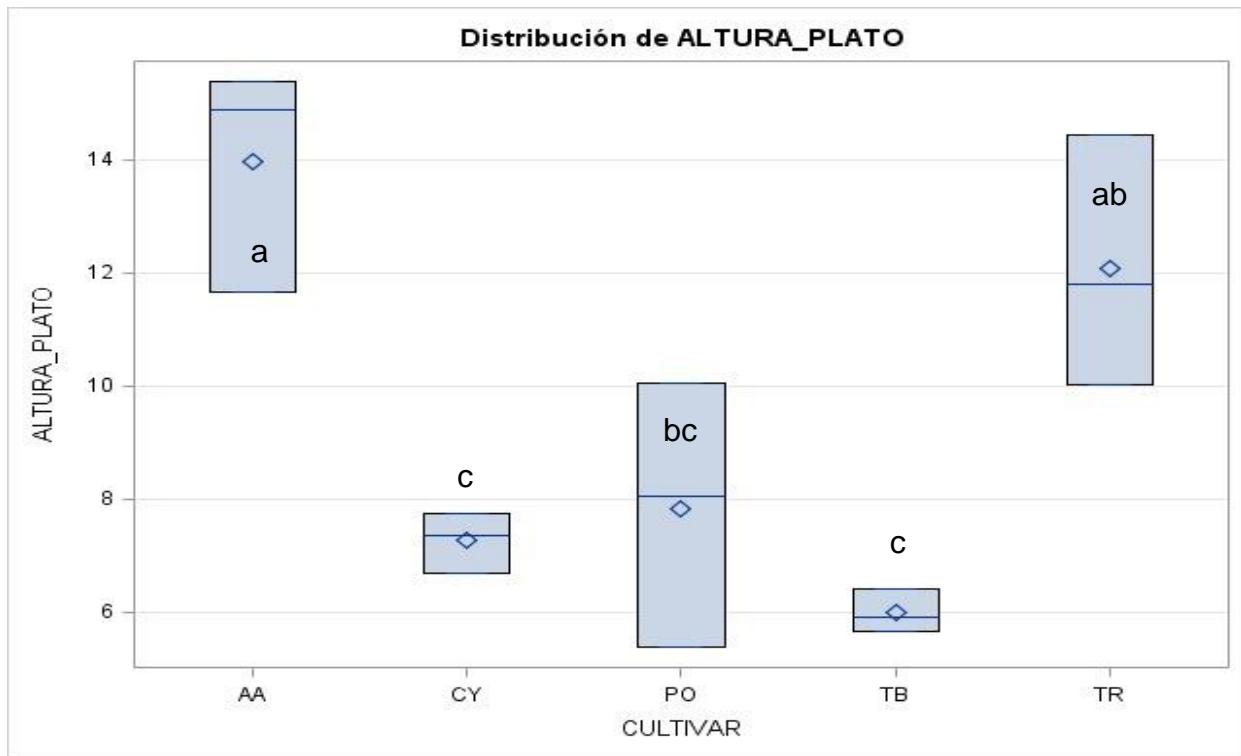


Figura 7. Distribución de altura con plato en cm de los cultivares: *TR=Trebol rojo (Trifolium pratense L.)*, *TB=tébol blanco (Trifolium repens L.)*, *AA=alfalfa (Medicago sativa L.)*, *PO=pasto ovillo (Dactylis glomerata L.)* y *CD=pasto pata de gallo (Cynodon dactylon L.)* en la estación de verano. Literales minúsculas iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$; Tukey).

4.6 Radiación luminosa

En la cantidad de luz interceptada por cinco praderas forrajeras mostradas en la Figura 8 se obtuvo un menor promedio de 47 % en el pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*), mientras que con un 89 % el trébol rojo (*Trifolium pratense L.*) registro el mayor porcentaje, seguido del trébol blanco (*Trifolium repens L.*) con 64 % de intersección luminosa. El autor Fuentes (2022), menciona que obtuvo resultados de radiación interceptada de 49 % el pasto ovillo y 35 % el trébol blanco, en la estación de verano. Mientras Vázquez (2021) obtuvo resultados de intersección luminosa de 61% de alfalfa (*Medicago sativa L.*) variedad Cuf-101, cosechada a diferentes edades de rebrote, con el método de la regla y de la barra light. Mostrado que son porcentajes algo similares o secarnos en los cultivares.

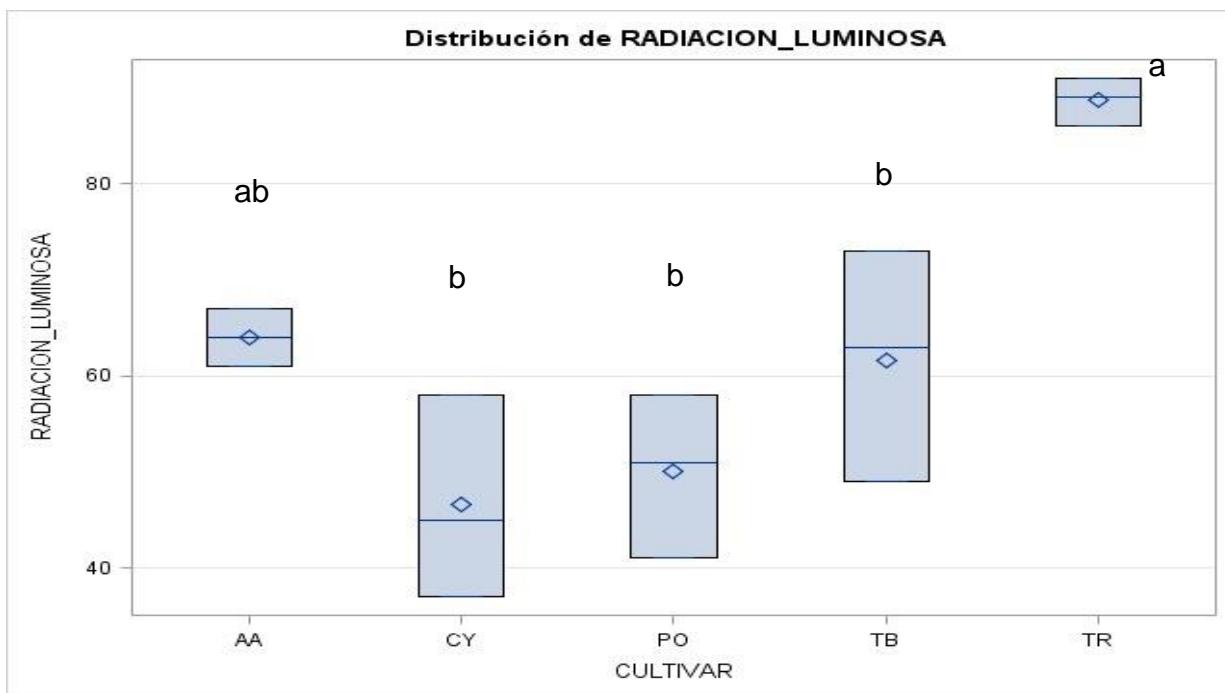


Figura 8. Porcentaje de luz interceptada de cinco cultivares: TR=Trebol rojo (*Trifolium pratense L.*), TB=trébol blanco (*Trifolium repens L.*), AA=alfalfa (*Medicago sativa L.*), PO=pasto ovillo (*Dactylis glomerata L.*) y CD=pasto pata de gallo (*Cynodon dactylon L.*) en la estación de verano. Literales minúsculas iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$; Tukey).

V. CONCLUSIONES

En conclusión, la alfalfa produce mayor cantidad de forraje, seguida por trébol rojo, trébol blanco, pasto ovillo y pasto pata de gallo. Sin embargo, el pasto ovillo con menor rendimiento presentó mejores características morfológicas, con mayor porcentaje de hoja y mayor relación: hoja/tallo, respecto a la alfalfa. Así mismo (*Cynodon dactylon L.*) es la especie con menor rendimiento y de pobres características morfológicas. El componente morfológico que mayor aporte hizo al rendimiento total de forraje fue la hoja, seguida por el tallo, inflorescencia, maleza y material muerto.

VI. LITERATURA CITADA

- Álvarez, V. P., Hernández G. A., García de los S. G., Guerrero R. J. D., Mendoza P. S. I., Ortega C. M. E. y Wilson G. C. Y. 2018.** Potencial forrajero de *Lotus corniculatus* L. con diferentes estrategias de manejo. AgroProductividad, 11(5): 24-29.
- Aparicio, Y. V., Garay, A. H., Hernández, P. A. M., Pérez, J. P., Haro, J. G. H., y Castañeda, C. L. 2006.** Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. Revista Fitotecnia Mexicana, 29: 369-372.
- Aparicio, Y. V., Garay A. H., Pérez J. P., Castañeda C. L., Harob J. G. H., Quiroz J. F. E., y Vázquez, A. G. 2004.** Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 42(2): 145-158.
- Ayala, J. M., Victoria J. L. J., Velasco V. A. V., Aparicio Y. V., del Valle J. R. E., y Garay A. H. 2006.** Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertiriego en la Mixteca de Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 44(3): 277-288.
- Baguet, H. A., y Bavera, G. A. 2001.** Fisiología de la planta pastoreada. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional del Río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina. www.produccion-animal.com.ar (14, marzo, 2021).
- Baldissera, T. C., Frak, E., Carvalho, P. C. D. F., y Louarn, G. 2014.** Plant development controls leaf area expansion in alfalfa plants competing for light. Annals of botany, 113: 145-157. <https://doi.org/10.1093/aob/mct251>
- Baruch, Z. 1994.** Response to drought and flooding in tropical forage grass. I. production and allocation of biomass leaf growth and mineral nutrients. Plant and Soil 164: 87-96.
- Berone, G. D. 2016.** Leaf expansion and leaf turnover of perennial C4 grasses growing at moderately low temperatures. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo, 48(2): 69-82.
- Bidwell, R. G. 1979.** Fisiología Vegetal. 2a edición. Primera en español. Traductor Guadalupe G. Cano y Cano. México, D. F. AGT. editor. 784 p.

<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/fisiologiatectalbidwell.pdf> (14, marzo, 2021).

Briske, D. D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. Grazing management: an ecological perspective, 85, and 108. <https://cnrit.tamu.edu/rlem/textbook/Chapter4.htm>(25, enero, 2021).

Briske, D. D., y Richards, J. H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. In Proceedings of the XVII international grassland congress (p. 85). <http://agrilifecdn.tamu.edu/briske/files/2014/03/Briske-Richards-SRM-CHAPTER95.pdf> (11, marzo, 2021).

Briske, D. D., Boutton, T. W., y Wang, Z. 1996. Contribution of flexible allocation priorities to herbivory tolerance in C 4 perennial grasses: an evaluation with ¹³C labeling. Oecologia, 105: 151-159.

Callejas, R. E. A. 2007. Efecto de la variedad y estación de corte sobre el rendimiento y calidad nutritiva de forraje de alfalfa, en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila: 66 pg.

Chataigner, F., Surault F., Huyghe C., Julier B. 2010. Determination of Botanical Composition in Multispecies Forage Mixtures by Near Infrared Reflectance Spectroscopy. In: Huyghe C. (eds) Sustainable use of Genetic Diversity in Forage and Turf Breeding. Springer, Dordrecht.

Del Pozo, M. 1983. La Alfalfa. Su Cultivo y Aprovechamiento. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 380 p.

Delgado, D. F. F. 2015. LA Alfalfa (*Medicago sativa L.*): Origen, Manejo y Producción. Conexión Agropecuaria JDC, 5(1): 27-43. (29, enero, 2021).

Dun, E. A., Ferguson, B. J., y Beveridge, C. A. 2006. Apical dominance and shoot branching. Divergent opinions or divergent mechanisms. Plant physiology, 142: 812-819. <https://doi.org/10.1104/pp.106.086868>

Galvis Spinola, A., González Hernández, V. A., Hernández Garay, A., Pérez, J., Vaquera Huerta, H., y Velasco Zebadúa, M. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata L.*). Técnica Pecuaria en México.

- Gao Y, Wilman D. 1994.** Leaf development in eight related grasses. *Journal Agricultural Science*. 123 (1): 41-46.
- Gaytán, V. J. A., Castro, R. R., Villegas, A. Y., Aguilar B. G., Solís O. M. M., Carrillo R. J. C., y Negrete S. L. O. 2019.** Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa L.*) a diferentes edades de la pradera y frecuencias de defoliación. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(2): 353-366. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4319>
- Graber, L. F. 1927.** Improvement of Permanent Bluegrass Pastures with Sweet Clover 1. *Agronomy Journal*, 19(11):994-1006.
doi.org/10.2134/agronj1927.00021962001900110005x
- Grijalva-Contreras, R. L., Robles-Contreras, F., Macías-Duarte, R., Santillano-Cázares, J., y Núñez-Ramírez, F. 2016.** Nitrógeno en trigo y su efecto en el rendimiento y en la concentración de nitratos y potasio en el extracto celular de tallo (ECT). *Acta universitaria*, 26(5), 48-54. <https://doi.org/10.15174/au.2016.963>
- Guzatti, G. C., Duchini, G. P., Filho, M. N., Almeida, J. G. R., Sbrissia, F. A., 2013.** Short term herbage intake rate in temperate pastures grasses grown in pure or in intercropping stands. 22nd International Grassland Congress September.
- Hernández, G. A., Martínez H. P. A., Zaragoza E. J., Vaquera H. H., Osnaya G. F., Joaquín T. B. M., y Velazco Z. M. 2012.** Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad del pastoreo. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(3): 259-266.
- Hernández-Garay, A., Hodgson, J. G., Matthew, C. 1997** Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand Journal Agricultural Research*. (40):25-35.
- Hernández-Garay, A., y Martínez, H. P. A. 1997.** Utilización de pasturas tropicales. Producción de ovinos en zonas tropicales. Fundación Produce-Inifap, 8-24.
- Hodgson, J. 1990.** Grazing management. Science into Practice. Longman Scientific and Technical. Harlow, England. 204 p.

- Juárez L.J.F. 1997.** Productividad del pasto estrella de áfrica *Cynodon plectostachyus* en el trópico húmedo mexicano [Tesis de Maestría]. Edo. de México: Colegio de Postgraduados.
- Karsten HD, Carlassare M. 2002.** Describing the botanical compositions of a mixed species northeastern U. S. Pasture rotationally grazed by cattle. *Crop Science*. 42 (3): 882-889.
- Lemaire, G. 2001.** Ecophysiology of grasslands. Aspects of forage plant population in grazed swards. In: Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil; 39-40 p.
- Ludlow MM. 1980.** Stress physiology of tropical pasture plants. *Tropical Grasslands*. 1980: 136-145.
- Mendoza, P. S. I. y Hernández G. A., Pérez P. J., Quero C. A. R., Escalante E. J. A. S., Zaragoza R. J. L. y Ramírez R. O. 2010.** Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(3):287-296. <https://www.redalyc.org/pdf/2656/265620271008.pdf> (10, marzo. 2021).
- Mendoza, S. I. 2008.** Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferente frecuencia de corte. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad, Ganadería. Texcoco, México: 123 p.
- McKenzie, J.S., R. Paquin, S.H. Duke 1988.** Cold and Heat Tolerance. In: A. A. Hanson, D. K. Barnes, R. R. Hill, editors, *Alfalfa and Alfalfa Improvement*, Agron. Monogr. 29. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. p. 259-302. doi:10.2134/agronmonogr29.c8
- Monteith LJ. 1997.** Climate, In: Paulo de T. Alvim and T. T. Kozlowski (eds). *Ecophysiology of Tropical Crops*. Academic Prees, New York, U. S. A.
- Montes, C. F. J. 2014.** Análisis del proceso de producción y dinámicas de crecimiento para incrementar la productividad en dos leguminosas forrajeras. IPN, Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca: 96 p. http://literatura.ciidirooaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER_CIIDIROAX/211/Montes%20Cruz,%20F..pdf?sequence=1 (10, marzo, 2021).

- Montes, C. F. J., Castro R. R., Aguilar B. G., Sandoval T. S., y Solís O. M. M. 2016.**
Acumulación estacional de biomasa aérea de alfalfa Var. Oaxaca criolla (*Medicago sativa L.*). Revista mexicana de ciencias pecuarias, 7(4): 539-552.
- Muslera, P. E., Ratera, G. C. 1991.** Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. Editorial mundi prensa. Madrid. España. 674 p.
- Nabinger C. 1996.** Princípios da exploração intensiva de pastagens. Em: Peixoto A. M., Faria V. P. J. (eds.). Anais do XIII Simposio sobre manejo da pastagem: produção de bovinos a pasto. FEALQ, Brasil. Pp. 15 – 96.
- Pérez B.M., Hernández G.A., Pérez P.J., Herrera H.J., Bárcena G.R. 2002.** Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. Técnica Pecuaria en México. 40: 251-263.
- Rattray, P. V. 2005. Clover management, research, development & extensión in the New Zealand pastoral industries.** Report. Sustainable Farming Fund. Commissioned by Sustainable Farming Fund (SFF). New Zealand.
- Richards, J. H. 1993.** Physiology of plants recovering from defoliation. In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. pp. 85-94.
- Rojas, G. A. R., Hernández G. A., Cansino S. J., Maldonado P. M. D. L. Á., Mendoza P. S. I., Álvarez V. P., Joaquín T. B. M. 2016.** Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(8): 1855-1866.
- Rojas, G. M. 1993.** Fisiología Vegetal Aplicada. 4^a Edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. 275 p.
- Rojas, G. A. R., Torres S., N., Joaquín C. S., Hernández G. A., Maldonado P. M. D. L. Á., y Sánchez S. P. 2017.** Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*). Agrociencia, 51(7): 697-708.
- Rojas, G. A. R. 2011.** Dinámica de crecimiento y rendimiento de forraje de diez variedades de alfalfa. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 70 p.
- RUOA, UNAM.** <https://www.rua.unam.mx/index.php?page=estaciones&id=10> (01 junio 2024)

- SAGARPA. 2008.** Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> (25, enero, 2021).
- Sage, R. F., y Kubien, D. S. 2007.** The temperature response of C3 and C4 photosynthesis. *Plant, cell & environment*, 30(9): 1086-1106.
- Sanderson, M. A., Rotz, C. A., Fultz, S. W., Rayburn, E. B. 2001.** Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter and pasture ruler. *Agronomy Journal* 93:1281-1286.
- SIAP, 2025.** Servicio de información agroalimentaria y pesquera. https://nube.agricultura.gob.mx/avance_pecuario/ (03, julio, 2025).
- Silva, S. C. D., y Nascimento Jr. D. D. 2007.** Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36: 122-138.
- Smit, H. J., Tamminga, S., y Elgersma, A. 2006.** Dairy cattle grazing preference among six cultivars of perennial ryegrass. *Agronomy Journal*, 98(5): 1213-1220. https://www.researchgate.net/profile/Anjo_Elgersma/publication/40113676_Dairy_Cattle_Grazing_Preference_among_Six_Cultivars_of_Perennial_Ryegrass/links/55241d970cf2b123c51734e2.pdf (11, marzo, 2021).
- Smith, A. E. 1972.** Quantifying carbohydrate fractions in forage plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20(2), 238-240. doi.org/10.1021/jf60180a009
- Speeding, C. R. W. 1971.** Grassland Ecology. Clarendon press. Oxford, Great Britain. 221 p.
- Ta, H. T., Teixeira, E. I., Brown, H. E., y Moot, D. J. 2020.** Yield and quality changes in lucerne of different fall dormancy ratings under three defoliation regimes. *European Journal of Agronomy*, 115: 12601. <https://www.academia.edu/download/62326174/FDyieldandquality20200310-109748-frovg3.pdf> (1, marzo, 2021).
- Teixeira, E. I., Moot, D. J., y Brown, H. E. 2008.** Defoliation frequency and season affected radiation use efficiency and dry matter partitioning to roots of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. *European Journal of Agronomy*, 28(2): 103-111.

https://researcharchive.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/4327/defoliation_frequency.pdf?sequence=1 (1, marzo, 2021).

Tomlinson, K. W., y O'connor, T. G. 2004. Control of tiller recruitment in bunchgrasses: uniting physiology and ecology. *Functional Ecology*, 18(4): 489-496.
<https://doi.org/10.1111/j.0269-8463.2004.00873.x>

Vázquez, V. C., García H. J. L., Salazar S. E., Murillo A. B., Orona C. I., Zúñiga T. R., Preciado R. P. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(4): 363-372.

Viteri, O., y Vitaliano, W. 2019. Fenología, composición química y manejo de las variedades de alfalfa en el Cantón Riobamba. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Posgrado. Lima, Peru: 216 p.
<http://190.119.243.88/bitstream/handle/UNALM/4085/o%c3%b1ate-viteri-wilson-vitaliano.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (28, febrero, 2021).

Volenec, J. J., A. Ourry and B. C. Joern. 1996. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. *Plant Physiology*. 97:185-193.

Wilson García, C. Y., Hernández Garay, A., Ortega Cerrilla, M. E., Bárcena Gama, R., Zaragoza Ramírez, J. L., y Aranda Osorio, G. 2017. Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(2).

VII. ANEXOS

Cuadro 1. Variables determinadas en cinco cultívares: Alfalfa (AA) pata de gallo (CY), ovillo (PO), trébol rojo (TR) y trébol blanco (TB) con tres repeticiones cada uno de los cultívares, en el sureste de Coahuila, México en la estación de verano del año 2024.

Variables	Cultívares					Pr > F	EEM	DMS
	TR	TB	AA	PO	CY			
RMS	1515 ^b	1169 ^{bc}	2392 ^a	705 ^c	761 ^c	0.0002	210.1	592.6
RHT	1.6 ^b	1.7 ^b	0.8 ^b	6.8 ^a	0.8 ^b	0.0002	0.818	2.307
AR	31 ^c	17 ^d	60 ^b	22 ^d	67 ^a	<.0001	2.329	6.571
AP	12 ^{ba}	6 ^c	14 ^a	8 ^{bc}	7 ^c	0.0038	1.687	4.758
RI	89 ^a	62 ^b	64 ^{ba}	50 ^b	47 ^b	0.0092	9.167	25.86

Misma literal minúscula en la misma fila y misma literal mayúscula en la misma columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p>0.05$). EEM= Error Estándar de Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa. Rendimiento de Materia Seca (RMS), Relación Hoja:Tallo (R:H/T), Altura de planta con regla (AR) y plato (AP), Radiación Interceptada (RI).

Cuadro 2. Componentes morfológicos expresados en porcentaje (%) de aportación al rendimiento total de forraje de una pradera de cinco cultivares en el sureste de Coahuila, México, en la estación de verano del año 2024.

Comp	Cultivares					\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	TR	TB	AA	PO	CY				
Hoja	60 ^{Ab}	58 ^{Abc}	44 ^{Abc}	82 ^{Aa}	38 ^{Ac}	56 ^A	0.0020	7.58	21.3
Tallo	39 ^{Bb}	35 ^{Bb}	54 ^{Ba}	15 ^{Bc}	48 ^{Aab}	38 ^B	0.0004	5.12	14.4
M.M	0 ^{Ca}	1 ^{Ca}	0 ^{Ca}	2 ^{Ca}	0 ^{Ba}	1 ^D	0.2443	1.20	3.39
Inflor	1 ^{Cb}	2 ^{Cb}	1 ^{Cb}	0 ^{Cb}	14 ^{Ba}	3 ^C	0.0038	2.79	7.88
Maleza	0 ^{Ca}	4 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	1 ^{Ba}	1 ^{DC}	0.4221	2.26	6.39
Pr > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0001	<.0001	<.0001		
EEM	2.6267	6.4472	1.8211	3.0795	6.5000	0.7852			
DMS	7.4095	18.186	5.1371	8.6865	18.335	2.2151			

Misma literal minúscula en la misma fila y misma literal mayúscula en la misma columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p>0.05$). EEM= Error Estándar de Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa. Alfalfa (AA) pata de gallo (CY), ovillo (PO), trébol rojo (TR) y trébol blanco (TB).

Cuadro 3. Componentes morfológicos expresados en porcentaje (kg MS ha^{-1}) de aportación al rendimiento total de forraje de una pradera de cinco cultivares en el sureste de Coahuila, México, en la estación de verano del año 2024.

Comp	Cultivares					\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	TR	TB	AA	PO	CY				
Hoja	914 ^{Aab}	684 ^{Aab}	1046 ^{Ba}	599 ^{Abc}	314 ^{Ac}	711 ^A	0.007	153	434
Tallo	581 ^{Bb}	408 ^{Bb}	1290 ^{Aa}	89 ^{Bc}	351 ^{Abc}	544 ^B	<.0001	105	297
M.M	5 ^{Ca}	13 ^{Ca}	8 ^{Ca}	15 ^{Ba}	0 ^{Ba}	8 ^C	0.254	8	25
Inflor	8 ^{Cb}	23 ^{Cb}	44 ^{Cab}	0 ^{Bb}	90 ^{Ba}	33 ^C	0.011	20	58
Maleza	7 ^{Ca}	41 ^{Ca}	5 ^{Ca}	2 ^{Ba}	7 ^{Ba}	12 ^C	0.285	20	58
Pr > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0009	<.0001			
EEM	105.5	78.68	75.42	65.86	67.2	31.49			
DMS	297.8	221.9	212.7	185.7	189.7	88.85			

Misma literal minúscula en la misma fila y misma literal mayúscula en la misma columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p>0.05$). EEM= Error Estándar de Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa. Alfalfa (AA) pata de gallo (CY), ovillo (PO), trébol rojo (TR) y trébol blanco (TB).