

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



**Rendimiento de forraje en alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes intervalos de cortes en el Sureste de Coahuila, México**

Por:

**MARÍA FERNANDA MIRANDA VÁZQUEZ**

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Saltillo, Coahuila, México, marzo, 2023.

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

**Rendimiento de forraje en alfalfa (*Medicago sativa* L.) a  
diferentes intervalos de cortes en el Sureste de Coahuila, México**

**POR:**

**MARIA FERNANDA MIRANDA VAZQUEZ**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

La cual fue revisada y aprobada por



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez  
Director



Dr. Santiago Joaquín Cancino  
Co-director

Saltillo, Coahuila, México, marzo, 2023

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

**Rendimiento de forraje en alfalfa (*Medicago sativa* L.) a  
diferentes intervalos de cortes en el Sureste de Coahuila, México**

**POR:**

**MARIA FERNANDA MIRANDA VAZQUEZ**

**TESIS**

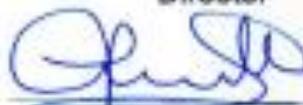
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como  
Requisito para obtener el título de:

**INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez

Director

  
\_\_\_\_\_

Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Santiago Joaquín Cancino

Co-director

  
\_\_\_\_\_

Dr. Josué Israel García López

Asesor

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Pedro Carrillo López  
Coordinación de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México, marzo, 2020



## DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, México, marzo, 2023

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Rendimiento de forraje en alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes intervalos de cortes en el Sureste de Coahuila, México**" es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas obtenida 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.

MARIA FERNANDA MIRANDA VAZQUEZ

---



---

FIRMA

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el rendimiento de materia seca de la variedad Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.) durante la estación de primavera a diferentes intervalos de corte: Corte temprano cada 21 días (CTE), corte medio cada 28 días (CME) y corte tardío cada 35 días (CTA). Se llevó a cabo un análisis estadístico bajo un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones, para determinar el efecto de intervalos de corte sobre el comportamiento productivo de la alfalfa. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento de Forraje (RF), Composición Botánica-Morfológica (CBM), Relación Hoja:Tallo (R: H/T), Altura de la Planta (AP), Porcentaje de Luz Interceptada (LI) y Área Foliar (AF). Se encontró que el mayor RF se registró en el CTA con 10,259 kg MS ha<sup>-1</sup>, en contraste con el menor en el CTE con 5,218 kg MS ha<sup>-1</sup>. El tallo fue el componente con mayor aporte al rendimiento total con 3,355 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido por la hoja con 2,908 kg MS ha<sup>-1</sup>, material muerto y maleza con 479 y 293 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La inflorescencia tuvo un nulo aporte. En cuanto a la R:H/T los valores mayores se presentaron en el CTE y CME con 1.1 y 0.9, consecuentemente. La mayor altura de planta (AP) en ambos métodos (regla y plato), se presentó en el CTA, con 58 y 18 cm, mientras que el CTE fue el que presentó las menores alturas con 50 y 6 cm promedio. La mayor luz interceptada (IC) se registró en el CTA (93 %) y CME (86 %). El área foliar mayor se presentó en el corte tardío (CTA) con un promedio de 72 cm<sup>2</sup> tallo<sup>-1</sup> y los menores en el CME y CTE con 60 y 54 cm<sup>2</sup> tallo<sup>-1</sup>, respectivamente. En conclusión, en intervalos de corte prolongados de 35 días de rebrote el rendimiento es mayor, siendo el componente tallo el que mayor aporte hace al rendimiento total.

**Palabras clave:** Composición botánica morfológica, rendimiento de forraje, intervalos de corte, comportamiento productivo.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the dry matter yield of the Premium variety of alfalfa (*Medicago sativa* L.) during the spring season at different cutting intervals: early cut every 21 days (CTE), medium cut every 28 days (CME) and late cut every 35 days (CTA). A statistical analysis was carried out under a randomized block experimental design, with three repetitions, to determine the effect of cutting intervals on the productive performance of alfalfa. The variables evaluated were: Forage Yield (RF), Botanical-Morphological Composition (CBM), Leaf: Stem Ratio (R: H/T), Plant Height (AP), Percentage of Intercepted Light (LI) and Leaf Area (AF). It was found that the highest RF was registered in the CTA with 10,259 kg DM ha<sup>-1</sup>, in contrast to the lowest in the CTE with 5,218 kg DM ha<sup>-1</sup>. The stem was the component with the greatest contribution to the total yield with 3,355 kg DM ha<sup>-1</sup>, followed by the leaf with 2,908 kg DM ha<sup>-1</sup>, dead material and weeds with 479 and 293 kg DM ha<sup>-1</sup>, respectively. The inflorescence had a null contribution. Regarding the R:H/T, the highest values were presented in the CTE and CME with 1.1 and 0.9, consequently. The highest plant height (AP) in both methods (ruler and plate) occurred in the CTA, with 58 and 18 cm, while the CTE was the one with the lowest average heights, with 50 and 6 cm. The highest intercepted light (IC) was recorded in the CTA (93 %) and CME (86 %). The largest leaf area occurred in the late cut (CTA) with an average of 72 cm<sup>2</sup> stem<sup>-1</sup> and the lowest in the CME and CTE with 60 and 54 cm<sup>2</sup> stem<sup>-1</sup>, respectively. In conclusion, in prolonged cutting intervals of 35 days of regrowth the yield is higher, being the stem component the one that makes the greatest contribution to the total yield.

**Keywords:** Morphological botanical composition, forage yield, cutting intervals, productive behavior.

## AGRADECIMIENTOS

**Dios**, quien ha sido mi base y mi guía durante este largo camino, donde muchas veces la incertidumbre y el desconcierto me hicieron dudar de mí. Hoy le doy gracias por permitirme llegar hasta aquí, dándome la sabiduría, perseverancia y oportunidad de compartir con mi familia, amigos y todas las personas que pusiste en mi sendero durante todo este proceso para poder lograr este gran sueño.

Solo siendo buitre entiendes el amor que se puede llegar a sentir por tu Alma Mater. Gracias a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por acogerme en su nicho desde que ingrese por su emblemático arco con mi mente llena de ilusiones y mis maletas cargadas de sueños. Por los aprendizajes, experiencias y oportunidades que me fueron brindadas para desarrollarme profesionalmente, personal y moralmente cada una de las cosas vividas han formado mi historia. Porque ser buitre de la Narro no es para tanto, es para siempre.

Gracias a mi asesor de tesis al **Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez** quien me permitió llevar a cabo este experimento y me brindo amablemente cada una de las herramientas y conocimientos necesarios para poder plasmar el resultado de un arduo esfuerzo, de igual forma gracias a todos los partícipes; **codirector y asesores, compañeros de doctorado y maestría por sus aportaciones.**

La calidez de un hogar siempre será el mejor refugio para quienes buscamos descubrir lo que somos en caminos no recorridos. Gracias no es suficiente para pagar los esfuerzos del día a día, sin embargo, estoy muy agradecida con **mi familia** quienes han sido el cimiento en este sueño. **A mi mamá** quien me brindo la confianza, la oportunidad e incluso lo que muchas veces no estaba en sus manos darme para que no me detuviera, aún en la distancia me brindo amor, ánimos y cobijo en los momentos en que hasta yo misma dudaba de mí. Mis hermanas cada una con un papel diferente, **Nadia** siempre siendo mi ejemplo y apoyo con sus enseñanzas en caminos que para ella eran ya conocidos y evitaba muchas veces yo cayera donde ella lo hizo. **Yuri** por

quien intento ser mejor para que encuentre en mí un ejemplo y confianza en que luchare siempre para poder brindarle lo que necesite en los caminos que decida tomar. A mi **papá** por la ayuda brindada en esta última etapa. Gracias infinitas porque es por ustedes que soy ahora lo que siempre soñé.

A quienes me enseñaron el amor por el campo y lo que en él se produce, siendo los mayores ejemplos de mi vida, mis abuelitos **Josecito y Evarista**. El objetivo siempre fue regresar con esta meta cumplida y que pudieran ver un progreso en las tierras que tanto aman, mi abue Evarista que siempre me brindó su bendición y protección en los momentos que dejaba el cobijo de mi casa. Gracias Josecito por cuidarme desde donde te encuentras ahora, por ser mi guía más allá de lo que es posible ver terrenalmente.

Gracias a la persona que estuvo en los momentos de transición, siempre impulsándome y animándome en cada uno de mis ideales. **Alejandro Páez** quien me ha enseñado una manera distinta de ver la vida acompañada de música y con una gran sonrisa sin importar la situación, 1139 km no fueron un impedimento para sentir el apoyo y la confianza brindada. Hacer las cosas sola es bueno, aprendes a lidiar con lo que en ocasiones no imaginas, pero cuando la vida te da la oportunidad de coincidir con alguien en quien puedes sostenerte y que la carga sea más ligera sin duda alguna debes tomarla, te amo.

A mis amigos con los que inicié este sueño **Beto, Pablo y Osvaldo** quien me recibió y trato siempre como una hermana menor a quien proteger. Gracias por estar en el momento más difícil, por regalarme momentos tan gratos en el depa 14 el cual siempre sentí como un hogar y encontré en él al hermano que la vida me regalo. Los quiero ingenieros.

Mis compañeras y amigas de la carrera que espero perduren por toda la vida, **Analuz, Berenice y Tania**. Mil gracias por estos 4 años donde pasamos de todo juntas hicieron que el estar lejos de casa y de la familia no fuera tan malo porque tenía su

compañía, aprendí a querer a cada una con su propia personalidad, **Analuz** de la que solo en ciertas circunstancias escuchaba decir un las quiero mucho chamacas, **Bere** la que esperaba siempre nuestro regreso en Bolita 144 para desestresarnos un poco de la escuela y no menos importante mi **Tania** con la que pase el mayor tiempo escolar, compartiendo clases, horas de comida, ratos libres, historias y experiencias que nos hacían más cercanas, gracias por la compañía en todo momento. Sin duda alguna mi estancia en la Narro no hubiera sido la misma sin ustedes, mucho éxito colegas. Las llevo en mi corazón al igual que todos los momentos juntas y las quiero muchísimo.

A mi compañera de cuarto **Ariadna Hernández** que siempre ha sido una excelente compañía en los momentos difíciles y en los de diversión, gracias por tu tolerancia en esta etapa, por ser como una hermana la cual siempre me dio consejos y siempre supo recibir los míos, fue muy grata tu compañía amiga. Te quiero mucho y te deseo el mejor de los éxitos en todo lo que venga.

**Blanca Estela de Koster** gracias señora por abrirme las puertas de su casa, su amabilidad, confianza y atención durante estos años.

A mis amigos del rancho que siempre estuvieron al pendiente de mi regreso para saber cómo estaba, como me iba, animándome siempre a seguir adelante con mi sueño, **Arturo** (Bolillo). **Rosmeri** gracias por tantos años de amistad por tu apoyo y ánimos en todo momento desde que inicie esta aventura, mis niñas **Camila** y **Samantha** que durante la pandemia hacían mis días mejores. Don Arturo Gutiérrez y Ruth Ochoa por abrirme las puertas de su casa y familia durante mis prácticas profesionales. A todas las personas que han sido parte de esta historia **Valeria**, **Pacheco** y **Leo**, que han aportado algo a mi persona y profesión.

Me alegra infinitamente poder compartir con todos y cada uno de ustedes este logro. Nadie dijo que sería fácil, pero tampoco imposible para alguien aferrado como yo.

## **DEDICATORIA**

### **A mi mamá**

Blanca Delia Vázquez Torres, la mujer que amo y admiro, a la que le debo todo lo que soy y llegare a ser. Este logro es para ti, que sin importar cuanto esfuerzo tenías que hacer nunca te diste por vencida con tal de verme lograr mi sueño. Te amo ma.

### **A mi abuelito**

José Vázquez el hombre al que más he amado, mi ejemplo a seguir y por el cual intento ser mejor diariamente, físicamente no pudiste ver el sueño que compartíamos juntos ver ese rancho crecer, pero este es el primer paso para lograrlo y sé que desde donde te encuentras me cuidas y fortaleces.

### **A mis hermanas**

Ing. Nadia Itzel y Blanca Yuritzi el mejor regalo que Dios me dio para hacer mi vida más bonita y a las que les debo muchísimo. Esto también es de ustedes.

### **A mi abuelita y tíos**

Evarista Torres, Eulogio Torres y Elías Torres, gracias a mi abue por todos sus ánimos y confianza. A mis tíos por todo el amor brindado durante el tiempo que la vida nos permitió estar juntos, espero volver a verlos y haré que se sientan muy orgullosos de su china. Los quiero muchísimo, esto es para ustedes.

### **Dedicatoria especial**

A mis amigos que se adelantaron en el camino Rene Medina siempre recibí ánimos y motivaciones para seguir adelante, con su manera de decirme que me quería ver triunfar, un abrazo hasta donde estés. Y a mi colega Arturo Amezcua con él comparto este logro en nombre de lo que un día soñó ser, la vida no permitió que culminaras en el plano terrenal pero este camino lo recorriste conmigo desde donde te encuentras, aunque lleva mi nombre, en cada paso siempre estuviste tú.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVOS.....	2
1.1.1	Objetivo general .....	2
1.1.2	Objetivos específicos.....	2
1.2	HIPÓTESIS .....	2
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1	Generalidades de la alfalfa .....	3
2.2	Origen .....	3
2.2.1	Descripción taxonómica .....	4
2.2.2	Descripción morfológica .....	4
2.2.3	Adaptabilidad de la especie.....	6
2.2.4	Usos .....	7
2.2.5	Importancia económica .....	7
2.3	Descripción de la variedad estudiada .....	8
2.4	Rendimiento y crecimiento estacional de forraje.....	8
2.5	Factores que afectan el crecimiento y producción de forrajes .....	10
2.5.1	Radiación solar.....	10
2.5.2	Temperatura.....	10
2.5.3	Humedad.....	11
2.5.4	Suelo .....	12
2.5.5	Fertilidad del suelo .....	13
2.5.6	Plagas y enfermedades.....	13
2.6	Factores que afectan el rebrote de los forrajes .....	15
2.6.1	Índice de área foliar .....	16
2.6.2	Meristemos de crecimiento.....	17
2.6.3	Reservas de carbohidratos.....	18
2.6.4	Disponibilidad de agua .....	19
2.6.5	Frecuencia e intensidad de corte.....	20
2.7	Producción estacional de forrajes .....	21

2.8	Valor nutritivo en los forrajes.....	21
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1	Descripción del área experimental.....	23
3.1.1	Condiciones climáticas durante el experimento.....	23
3.2	Manejo de las parcelas experimentales.....	24
3.3	Tratamientos y diseño experimental.....	25
3.4	Variables evaluadas.....	25
3.4.1	Rendimiento de forraje.....	25
3.4.2	Composición botánica - morfológica.....	25
3.4.3	Relación hoja: tallo.....	26
3.4.4	Altura de la planta.....	26
3.4.5	Luz interceptada.....	27
3.4.6	Área foliar por tallo.....	27
3.5	Análisis estadístico.....	28
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
4.1	Rendimiento de forraje.....	29
4.2	Composición botánica – morfológica.....	30
4.3	Relación hoja-tallo.....	34
4.4	Altura de la planta con los métodos del plato y regla.....	35
4.5	Luz interceptada.....	37
4.6	Área Foliar.....	38
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>41</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica del <i>Medicago sativa</i> L.....	<b>4</b>
<b>Cuadro 2.</b> Principales plagas y enfermedades de la alfalfa.....	<b>14</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Variedad de alfalfa Premium (Fuente: AGRO BESSER, 2022).....	<b>8</b>
<b>Figura 2.</b> Enfermedades de la alfalfa (Del Moral <i>et al.</i> , 2007). .....	<b>14</b>
<b>Figura 3.</b> Precipitación acumulada (mm), temperatura máxima (Temp. Max °C) y temperatura mínima (Temp. Min °C) tomadas por la RUOA, UAAAN, Saltillo Coahuila en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro durante la estación de primavera del 2022.....	<b>24</b>
<b>Figura 4.</b> Rendimiento de materia seca (kg MS ha <sup>-1</sup> ) de alfalfa var. premium cosechada diferentes IC en el sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano, (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío (35 días). Mismas letras sobre las barras no son estadísticamente similares (p>0.0).....	<b>30</b>
<b>Figura 5.</b> Aportación al rendimiento total de los componentes botánicos-morfológicos de alfalfa var. premium (kg MS ha <sup>-1</sup> y %), cosechada a diferentes intervalos de corte en el sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío (35 días). MM= Material muerto.....	<b>32</b>
<b>Figura 6.</b> Relación hoja-tallo (R:H/T) de alfalfa var. Premium cosechada a diferentes intervalos de corte en el sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano, (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío, (35 días). Mismas letras sobre las barras no son estadísticamente similares (p>0.0).....	<b>34</b>
<b>Figura 7.</b> Altura de planta (cm) estimada con el método del plato (a) y regla (b) en la var. premium cosechada a diferentes intervalos de corte en el sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano, (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío (35 días). Mismas letras sobre las barras no son estadísticamente similares (p>0.05).....	<b>36</b>
<b>Figura 8.</b> Luz interceptada (%) en la var. premium a diferentes intervalos de corte en el sureste de Coahuila, México utilizando la barra light. CTE = Corte temprano, (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío, (35 días). Mismas letras sobre las barras no son estadísticamente similares (p>0.0).....	<b>38</b>

**Figura 9.** Área foliar ( $\text{cm}^2 \text{ tallo}^{-1}$ ) de la var. Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes intervalos de corte en el sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano, (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío, (35 días). Mismas letras sobre las barras no son estadísticamente similares ( $p > 0.0$ ).....**39**

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Cuadro 1.</b> Variables evaluadas en la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) var. Premium cosechada a diferentes frecuencias de corte en la estación de primavera 2022, en el sureste de Coahuila México.....	<b>50</b>
<b>Cuadro 2.</b> Composición Botánica-Morfológica de la var. Premium de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.), cosechada a diferentes intervalos de corte (IC) en la estación de primavera 2022, en el Sureste de Coahuila, México. ....	<b>51</b>

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los forrajes constituyen la parte más importante de la alimentación y nutrición animal, donde el aprovechamiento puede ser de manera directa, pastoreo, henificado o ensilado (MAPA, 2022). Le permite al suelo mantener la fertilidad, reciclaje de nutrientes de las plantas y crea un ambiente de protección de los sistemas de producción (Velázquez *et al.*, 2010). Las leguminosas forrajeras ejercen un papel de suma importancia, tanto anuales como plurianuales, siendo plantas que aportan un elevado valor nutritivo y con eficaces aspectos medioambientales: conservación de suelos, obstaculización de la erosión del suelo, recursos hídricos conservados, labores de cultivo menores, ecosistemas sustentados, entre algunos otros (MAPA, 2010). Las plantas del género *Medicago* son perennes con flor, con poca altura y un crecimiento a nivel del suelo, la alfalfa (*Medicago sativa* L.), es la especie más destacada y usada como cultivo forrajero, originaria de Asia Menor y el Caucásico, con un gran éxito de establecimiento en todo el mundo. Asimismo, en México la alfalfa (*Medicago sativa*) es de gran importancia por todas las virtudes con las que cuenta como son: excelente rendimiento de forraje, productividad, alto valor proteico y aportación de vitaminas (Soriano, 2003). La alfalfa contiene un valor nutricional alto en el cual aporta en promedio un 22 % de proteína que puede variar de 17.3 a 23.9 % y 79 % de digestibilidad. Puede ser utilizada en fresco, henificada o ensilada, esto es a libre elección de acuerdo a las necesidades del productor y tipo de animales. Siendo un forraje muy adaptable a suelos, climas y temperaturas, tolerante a la salinidad, fijadora de nitrógeno aportando nutrientes al mismo suelo, los cuales requiere que sean profundos con buena infiltración de agua, ya que, no es tolerante a los encharcamientos (Sánchez, 2005). Las variedades de alfalfa dentro del mercado internacional y nacional son extensas, cada una con virtudes, adaptaciones y rendimientos diferentes (Salinas, 1988). Es una gran opción de almacenaje para épocas del año cuando las condiciones climáticas afectan la oferta forrajera (Flores, 2015). No obstante, tiene efectos estacionales en cuanto a su comportamiento productivo y desarrollo. Por lo anterior, para llevar a cabo esta investigación se plantearon los siguientes objetivos.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

- Evaluar el comportamiento productivo de la variedad Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.), sometida a diferentes intervalos de corte en la estación de primavera.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- ✓ Determinar el rendimiento de forraje y sus componentes morfológicos de *Medicago sativa* L., variedad Premium a intervalos de corte de 21, 28 y 35 días de rebrote, durante primavera.
- ✓ Evaluar la relación hoja-tallo, altura de la planta, porcentaje de radiación solar interceptada y área foliar de la variedad Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes intervalos de cosecha.

## **1.2 HIPÓTESIS**

- ❖ El mayor rendimiento de forraje en la variedad Premium (*Medicago sativa* L.), se obtendrá a intervalos de corte de 35 días de rebrote, en la estación de primavera.
- ❖ La hoja y el tallo, serán los componentes morfológicos que más aporten al rendimiento total en la variedad estudiada, seguidos por el material muerto, malezas e inflorescencia.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades de la alfalfa

### 2.2 Origen

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una especie con área de origen en Asia Menor y el sur del Cáucaso (Rojas *et al.*, 2005), conocido hoy como Irán y Siberia. En excavaciones realizadas en Turquestán fueron encontrados rastros con más de 3.300 años indicando que desde entonces ya se utilizaba como alimento para el ganado. Se cultiva en más de 80 países en todo el mundo ocupando el 2,5 % de todos los cultivos mundialmente (Živković *et al.*, 2012). Tiene como origen a partir de dos especies: Alfalfa común (*Medicago sativa* L.) y (*Medicago falcata* L.) o comúnmente conocida como alfalfa amarilla, actualmente la que más se usa es la alfalfa común. Fueron los árabes quienes la llamaron “alfafacah” que significa el mejor forraje, mientras que los griegos la llamaban “Medike” para los romanos era “hierva medica” debido a su origen en meda o persa. Se difundió en regiones de Italia, paso a Suiza, España, Francia y así posteriormente a toda Europa, donde con la caída del imperio Romano desapareció y tuvo que ser reintroducida en Italia para de ahí distribuirse al resto de Europa, Sudáfrica y Australia. En América la alfalfa apareció por primera vez en el año de 1519 en México con la conquista Hernán Cortes, en 1525 trae semillas a América por Francisco Pizarro en 1530 cuando realiza la conquista a Perú, trae consigo la alfalfa para la alimentación de sus caballos. Pasa a Chile por Pedro de Valdivia en 1541, Pedro del Castillo la introduce al Cuyo en 1561 después argentina y finalmente Uruguay todos en el mismo periodo transcurrido (Klinkowski, 1993). Es por territorio mexicano desde donde ingresa a Estados Unidos en 1550 llegando primero a Texas distribuyéndose por Arizona, Nuevo México y California, hasta el resto del país ocupando su lugar como un cultivo de gran importancia en el ámbito ganadero por su aporte nutricional en cuanto a los requerimientos de las distintas especies animales (Klinkowski, 1993).

### 2.2.1 Descripción taxonómica

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) pertenece a la familia de las fabáceas o leguminosas, conocida como mielga o lucerna. Siendo las leguminosas que más se cultivan actualmente, ya que son un grupo de casi 20,000 especies distribuidas en el mundo y con distintos fines (Delgado y Chocarro, 2020). El fin principal de la alfalfa es la alimentación animal, ya que su capacidad de sintetizar el nitrógeno atmosférico y aportar una alta calidad de fibra y proteína la han colocado como la reina de los forrajes (Rojas, 2016).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del *Medicago sativa* L.

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Leguminosae</i>
Subfamilia	<i>Papilionoideae</i>
Tribu	<i>Trifolieae</i>
Género	<i>Medicago</i>
Especie	<i>Sativa</i>
Nombre científico	<i>Medicago sativa</i> L.

Fuente: Rosado, 2011.

### 2.2.2 Descripción morfológica

*Medicago sativa*, es una especie perenne, herbácea y vivaz, que mide de 30 cm hasta llegar a alcanzar un metro de altura con un desarrollo erecto o semierecto, su tallo es poco ramificado (SAGARPA, 2008). Se adapta en terrenos con suelos profundos y penetrables debido a su raíz, en dados casos prefieren los suelos calizos o calcáreos (Berlijn, 1984).

**Hojas:** La primera hoja de la plántula aparece de forma unifoliada, después aparecen las hojas trifoliadas alternas y pecioladas. Los folíolos son dentados en la tercera parte superior y presentan distintas formas desde redondeadas hasta lineales en la mayoría de los casos esto lo determina la variedad con la que se trabaje. Se localizan de forma alterna en el tallo (Guanoluisa, 2007).

**Tallos:** Posee tallos erectos con una altura de 60 a 90 cm, huecos, delgados o bastante sólidos. Cada planta puede llegar a tener de 5 a 25 o más tallos ya sean primarios, ramificarse en tallos secundarios o terciarios, esto dependiendo de la zona donde se desarrollen, edad y vigor de la planta. Todo el conjunto de tallos forma la corona (Delgado y Chocarro, 2020).

**Raíz:** Su raíz es pivotante orientada perpendicularmente, la cual puede llegar a penetrar en el suelo hasta 2 a 5 metros de profundidad. Permittedole extraer aguas profundas y gran resistencia a la sequía. Entre los 30 y 60 cm tiene una abundante cabellera de raíces que le permite extraer los nutrientes de la capa del suelo, las raíces laterales pueden llegar a propagarse y formar yemas dando origen a nuevos macollos (Buller, 1985).

**Corona:** Es el asiento de las yemas que originan a los tallos, además, cumple la función como estructura de almacenamiento de sustancias de reserva, une la parte aérea y la raíz con una estructura completa, los tallos principales son la base superior de la corona, en la parte inferior puede llegar a confundirse con la raíz de la planta y posee una estructura leñosa. De ella se sostienen de 5 a 30 tallos o incluso más (Brick, 1988).

**Inflorescencia:** La inflorescencia se presenta en racimos axilares de 5 hasta 30 flores pueden ser de color púrpura en forma de pirámide. Sus flores miden hasta 1 cm de longitud. Son de color púrpura, violáceas, amarillas y en algunos casos blancas de esto depende la variedad que se establezca (Delgado y Chocarro, 2020).

**Fruto:** Es una legumbre larga y enrollada o vaina monocarpelar en forma espiral de tres a cinco vueltas seco e indehiscente mide de 4 a 8 mm de diámetro, suelen ser de color café cuando ya se encuentran maduras, dentro contienen de 4 a 6 semillas alineadas en la fila ventral. La dirección que pueden llegar a presentar es dextrógira o levógira (Teuber y Brick, 1988).

**Semilla:** Tienen forma arriñonada son de color amarillo, pueden varias las tonalidades desde un verde oliva o marrones, lisas, uniformes y con la superficie poco brillante. Miden en estado maduro 1-2 mm de largo, 1-2 mm de ancho y 1 mm de espesor (Del Pozo, 1977).

### **2.2.3 Adaptabilidad de la especie**

La alfalfa se adapta a un amplio margen de condiciones climáticas, así como de suelo (Hughes, 1981). En el caso de los suelos se desarrolla bien en terrenos francos o franco-arenosos profundos que presenten una buena dotación de calcio y fósforo, no presenta un buen desarrollo en suelos ácidos favoreciendo los suelos alcalinos, es esencial un buen drenaje, crece extraordinariamente bien en climas secos donde exista una humedad aprovechable, como es en el caso de los suelos bajo riego. Crece bien a altitudes desde 200 a 3000 msnm, logrando la mejor adaptación en alturas comprendidas entre los 700 y 2800 msnm. La temperatura óptima tolerable es de 15 a 25 °C durante el día y de 10 a 20 °C por la noche (Clavijo *et al.*, 2011). El pH óptimo es de entre 6.5 y 7.0, en caso de presentar un pH más ácido es recomendable aplicar calcio. Es muy resistente a la sequía, puede entrar en periodos de latencia durante los periodos secos y solo reanuda el crecimiento cuando las condiciones de humedad vuelven a ser favorables para su desarrollo. Como en el caso de las otras leguminosas puede desarrollar en su sistema radicular una simbiosis con bacterias *Rizobium* que le permiten hacer uso directo del nitrógeno del aire para la síntesis de proteína (Sánchez y Favela, 2005).

#### **2.2.4 Usos**

El principal uso que se le da actualmente a esta especie es ser el forraje más utilizado en la actividad ganadera del país, tanto por el alto rendimiento de forraje como su excelente calidad nutritiva (Castro, 1993). En México la producción se encuentra distribuida en áreas templadas, áridas y semiáridas siendo los principales productores los estados de Chihuahua, Hidalgo, Guanajuato, Comarca Lagunera, Baja California, Durango, Sonora, Coahuila, Puebla, San Luis Potosí, Zacatecas y Jalisco cultivándose con sistemas de riego (INIFAP, 2023). Es una excelente planta fijadora de nitrógeno por lo que es utilizada muchas veces como cultivo para recuperación de nutrientes en suelos que se encuentran en bajo rendimiento nutricional, algunos la colocan como una cubierta vegetal para prevenir la erosión del suelo y la sostenibilidad de la agricultura. La harina de alfalfa es uno de los productos derivados de la producción de alfalfa usando la hoja como materia prima, esto con el objetivo de usarse en mezclas comerciales de alimentos (Hughes *et al.*, 1984).

#### **2.2.5 Importancia económica**

La alfalfa ha adquirido el renombre como la reina de las plantas forrajeras, por su gran importancia a nivel mundial en el área de la alimentación ganadera en distintas especies bovino de leche, ovinos, caprinos, cerdos, y entre muchos otros usos. México produce este forraje en distintas áreas geográficas como las zonas áridas, semiáridas y templadas siendo la forrajera que más se utiliza (Santana *et al.*, 2019). A nivel nacional en el año 2022 la producción fue de 610,310 toneladas de forraje henificado, superando en un 5.3 % a la producción del año 2021. Siendo el estado de Baja California Sur el líder en producción de heno con un total de 38,311 hectáreas cosechadas, teniendo un rendimiento de 150 ton ha<sup>-1</sup> (SAGARPA-SIAP, 2022), teniendo como interés que es una fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales; así como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo de conservación de la fauna (SAGARPA-SIAP, 2022).

### 2.3 Descripción de la variedad estudiada

Dentro del mercado internacional las variedades de alfalfa que se manejan son muy diversas, las cuales a su vez son introducidas al mercado nacional, esperando tener una respuesta de adaptación y persistencia en el área geográfica mexicana (Zaragoza, 1992). Existen alrededor de 23 variedades de alfalfa a nivel nacional, de las que ya han sido establecidas y estudiadas (Salinas, 1988).

La variedad Premium fue desarrollada en Australia, también conocida como supersonic en ciertos lugares, el uso ideal que se le podría dar es como una alfalfa de pastoreos intensivos y programas de corte. Teniendo como característica sus hojas de gran tamaño, lo que le permite mayor cantidad de proteínas y energía acumuladas. Debido al gran cubrimiento de área que posee evita la entrada de malezas y tolera el pisoteo que se produce al momento del pastoreo. Es considerada una alfalfa para un uso lechero ya que tiene una excelente relación hoja-tallo (AGP Semillas, 2019) contiene un 22 % de proteína, una digestibilidad del 70 %, con una producción de 22-28 t MS/ha/año, con una longevidad de 4-6 años (AgroBesser, 2022).



**Figura 1.** Variedad de alfalfa Premium (Fuente: AGRO BESSER, 2022).

### 2.4 Rendimiento y crecimiento estacional de forraje

La materia seca es referirnos a la morfología de la planta, cuando hablamos de rendimiento; nos referimos a la acumulación de los componentes con el paso del tiempo, espacio que se le da a la planta para que se desarrolle antes de ser cosechada y el desarrollo de la especie en particular. Cuando tenemos un mayor rendimiento de

forraje la calidad de nutrientes es menor, con el paso del tiempo los nutrientes son usados por la planta para un crecimiento vegetal (Morales *et al.*, 2006).

La planta sigue un proceso morfológico y fisiológico que no se puede detener, el crecimiento; aparecen nuevos tallos, hojas, raíces y tejido. Determinado por factores ambientales; agua, suelo, aire, el calor, radiaciones y fuerza de gravedad. Las plantas cuentan con la habilidad para responder, ajustarse a cambios en el ambiente externo, los cuales tienen que ver con los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal es posible cuantificar este crecimiento y expresarlo (Moreno, 2012). Por su parte Tablada (1998), comentó que el crecimiento y rendimiento del forraje se pueden evaluar por el total obtenido, donde los factores que definen el crecimiento son: los IC, crecimiento, etapa reproductiva de la planta, tipos de suelo y el clima. Así como los factores donde el hombre puede intervenir como la fertilización e intensidad de cortes.

Las hojas son un componente de importancia en cuanto al crecimiento de la planta donde el factor luz es determinante de estas depende la intercepción de luz solar a mayor cantidad de hojas, mayor cantidad de luz obtenida y mejor crecimiento y rendimiento de MS, al igual que la disponibilidad de nutrientes y agua. Las hojas que se encuentran en la parte inferior del tallo reciben menor cantidad de luz e intensidad indicando que el mayor índice de área foliar y masa foliar determinan el rendimiento de los forrajes (Horrock y Vallentine, 1999).

Cada una de las variedades tiene sus propias características genéticas, que se manifiestan de formas variadas, sometidas a las condiciones ambientales en las que estas se cultiven. El rendimiento y crecimiento no lo marca cierta variedad únicamente, influyen las condiciones geográficas, climáticas, periodo de establecimiento y algunos otros factores que se toman en cuenta para elegir correctamente (Salinas, 2005). Por su parte Villegas *et al.* (2004), concluye que el clima es un factor determinante en cuanto al crecimiento de la planta y rendimiento de la materia seca. Por lo cual durante la estación de primavera-verano los rendimientos son mayores ya que posee temperaturas óptimas para el desarrollo, en cambio durante la estación otoño-invierno

los rendimientos son menores por las bajas temperaturas y las heladas ocasionadas por las condiciones climáticas afectando el crecimiento de la planta.

## **2.5 Factores que afectan el crecimiento y producción de forrajes**

### **2.5.1 Radiación solar**

La radiación solar es uno de los factores ambientales más importantes debido a que está estrechamente relacionado con todos los procesos fisiológicos que realiza la planta; fotosíntesis, balances de agua y energía, crecimiento y rendimiento del cultivo. Es la radiación la encargada de la variante estacional del rendimiento de forraje. Por lo cual la mayor producción se presenta en estaciones con mayor radiación solar primavera-verano donde las temperaturas de igual forma son más altas (Rojas *et al.*, 2016). Por otra parte, el crecimiento de la planta depende de la energía producida en la fotosíntesis que se ve reflejada en forma de azúcares simples. El índice de área foliar es el determinante de la tasa de crecimiento y de igual forma de la cantidad de luz interceptada, si la planta tiene un mayor número de hojas y espacio para que la luz pueda ser captada por cada hoja en cualquier ubicación en el tallo el rendimiento de forraje aumenta (Sud y Dengler, 2000). Entre un menor índice de radiación solar se tenga la síntesis de metabolitos necesarios para el crecimiento de la planta no se llevará a cabo (Hodgson, 1990).

### **2.5.2 Temperatura**

La alfalfa es una especie que requiere temperaturas de 15 a 25 °C durante el día y 10-20 °C en la noche una vez ya establecida, el rango puede variar en ciertos casos respecto a la variedad designada a cultivar, así como la estación en la que se establece por lo que las horas luz son determinantes para esta especie, ya que, son de día largo y el fotoperiodo debe ser superior a 12 hrs (Horrocks y Vallentine, 1999). Las temperaturas superiores a 30 °C reducen el crecimiento debido al aumento de la respiración de la planta, con una relación fotosíntesis/respiración es menor de 1

(AgroInfo, 2010). La semilla germina en temperaturas de 2 a 3 °C cuando los factores restantes no sean limitantes, la temperatura óptima de germinación es 28 a 30 °C (Álvarez, 2013).

Cuando las temperaturas son de 38 °C resulta letal para las plantas jóvenes, ya que no pueden realizar un equilibrio de temperatura. En otoño-invierno las temperaturas son más bajas por lo que la alfalfa detiene el crecimiento hasta volver a temperaturas óptimas, existen variedades que toleran temperaturas de 10 a 15 °C bajo cero (Mendoza, 2008). Siendo las condiciones óptimas para el establecimiento en climas cálidos secos y templados fríos, con altitudes de 3000 m, siendo la altitud óptima de 1500 y 2500 m (León, 2003). Autores como Ghimire *et al.* (2014) y Rojas *et al.* (2017) concluyen que la alfalfa al requerir mayores horas luz de fotoperiodo, donde el índice de área foliar es un factor para el crecimiento y rendimiento de la planta lo más recomendable es que se cultive en las estaciones de primavera-verano para poder obtener un desarrollo óptimo con las temperaturas registradas en esta época.

### **2.5.3 Humedad**

Las plantas C<sub>3</sub> se caracterizan por tener baja eficiencia en el uso del agua, a este grupo pertenece la especie alfalfa. Los requerimientos hídricos deben ser de forma fraccionada, ya que las necesidades son variadas a lo largo del ciclo productivo, es una especie adaptada morfológica y fisiológicamente para resistir prolongados déficits hídricos, debido a que sus raíces penetran profundamente en el perfil del suelo. Para producir un kg de MS se requieren 700 a 800 kg de agua (Muslera y Ratera, 1991). Las necesidades hídricas de la planta se encuentran entre 700-900 mm de agua para todo el ciclo. Para el crecimiento de las plantas la humedad que se encuentre disponible en el suelo tiene gran influencia para poder realizar los procesos metabólicos. El déficit de agua, así como el exceso pueden provocar estrés hídrico en las plantas evitando que desarrolle bien su crecimiento y cada uno de los procesos a realizar (Aranjuelo *et al.* 2011).

Durante primavera los requerimientos de agua son escasos; las necesidades de agua son excesivas durante los periodos en que las tasas de evaporación son altas y las de crecimiento bajas en estaciones otoño-invierno. La calidad de agua aplicada depende de la capacidad de retención de agua del suelo, eficiencia de riego y profundidad de las raíces. Los excesos de humedad provocan una acumulación de aireación en el suelo causando que el sistema radical se torne de un color amarillento y las coronas sean de tamaño pequeño, daño a las plántulas o pérdidas de varios patógenos, una aportación de agua por encima de las necesidades de la alfalfa, causa que los rendimientos descieran rápidamente, debido al alto porcentaje de plantas que mueren al no poder respirar (Muslera y Ratera, 1991). La deficiencia de agua afecta el comportamiento fisiológico y morfológico de las plantas, la fotosíntesis y producción de biomasa (Aranjuelo *et al.*, 2011). La alfalfa es un cultivo con necesidades hídricas poco exigentes, pero requiere sea brindada adecuadamente para cumplir cada una de las funciones que debe realizar para obtener un rendimiento altamente rentable (Espinoza y Ramos, 2001).

#### **2.5.4 Suelo**

El suelo es un factor de gran importancia ya que de esta depende el crecimiento de la planta, soporte mecánico, agua y nutrientes en base a ciertos factores se determina el éxito del establecimiento de la pradera o el fracaso (Zhang *et al.*, 2020). El estado nutricional del suelo, tamaño de partículas y labores que se requieran para el establecimiento del cultivo (Hughes, 1981). La especie se adapta a una gran variedad de suelos, preferentemente para un desarrollo óptimo los suelos medianamente profundos, profundos, texturas medias, alta fertilidad, bien drenados. El pH adecuado es de entre 6.5 a 7.8 con valores menores de 5.8 la absorción de nutrientes se ve afectada, mientras que con mayores a 8.5 incrementan la probabilidad de manifestar enfermedades en el suelo, la variación de estas condiciones puede representar una baja producción o disminución de la vida útil de la planta, no se desarrolla bien en suelos salinos o alcalinos. Suelos con menos de 60 cm de profundidad no son aconsejables para la alfalfa, el rendimiento de la especie depende

mucho del factor suelo en terrenos pesados la profundidad está comprendida entre 1.0 y 1.25 m, en terrenos ligeros o arenosos la profundidad se recomienda no exceda los 2.5 m (Espinoza y Ramos, 2001).

### **2.5.5 Fertilidad del suelo**

La fertilidad del suelo es un factor con importancia significativa dentro del desarrollo y calidad de los forrajes. Debido a que la alfalfa es una planta fijadora de nitrógeno realizándolo a través de los nódulos de sus raíces, es un elemento que se recomienda no aplicar a menos que sea necesario, en caso excesivo las secuelas se presentan en la producción. El fósforo y potasio son elementos que requieren ser aplicados en cantidades grandes de hasta 100 a 300 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo y 100 a 500 kg ha<sup>-1</sup> de potasio (Mendoza *et al.*, 2008). El boro es un elemento que incide en la producción de alfalfa, se recomienda una aplicación periódica para suplir la deficiencia que se presenta debido a las cosechas la cantidad aproximada es de 40 kg de bórax por hectárea de forma anual. Si el cultivo se encuentra establecido con riego se recomienda que durante las épocas de sequía se aplique boro para mejorar la producción a través del riego el potasio se puede incrementar hasta en un 25 % (Espinoza y Ramos, 2001). La alfalfa extrae cantidades de nutrientes variables que ayudan a su crecimiento y desarrollo dependiendo de los niveles de producción, se absorben de distintas formas y proporciones. La interrelación entre nutrientes se presenta cuando uno de ellos está presente de forma excesiva o en deficiencia condicionando la utilización de los otros por la planta (Ruz, 1984).

### **2.5.6 Plagas y enfermedades**

La alfalfa es una leguminosa forrajera de gran interés económico y nutritivo en el campo nacional. La identificación, control y tratamiento de las enfermedades que puede llegar a presentar son de suma importancia para que las afectaciones sean menores. Estas enfermedades se agrupan como infecciosas y no infecciosas. Las infecciosas son causadas por patógenos y parásitos (bacterias, hongos nematodos,

virus, entre otros. Por otro lado, las enfermedades no infecciosas son debido a los agentes abióticos y bióticos como: contaminantes en el aire, desbalance de nutrientes en el suelo, deficiencia de agua, temperatura, herbicidas, daños mecánicos, genética y algunos otros factores (Alarcón *et al.*, 2008). Se muestran en la Figura 2 ejemplos de enfermedades de la alfalfa.



Figura 2. Enfermedades de la alfalfa (Del Moral *et al.*, 2007).

A continuación en el Cuadro 2 se mencionan algunas de las plagas y enfermedades con su nombre común y nombre científico que atacan a la planta de la alfalfa y sus componentes morfológicos.

Cuadro 2. Principales plagas y enfermedades de la alfalfa.

<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>
Picudo de la alfalfa	<i>Hipera brunneipennis</i>
Pulgón manchado	<i>Therioaphis maculata</i>
Pulgón verde	<i>Acyrtosiphon pisum</i>
Mariposita amarilla	<i>Colias eurytheme</i>
Gusano soldado	<i>Spodoptera exigua</i>
Chicharritas	<i>Cicadellia spp.</i>
Chapulines	<i>Melanoplus spp</i>
Chinche ligus	<i>Lygus lineolaris</i>
Pudrición de la corona	<i>Fusarium oxysporum</i>

Peca de la alfalfa	<i>Pseudopeziza medicaginis</i>
Pudrición texana	<i>Phymatotrichum omnivorum</i>
Roya o Chahuixtle	<i>Uromyces striatus var. medicaginis</i>
Pudrición de la raíz	<i>Rhizoctonia solani</i>
Podredumbre gris	<i>Bortrytis cinera</i>
<i>Actracnosis</i>	<i>Collectotrichum trifolii</i>
Tizón de la Soja	<i>Sclerotium rolfsii.</i>
Cenicilla vellosa	<i>Peronospora trifoliorum</i>
Cuca, orito o gusano negro	<i>Colaspidema atrum Latr</i>

Fuente: Monroy (2011).

La alfalfa es una planta fijadora de nitrógeno por la presencia de bacterias italicizadas, por lo cual, los nematodos no afectan de forma directa a la planta, pero se encuentran presentes en ella. El control de plagas y enfermedades económicamente es difícil de contrarrestar por lo que se recomienda seleccionar variedades resistentes a todos estos patógenos (Espinoza y Ramos, 2001).

## 2.6 Factores que afectan el rebrote de los forrajes

El rebrote de los forrajes es la aparición y acumulación de material nuevo con el paso del tiempo, al nivel del suelo después de que se realizó una cosecha total. El rebrote es la capacidad de la planta en unión con diversos factores asociados, principalmente con las reservas que cuente la planta y la cantidad de hojas que resten para realizar la actividad fotosintética de lo cual depende de la distribución de las hojas para el almacenaje de energía, al momento del desplazamiento de carbohidratos del área radicular hacia los meristemas de crecimiento que se encuentran en la corona. Los factores climáticos, reservas de carbohidratos, hormonales, disponibilidad de nutrientes, área foliar, cantidad de meristemas de crecimiento presentes influyen en el proceso de rebrote de la planta (Chapman y Lemaire, 1993).

La fotosíntesis deja de ser efectuada normalmente por la planta al momento que se realiza la defoliación, la cual debe hacerse correctamente si se llegaran cortar excesivamente, el tejido de recuperación y el rebrote de la planta se verán afectados negativamente. La planta entra en ciertas fases después de la defoliación las cuales son y consisten en: la fase de transición es la primera fase después de que se realiza la defoliación en esta comienzan a actuar los mecanismos de movilización de C y N, por otro lado, la fase siguiente requiere de ciertas semanas en las que la planta realiza un reajuste fisiológico y una reintegración morfogénica en la planta (Richards, 1993). Para lograr el crecimiento óptimo de la planta después de la defoliación se le consideran como metas de restauración y el mantenimiento del crecimiento homeostático siempre y cuando la planta cuente con los recursos adecuados para ser usados de forma equilibrada por la planta dependiendo de las necesidades (Mendoza, 2008).

### **2.6.1 Índice de área foliar**

El índice de área foliar (IAF) es la superficie de hojas presentes por cada metro cuadrado de suelo, cuando el IAF aumenta la cantidad de luz que llega al suelo es menor y la planta tiene una mayor tasa de crecimiento (Romero *et al.*, 1995). Por lo que esta variable es fundamental y un buen indicativo respecto al desarrollo y crecimiento de los cultivos. Aportando también en la estimación de los requerimientos hídricos, nutricionales, eficiencia bioenergética y daños fitosanitarios de la planta (Lemaire, 2001).

El índice de área foliar óptimo es cuando toda la luz es interceptada, la tasa de crecimiento es máxima. Puede ocurrir que la superficie de hojas sea excesiva, por lo tanto, el IAF es superior al óptimo y las hojas basales no reciben suficiente luz y es común observar un incremento en el amarillamiento y muerte de las hojas basales (Baguet y Bavera, 2001). El área foliar tiene una función predominante en la planta, la masa foliar que puede realizar la fotosíntesis se ve reflejada en el rendimiento del forraje (Esparza *et al.*, 2009).

La mayor área foliar por planta en verano se registró en la cuarta semana en verano con un total de 1,200 cm<sup>2</sup> AF m<sup>-2</sup> (Hernández *et al.*, 2012). Algunos autores como Mendoza (2010) menciona que la mayor área foliar se registró cuando el intervalo de corte fue a 6 y 8 semanas y la menor a cuatro semanas. Los cortes que se realizan con mayor frecuencia causan una menor cantidad de área foliar, altura, rendimiento y de recuperación, por el contrario, en periodos prolongados de corte el índice de área foliar será mayor. Para un mayor rendimiento el IAF es un factor de acumulación de MS, lo que significa que entre mayor índice de área foliar la captación de luz es mayor, así como el rendimiento (Villegas, 2002). El índice de área foliar elevado significa pérdidas de forraje, al igual que si tenemos un índice de área foliar reducido nos dan como resultado un rebrote lento, agotamiento de la planta y menor producción de forraje (Beguet, 2001).

### **2.6.2 Meristemas de crecimiento**

Son formados por células embrionarias que se encuentran en regiones celulares de la planta, la multiplicación y diferenciación se forma del resto de los tejidos. Existen dos grupos de meristemas los cuales son: meristemas primarios que dependen del crecimiento en longitud y los meristemas secundarios que producen el engrosamiento de los tallos y raíces (Rojas, 1993). Debido a que los meristemas apicales permanecen al alcance del corte o pastoreo, el rebrote posterior tiene influencia por los ápices, se produce desde las yemas de la corona y meristemas axilares de los tallos más bajos. Las auxinas y citoquininas influyen la activación de los meristemas por su balance, los cuales inducen la formación de hojas jóvenes en donde se producen auxinas requeridas para el desarrollo del nuevo tejido foliar y radicular (Bustamante *et al.*, 2016). Debido a que el rebrote es a partir de la corona la alfalfa requiere un descanso prolongado, influyendo también la cantidad de material fotosintético remanente y reservas de carbohidratos de la base de tallos y coronas (Romero *et al.*, 1995).

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 los tallos remanentes. Si la cosecha se realiza muy cercana al suelo, las especies rastreras se favorecen en relación con las erectas, pero si la cosecha no es cercana al suelo son las especies rectas las que responden más rápido (Richards, 1993). De acuerdo con Chapman y Lemaire (1993), la posición de los meristemos depende del hábito de crecimiento de la planta. En la alfalfa la posición de los meristemos de crecimiento se encuentra a la altura del corte, por lo que el rebrote se da desde las yemas de la corona y los meristemos axilares; el tiempo requerido para la recuperación es prolongado, debido a que las yemas activas tienen un crecimiento óptimo hasta que la planta se encuentra en estado reproductivo, esto no sucede en las condiciones de pastoreo (Baguet y Bavera, 2001).

### **2.6.3 Reservas de carbohidratos**

La energía necesaria para que se dé inicio al proceso del crecimiento de la alfalfa después de la defoliación y genere un área foliar adecuada, proviene de los carbohidratos de reserva o carbohidratos no estructurales (azúcares, almidón y otros compuestos orgánicos) los cuales se almacenan en las raíces y en menor proporción en la corona (Romero *et al.*, 1995). Las reservas de carbohidratos, cantidad y el tejido que fue removido son los factores más importantes para determinar el impacto de la defoliación en la planta y las características para la recuperación (Richards, 1993). De acuerdo con Skinner (1999), el crecimiento inicial de la alfalfa depende de la movilización de las reservas de N y carbohidratos no estructurales los cuales son almacenados en raíces y coronas, los cuales se movilizan para contribuir al rebrote de la planta dependiendo de las concentraciones de bióxido de carbono y el suministro de nitrógeno. Los cuales se redistribuyen cuando la planta lo requiere para su crecimiento (Romero *et al.*, 1995).

Son usadas por la planta para producir nuevos crecimientos vegetativos y fuente de energía para realizar sus procesos fisiológicos, reservas compuestas principalmente por almidón y azúcares. Los periodos de reserva son cíclicos por lo que pueden cambiar dependiendo los sistemas de uso del forraje. El contenido disminuye

hasta que la planta alcanza una altura de 20 cm, cuando la capacidad fotosintética de las hojas remanentes y las condiciones ambientales para la fotosíntesis durante el crecimiento pueden satisfacer los requerimientos (Romero *et al.*, 1995). Las reservas son menores en el proceso de rebrote, ya que se usan estas reservas para la formación de la nueva parte aérea, las yemas presentes en el área foliar remanente también son factores a considerar para el rebrote (Viteri y Vitalino, 2019). Los excedentes son traslocados a la raíz y la corona para almacenarse, y los rendimientos máximos se logran cuando la planta está a punto de comenzar la floración (Romero *et al.*, 1995).

#### **2.6.4 Disponibilidad de agua**

La planta de alfalfa es de arraigamiento profundo y una gran productora de forraje es por eso que requiere de una gran demanda hídrica, mientras exista una mayor densidad de raíces la planta puede llegar a extraer hasta el 85 % de agua que utiliza del primer metro de profundidad (Varas, 2002). Para obtener una producción adecuada se ha calculado que se requieren de 450 a 500 mm para climas de montaña, para climas cálidos, áridos y desérticos el límite varía entre 1,200 a 1,400 mm (Duarte, 2002). Azud (2019) nos dice que las necesidades hídricas de la alfalfa en el total del ciclo productivo son alrededor de 700-900 mm de agua, pudiendo llegar hasta 12 mm/día.

El uso de agua por la planta depende de factores como el desarrollo del cultivo, la sanidad de la planta, fertilidad del suelo disponibilidad de agua en el suelo. Al establecer el cultivo se favorece la infiltración del agua superficial al subsuelo, esto se debe a las raíces que posee la planta siendo canales de transportación (Guo *et al.*, 2019). La alfalfa es una planta que tolera poco el exceso de agua, Bauder (1998) señala, que el crecimiento de la planta se reduce en un 50 % cuando el cultivo está inundado y el agua mantiene una temperatura de 21 °C durante 4 días o 2 días con el agua a 32 °C. El sistema de riego por goteo (RGS) es una tecnología que permite que se emplea en zonas áridas y semiáridas para la producción de forraje e incrementando la eficiencia del uso del agua, con el suministrando de humedad en los primeros 100

cm de profundidad (Zhang *et al.*, 2020). El sistema de riego por goteo permite que el ahorro de agua sea de 30 a 50 % en comparación con el riego de aspersión e inundación, se aplica agua en volumen bajo con el RGS, evitando la pérdida de agua por evaporación directa del suelo y por percolación profunda; cuando se realiza el RGS el suelo en la capa superior debe permanecer prácticamente seca, para disminuir la evaporación directa y la proliferación de malezas. El riego por goteo subterráneo proporciona una seguridad de riego de profundidad de 0 a 60 cm al alcance para la mayor cantidad de raíces las cuales se encuentran normalmente a 30 cm de profundidad, esta técnica también evita la pérdida de agua por evaporación y se requiere poca disponibilidad de agua (Wang *et al.*, 2018).

### **2.6.5 Frecuencia e intensidad de corte**

El tiempo que transcurre entre un corte y el siguiente es la frecuencia de corte aplicada a la planta, de igual forma el total de cortes que se realizan en cierto periodo están determinados para establecer el rendimiento de forraje por superficie (Mendoza, 2008). Teixeira (2007) menciona que, para que la producción de alfalfa sea la adecuada la alta persistencia y el buen rendimiento son condiciones a las cuales se debe prestar atención para poder obtener un forraje de alta calidad y en grandes cantidades, de tal forma, que presente una mayor persistencia en las praderas.

Villegas *et al.* (2004) consideran que según la estación del año y la variedad la edad al realizar el corte de la alfalfa tiende a ser distinta, los cortes frecuentes antes de que las yemas florales aparezcan reducen la influencia del clima. Las tasas de crecimiento son diferentes debido a que el desarrollo del forraje es estacional afectando de forma directa el rendimiento de forraje es por eso que es importante que se determinen frecuencias de corte a través del año (Hernández y Martínez, 1997).

## **2.7 Producción estacional de forrajes**

Los factores que intervienen en los patrones de crecimiento estacional de los forrajes son las condiciones edafoclimáticas del ambiente donde se desarrolla el estudio; de igual forma influyen: horas e intensidad de luz, viento, temperatura, tasa de evaporación, precipitación y el cómo estas condiciones climáticas interactúan con las condiciones de manejo que se la proporciona a la especie, diferencias de producción total y estacional (Hernández y Martínez, 1997).

## **2.8 Valor nutritivo en los forrajes**

El valor nutritivo de los forrajes es determinado por los nutrientes que le puede proporcionar al animal respecto a las propias necesidades del mismo. Durante el pastoreo se deben aportar los nutrientes que requiere el animal, debido a la producción estacional de las plantas forrajeras y sus etapas existen momentos en los que estos requerimientos no pueden ser cubiertos. Al aumentar las demandas de los nutrientes como proteínas, carbohidratos solubles y minerales son limitados en cantidad y en balance para ser aprovechados por el animal (INTAGRI, 2018). Cuando una planta forrajera se encuentra en etapa madura, pasa por ciertos cambios químicos y físicos, la relación entre la madurez de la planta y la calidad de los forrajes es inversa. En la etapa madura la digestibilidad y el contenido de proteína disminuye por los procesos que realiza la planta para la etapa de floración (Jiménez y Martínez, 1984; Melvin, 2001). De igual forma la especie, madurez y el tejido que es removido de la planta durante la cosecha la calidad nutritiva del forraje se verá afectada (Karn *et al.*, 2006).

La alfalfa es una leguminosa conocida como una excelente planta forrajera con altos niveles de proteínas, minerales y vitaminas de excelente calidad. El valor energético es muy alto, en relación con el valor nitrogenado que posee la alfalfa y la mayoría de las leguminosas. De igual forma, es considerada una excelente fuente de minerales como: fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, etc. Proporciona altos niveles de B-carotenos (precursores de la vitamina A) que tienen influencia en la

reproducción de los bovinos. La cantidad de proteína es de 19 %, pero puede variar en un rango de 17.3 a 23.9 %, de esto depende el estado fisiológico en que se encuentre la planta (Horrocks y Vallentine, 1999). Aproximadamente tiene un contenido de fibra cruda de 30 %, con un porcentaje de digestibilidad de 80.9 % *in vitro* e *in situ* con variadas tasas de degradación ruminal siendo de hasta un 79.1 %, al ser valores de digestibilidad sumamente relacionados es una alternativa de confianza (Quiroga y Salinas, 2005).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Descripción del área experimental**

El estudio se realizó durante la estación de primavera del 05 de marzo del 2022 al 23 de julio del 2022, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, en el área experimental conocida como “El Bajío”, con coordenadas 25° 23’ de Latitud Norte y 101° 00’ de Longitud Oeste, a una altitud de 1783 m. El clima es templado semiseco, con una temperatura promedio de 18 °C. Durante la estación de primavera las temperaturas máximas diarias aumentan de 22 a 29 °C rara vez disminuyen de 6 °C o exceden los 33 °C la temperatura promedio es de 27 °C. El promedio anual de precipitación en la zona es de 340 mm (Climate-Data-org, 2010).

##### **3.1.1 Condiciones climáticas durante el experimento**

En la Figura 3 se muestran las temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones acumuladas que se registraron durante el periodo del experimento. Los datos fueron obtenidos de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA, UAAAN, Saltillo). La máxima temperatura que registrada fue de 34.31 °C y la mínima de 1.32 °C. La mayor precipitación acumulada fue de 17.1 mm, estos datos durante el periodo total del estudio.

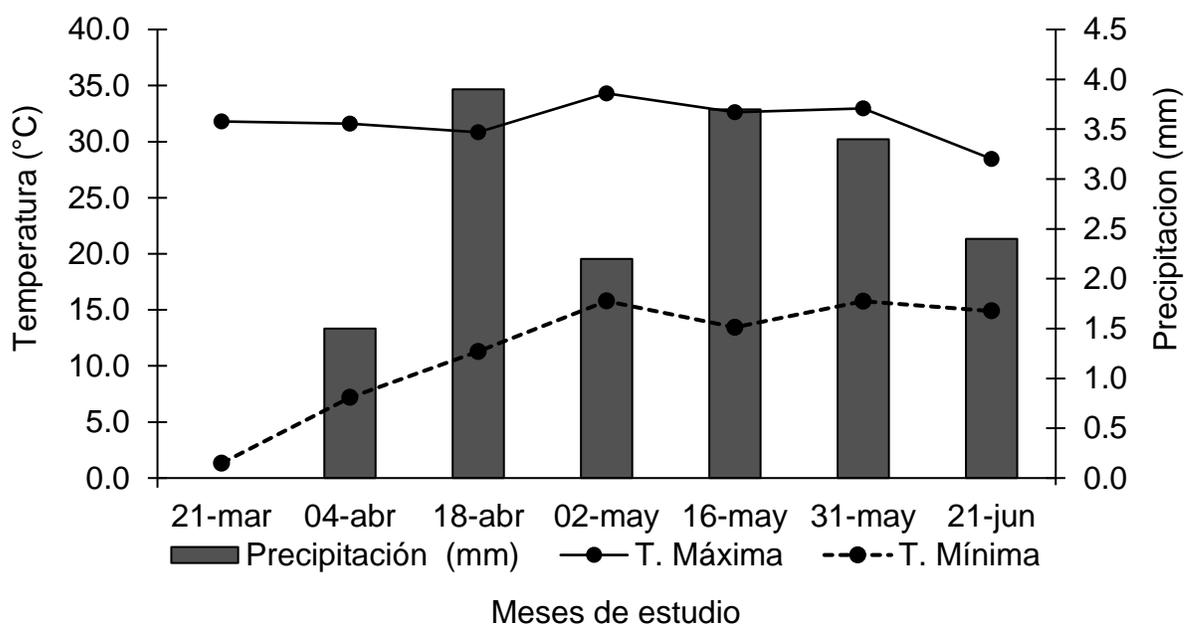


Figura 3. Precipitación acumulada (mm), temperatura máxima (Temp. Max °C) y temperatura mínima (Temp. Min °C) tomadas por la RUOA, UAAAN, Saltillo Coahuila en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro durante la estación de primavera del 2022.

### 3.2 Manejo de las parcelas experimentales

Se utilizaron nueve parcelas de 9 m<sup>2</sup> (3 x 3 m), establecidas el 5 de febrero de 2019. Se estudió la variedad premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Dicha variedad se sometió a tres intervalos de cortes: Corte Temprano (CTE), Corte Medio (CME) y Corte Tardío (CTA), considerando el CME como testigo. Los intervalos de corte fueron para el CTE = tres semanas, CME = cuatro semanas y CTA = cinco semanas. La siembra fue al voleo a una densidad de siembra de 22 kg SPV ha<sup>-1</sup>. Se aplicaron riegos con cintilla superficial colocada a 70 cm de separación y con riegos cada quince días a capacidad de campo.

### **3.3 Tratamientos y diseño experimental**

La fuente de variación fueron los intervalos de corte (CTE, CME y CTA). El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones para cada intervalo de corte.

### **3.4 Variables evaluadas**

#### **3.4.1 Rendimiento de forraje**

El rendimiento de forraje se determinó cortando el forraje presente en un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup>, ubicando al azar dentro de cada repetición, realizando el corte de planta a una altura aproximada de 5 cm arriba de suelo. El forraje obtenido en cada intervalo de corte se depositó en bolsas de papel previamente identificadas. Posteriormente se sometió a un secado en una estufa de aire forzado, modelo POM-246F SERIAL No. P6-800 a una temperatura de 55 °C por 72 horas hasta obtener peso constante, de esta forma se registró el peso de la materia seca, y por ende se determinó el rendimiento por unidad de superficie (kg MS ha<sup>-1</sup>).

#### **3.4.2 Composición botánica - morfológica**

Para determinar la composición botánica-morfológica se utilizó una submuestra de aproximadamente un 10 % del forraje cosechado para el rendimiento de forraje total obtenido, separándola en: hoja, tallo, material muerto, inflorescencia y maleza. Cada componente se colocó por separado en bolsas identificadas para someterla a un secado en una estufa de aire forzado, modelo POM-246F SERIAL No. P6-800 a una temperatura de 55 °C hasta obtener peso constante. Para tener un peso más preciso se utilizó una balanza analítica y se pesó las muestras de cada componente, determinando el porcentaje y kg MS ha<sup>-1</sup> de aportación al rendimiento total, mediante las siguientes formulas:

$$\text{CBM (\%)} = \left[ \frac{\text{Peso total del componente}}{\text{Peso total de la CBM}} \right] 100$$

$$\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} = \left[ \frac{\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} \text{ componente}^{-1}}{\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1}} \right] 100$$

### 3.4.3 Relación hoja: tallo

Con los datos obtenidos de la composición botánica y morfológica de hoja y tallo de las muestras de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se realizaron los cálculos para estimar la relación hoja:tallo, mediante la siguiente formula:

$$R = \frac{H}{T}$$

Donde:

H:T = Relación hoja: tallo.

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

H = Peso seco del componente hoja (kg MS ha<sup>-1</sup>).

T = Peso seco del componente tallo (kg MS ha<sup>-1</sup>).

### 3.4.4 Altura de la planta

Para la estimación de la altura de la planta, antes de realizar el corte, se tomaron diez alturas de planta al azar en cada repetición. Para ello se utilizaron los métodos de la regla y el plato, cada uno de 100 cm con graduación de 1 mm de precisión. Obtenidas las lecturas de cada repetición en cada variedad, se calculó el promedio de altura de planta por cada repetición.

### 3.4.5 Luz interceptada

Para la determinación del porcentaje de luz interceptada, se utilizó la barra light o sensor de quantum de 70 cm de longitud, modelo PS-100, Apogee, Inst, Utah, USA, ubicándola de manera horizontal con una orientación norte – sur y nivelada mediante la burbuja a la hora de tomar la lectura. Se tomaron tres lecturas por cada repetición antes de realizar el corte, entre de 12:00 y 13:00 hrs, horario en la que los rayos del sol inciden de forma perpendicular sobre la superficie de las parcelas. Las lecturas fueron sobre el dosel y debajo del dosel de las plantas, para que con las primeras se registrara la luz recibida (100 %) y la lectura bajo el dosel representara la luz que no interceptó la planta, que se considera como la energía lumínica no aprovechada para la fotosíntesis. Con los registros de estas lecturas se calculó el porcentaje de luz interceptada por repetición, mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

% 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 ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{nm}^{-1}$ ).

### 3.4.6 Área foliar por tallo

Se seleccionaron al azar 10 tallos dentro de cada parcela, se cortaron y colectaron en bolsas de papel, y posteriormente separarlas en hojas y tallos. Las hojas se colocaron en una hoja de papel y se analizaron en la aplicación Image-J, y se registraron los datos en  $\text{cm}^2$  de área foliar de diez tallos, para posteriormente determinar el área foliar por tallo ( $\text{cm}^2 \text{AF tallo}^{-1}$ ).

### 3.5 Análisis estadístico

Para comparar los intervalos de corte, se utilizó el modelo de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Cuando hubo efecto de intervalo de corte se realizó una comparación de medias con la prueba Tukey al 5 % de probabilidad.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor de la variable de estudio

$\mu$  = Media general de la población estudiada

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del i-ésimo bloque

$E_{ij}$  = Error estándar de la media

Se utilizó un ANOVA con el procedimiento GLM de SAS (Statistical Analysis System Versión 9.0 para Windows; SAS Institute, Cary NC. USA) y una comparación de medias con la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Rendimiento de forraje

En el Figura 4 se muestra el rendimiento de materia seca de la variedad Premium cosechada a diferentes intervalos de corte (IC) en la estación de primavera en el Sureste de Coahuila, México. Se presentaron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) cuando la planta se cosecho a diferentes IC. El mayor rendimiento de forraje se presentó en el intervalo de corte tardío (CTA) con 10,259 kg MS ha<sup>-1</sup>. Por lo contrario, los menores valores se presentaron cuando la alfalfa se cosecho a los 21 (CTE) y 28 días (CME), con 5,218 y 5,850 kg MS ha<sup>-1</sup>.

Autores como Pearson y Ison, (1987); Horrocks y Vallentine, (1999); mencionan que el rendimiento en cuanto a materia seca en una parcela las condiciones ambientales son los factores que influyen para obtener una buena producción. De igual forma Mendoza (2010), menciona que al realizar los cortes en intervalos de 21-28 días tiene un menor rendimiento de forraje de hasta un 39 % en comparación del corte realizado a 42 y 49 días con un rendimiento de hasta 34,457 kg MS ha<sup>-1</sup>. Por otra parte, Basigalup (2007), registra que para determinar el periodo de corte lo más recomendable es cuando la planta alcance el 10 % de floración o una altura de brotes basales de 5 cm, por lo que los cortes de primavera-verano son mucho más consecuentes que los de otoño-invierno.

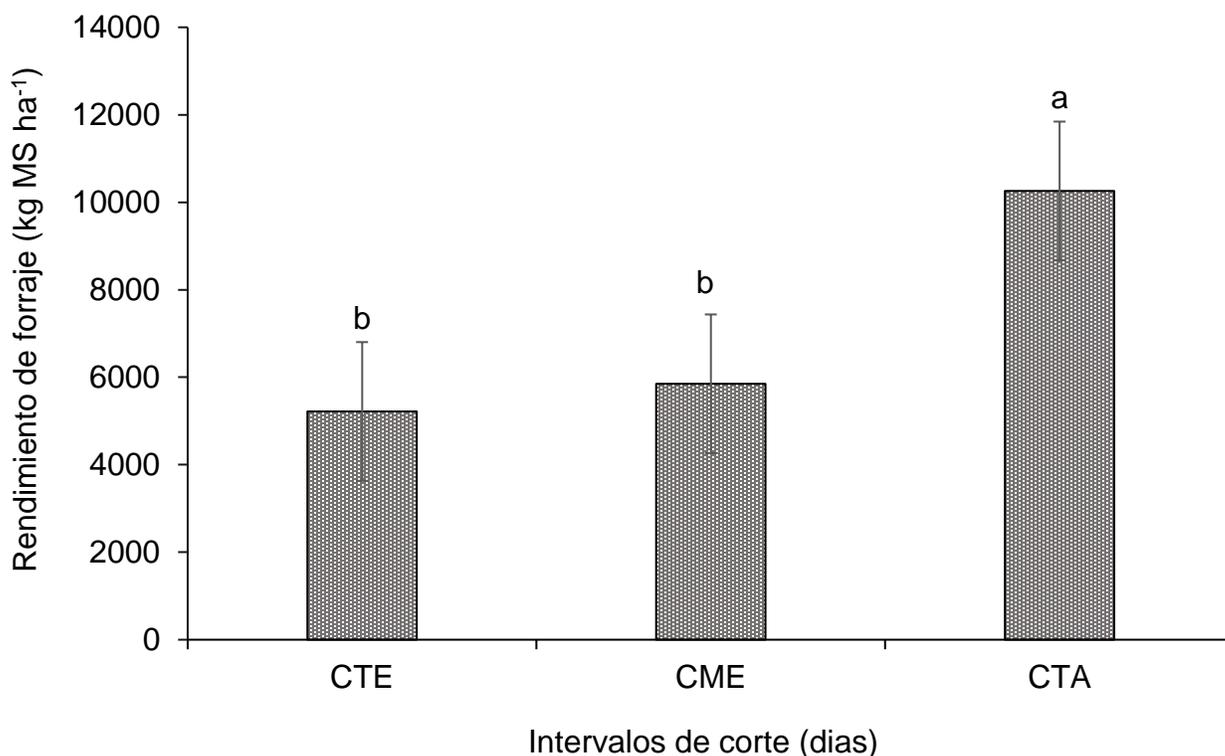


Figura 4. Rendimiento de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) de alfalfa var. premium cosechada diferentes IC en el sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano, (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío (35 días). Mismas letras sobre las barras no son estadísticamente similares ( $p > 0.0$ ).

#### 4.2 Composición botánica – morfológica

En el Cuadro 4 de anexos y Figura 5 encontramos el rendimiento de forraje expresado en kg MS ha<sup>-1</sup> de la composición botánica-morfológica de los diferentes componentes de la var. Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.), cosechada a diferentes IC en la estación de primavera 2022 en el sureste de Coahuila, México. Se encontraron diferencias estadísticas entre componentes y entre IC. Los componentes hoja, tallo e inflorescencia mostraron un mayor rendimiento en el intervalo CTA con 4168, 5336 y 146 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente, en contraste el material muerto (MM) y maleza no presentaron diferencias ( $p > 0.05$ ) entre los tres IC.

Respecto a los intervalos, en CTE y CME la hoja y tallo fueron los componentes que más aportaron al rendimiento total, con 2,116 y 1934 kg MS ha<sup>-1</sup> en CTE, y para CME valores de 2,241 y 2,795 kg MS ha<sup>-1</sup>. En cuanto al CTA el tallo reporto la mayor aportación con 5,336 kg MS ha<sup>-1</sup>. En promedio independientemente del componente, el tallo obtuvo la mayor producción por IC con un promedio de 3,355 kg MS ha<sup>-1</sup>, en contra parte la inflorescencia (74 kg MS ha<sup>-1</sup>) registro la menor producción. Finalmente, con 10,259 kg MS ha<sup>-1</sup> el CTA fue el intervalo donde se obtuvo la mayor acumulación de materia seca, superando al CTE y CME, donde se produjo solo 5,218 y 5,850 kg MS ha<sup>-1</sup>.

En el Cuadro 4 de anexos, en la Figura 5 encontramos la aportación total en porcentaje de la composición Botánica-Morfológica de la var. Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.), cosechada a diferentes intervalos de corte (IC) en la estación de primavera en el Sureste de Coahuila, México. Se presentaron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los componentes y entre los IC ( $p < 0.05$ ), el componente tallo fue el que tuvo una mayor aportación en el CTA con un 53 %, en contraste con el CME y CTE fueron menores con 46 % y 40 % respectivamente. En comparación en IC entre componentes en el CTE la hoja tuvo una mayor presencia con un 42 % sobre el tallo que solo aportó un 40 %, siendo la inflorescencia, material muerto y maleza los componentes que aportaron un menor o nulo valor al rendimiento con un 0, 8 y 10 %. Por otra parte, en el CME y CTA el tallo fue el componente que más aportó en un 46 y 53 % respectivamente siendo la inflorescencia, material muerto y maleza los que aportaron la menor o nula cantidad de rendimiento. En promedio en los tres IC el componente que aportó un mayor porcentaje al rendimiento fue el tallo con un 46 % seguidamente de la hoja con un 42 %, y el material muerto, inflorescencia y maleza, son los componentes que aportaron menor o nulo porcentaje al rendimiento total.

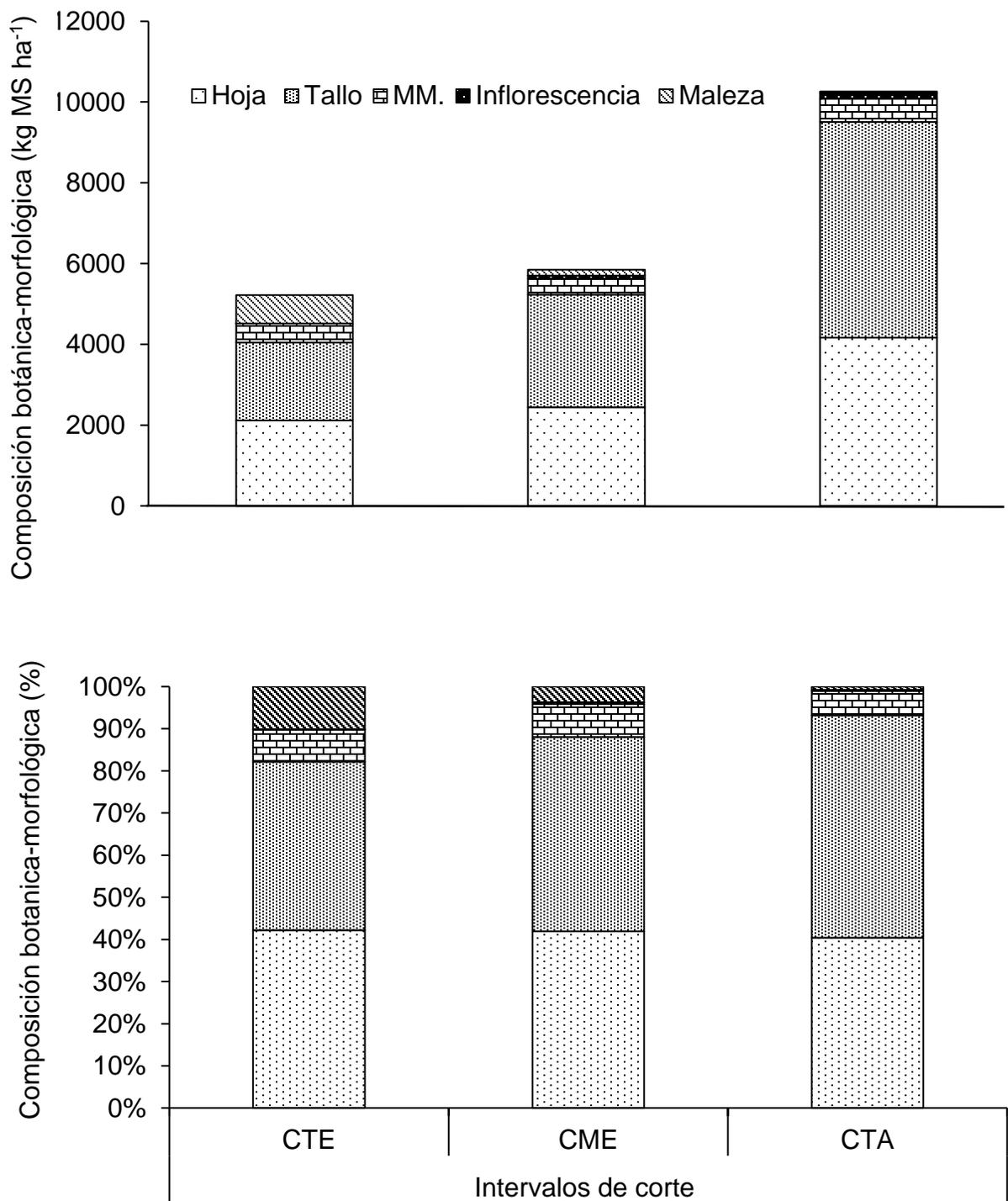


Figura 5. Aportación al rendimiento total de los componentes botánicos-morfológicos de alfalfa var. premium, cosechada a diferentes intervalos de corte en el sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío (35 días). MM= Material muerto.

Por otro lado Mendoza (2010), comentó que en primavera, donde los intervalos de corte son menos prolongados la maleza tiende a presentarse en un mayor porcentaje de forraje al igual que de hojas y los rendimientos del tallo serán menores lo cual nos indica que la calidad nutritiva es más alta, pero debido al agotamiento de las reservas de los carbohidratos son trasladados de las raíces a la base de tallos, por lo que las plantas desaparecen rápidamente, causando que el rebrote dentro de la pradera sea más lento y permita a la maleza desarrollarse e invadir el espacio que debería ocupar el forraje. De igual forma menciona que mientras más prolongados sean los intervalos de corte mayor proporción alcanzan los tallos en cuanto al rendimiento de la planta. Si hablamos acerca del valor nutritivo de la planta se genera un menor porcentaje de digestibilidad, menos aportación de proteína cruda, así como mayor porcentaje de fibra y material vegetativo muerto (Bouton, 2001). Al tener un mayor desarrollo de los tallos el crecimiento de las hojas disminuye y la proporción de inflorescencia aumenta debido a que la planta llega a la etapa reproductiva (Mendoza, 2010).

En la estación de primavera se presentan las temperaturas más óptimas para el crecimiento de la alfalfa, las cuales son de 15 a 28 °C, beneficiando el rendimiento y la tasa de crecimiento de las diferentes variedades de alfalfa (Rojas *et al.*, 2017). Los rendimientos de forraje menores obtenidos se reportaron cuando las frecuencias de corte son de 4-3 y 5-4 semanas sin importar la estación del año, por lo que lo más recomendable es que se realicen los cortes en intervalos de corte de 5-8 semanas (Rojas *et al.*, 2020). Hamson, (1988) reportó que a intervalos de corte menores la planta contiene más nutrientes debido a que las reservas energéticas se encuentran aún en la raíz proporcionando los nutrientes en toda la planta homogéneamente, en comparación cuando se realizaron cortes prolongados donde ya estas reservas se encuentran en los tallos para generar un mayor rendimiento. Este mismo autor al evaluar las diferentes etapas de floración reportó que es la etapa de inicio de floración la mejor para realizar el corte cuando apenas se comienza a presentar en un 10 % la floración en toda la extensión del terreno.

### 4.3 Relación hoja-tallo

En la Figura 6 se muestra la relación hoja-tallo respecto a la planta en general, de la var. Premium en la estación de primavera. Se puede observar diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ), esto cuando la planta fue cosechada a diferentes intensidades de corte. Durante el corte temprano (21 días), se presentó la mayor relación con un valor de 1.1, mientras que en el corte medio (28 días), la relación fue de 0.9 mostrando una similitud tanto con el corte temprano, que fue el valor más alto, así como con el corte tardío (35 días) que fue el que tuvo una menor relación hoja/tallo con 0.8. La diferencia mínima significativa marco la diferencia entre los intervalos de corte (IC).

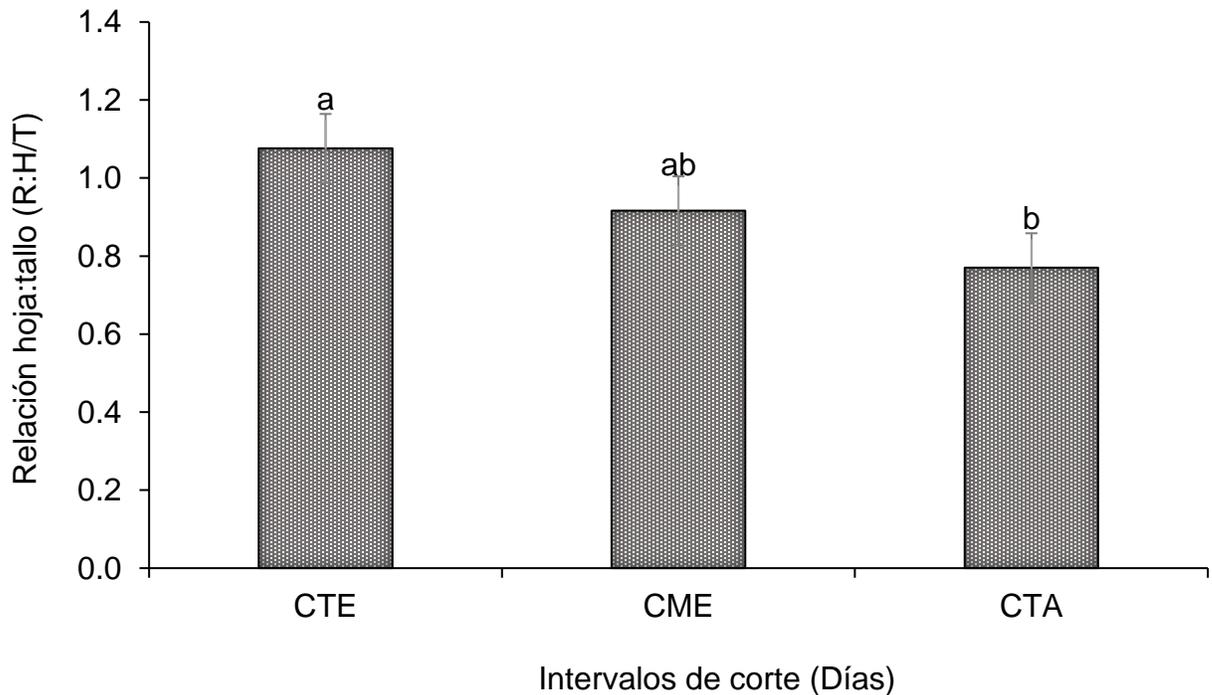


Figura 6. Relación hoja-tallo (R:H/T) de alfalfa var. Premium cosechada a diferentes intervalos de corte en el sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano, (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío, (35 días). Mismas letras sobre las barras no son estadísticamente similares ( $p > 0.0$ ).

Mendoza (2010), reportó que la relación hoja-tallo se relaciona con los intervalos de corte menos prolongados, si se permiten periodos largos de corte el tallo aumenta

la cantidad y las hojas disminuyen. Por lo que recomienda que para obtener una mayor relación hoja-tallo las frecuencias de corte deben ser menores. Rojas (2011), evaluó diez variedades de alfalfa las cuales como resultado le dieron una mayor relación hoja-tallo en otoño-invierno, debido a que en estas estaciones los periodos de corte son cortos permitiendo que las hojas sean mayores en proporción al tallo al momento de cortarse.

#### **4.4 Altura de la planta con los métodos del plato y regla**

En la Figura 7a, encontramos la gráfica de la altura promedio de la planta de alfalfa de la var. Premium en la estación de primavera, utilizando el método del plato para realizar las medidas en cada uno de los intervalos de corte. Se pudo observar que existió diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las diferentes frecuencias de corte. En el corte medio (28 días) y corte tardío (35 días), las alturas son parcialmente similares entre ellas, siendo el mayor, el corte tardío con una altura de 18 cm y el corte medio con una altura de 16 cm. Mientras que el menor fue el corte temprano con una altura de 6 cm. Rojas *et al.* (2016) en una investigación del comportamiento de 5 variedades de alfalfa durante la estación de primavera reportaron una altura máxima de 61 cm en la variedad Júpiter. El rendimiento de materia seca y aumento de la altura de la planta son mayores cuando el intervalo de corte se alarga a más de 35 días de rebrote (Muslera y Ratera, 1991).

En la Figura 7b, se muestra la altura que se registró en cada frecuencia de corte siendo estos CTE= corte temprano (21 días), CME= corte medio (28 días) y CTA= corte tardío (35 días) en alfalfa en la var. Premium en el sureste de Coahuila. En la altura de la regla el CTA (35 días) fue el que tuvo un mayor rendimiento respecto a la altura con un total de 58 cm al igual que el CME (28 días) con una altura de 50 cm, siendo el más bajo el CTE (21 días) con 30 cm de altura. Estadísticamente se presenta una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre CME y CTA, el corte temprano presentó un mayor porcentaje de altura.

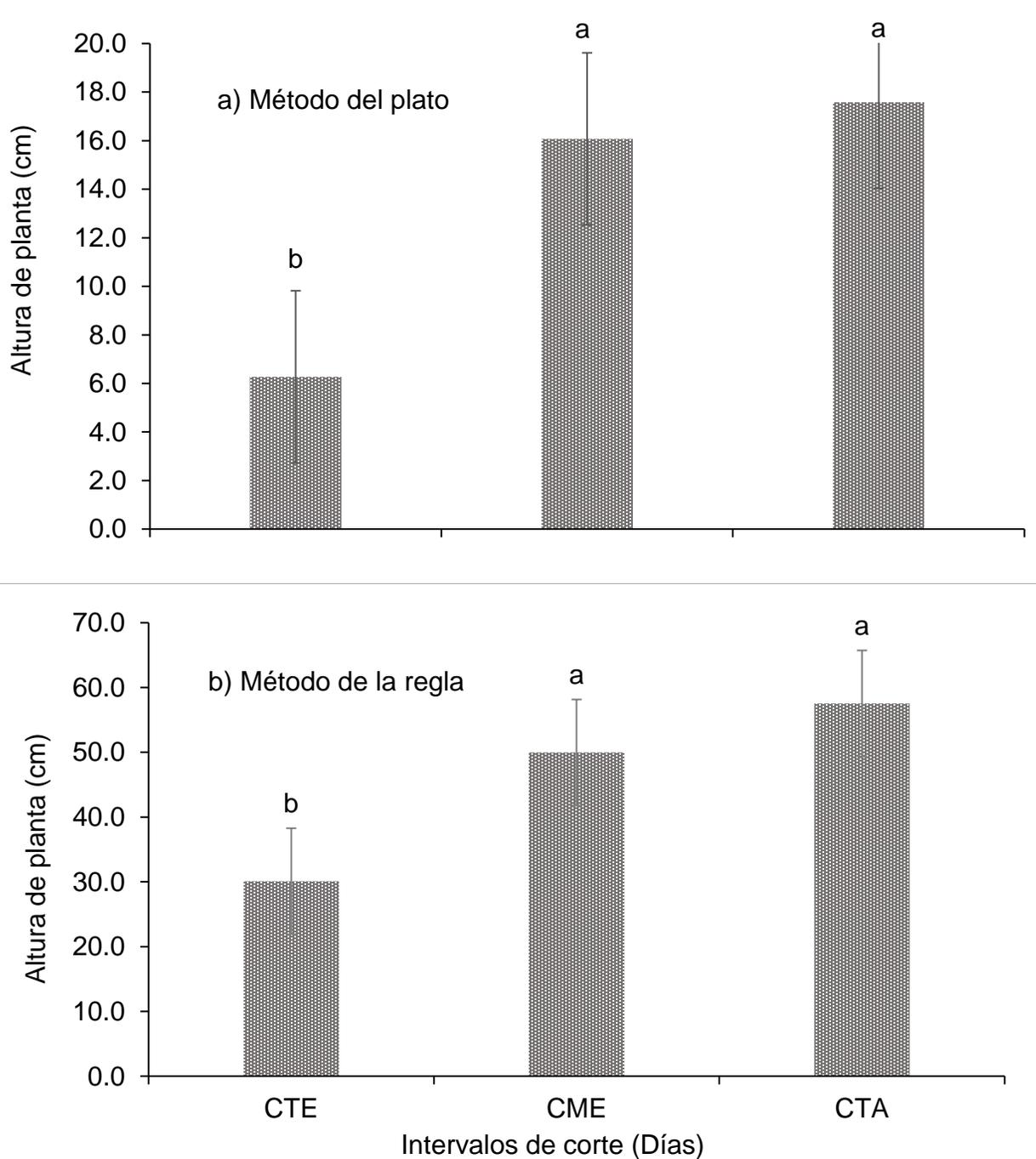


Figura 7. Altura de planta (cm) estimada con el método del plato (a) y regla (b) en la var. premium cosechada a diferentes intervalos de corte en el sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano, (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío (35 días). Mismas letras sobre las barras no son estadísticamente similares ( $p > 0.05$ ).

Por su parte, Ramos y Hernández (1970), compartieron que para obtener un mayor rendimiento se logra permitiendo a la planta la mayor altura posible, basándonos en la etapa fisiológica en que se desee cortar la alfalfa, el periodo en que recomiendan realizar los cortes son de 40 días aproximadamente. Por otro lado, Muslera y Ratera (1991) compartieron que mientras más largos sean los intervalos de corte recomendable a más de cinco semanas el rendimiento de forraje y la altura se incrementan. Así mismo, Hernández *et al.* (1992) reportaron alturas de 58 cm al corte con un espacio de ocho semanas, mientras que en los cortes realizados a más de cinco semanas alcanzaron una altura de 40 cm. Debido a la relación que existe entre rendimiento altura, si se le permite a la planta intervalos de corte más prolongados, la altura será mayor, el tallo tendrá un mayor desarrollo y obtendremos un rendimiento considerablemente mayor.

#### **4.5 Luz interceptada**

En la Figura 8 se registra el promedio de la radiación interceptada durante la estación de primavera en alfalfa var. premium en el sureste de Coahuila México, con 3 diferentes frecuencias de corte; CTE= corte temprano (21 días), CME= corte medio (28 días) y CTA= corte tardío (35 días). El corte tardío fue el que presento un mayor porcentaje de luz interceptada con el 93 %, el corte medio teniendo un porcentaje de 86 % y el corte temprano es el que tuvo un menor porcentaje con solo 72 %, presentaron una diferencia significativa clara ( $p < 0.05$ ), mientras que los cortes medio y tardío fueron similares y presentaron un porcentaje mayor en comparación con el corte temprano que fue el de menor valor.

Da Silva y Nascimento (2007), comentan que el mejor momento para realizar la cosecha de forraje es al momento en que el porcentaje de luz interceptada sea del 95 % cumpliendo con las otras características adecuadas. Reforzando esta teoría Mattera *et al.* (2013) realizo una investigación en varias distancias entre plantas (10, 15, 20, 25 y 30 cm), reportó un 95 % de intercepción de luz en la estación de primavera en todas las distancias marcadas. Varios autores concuerdan en que mientras menor

separación exista entre una planta y otra el rendimiento, índice de área foliar y radicación interceptada serán mayores (Baldissera *et al.*, 2014; Mattera *et al.*, 2013; Rojas *et al.*, 2016).

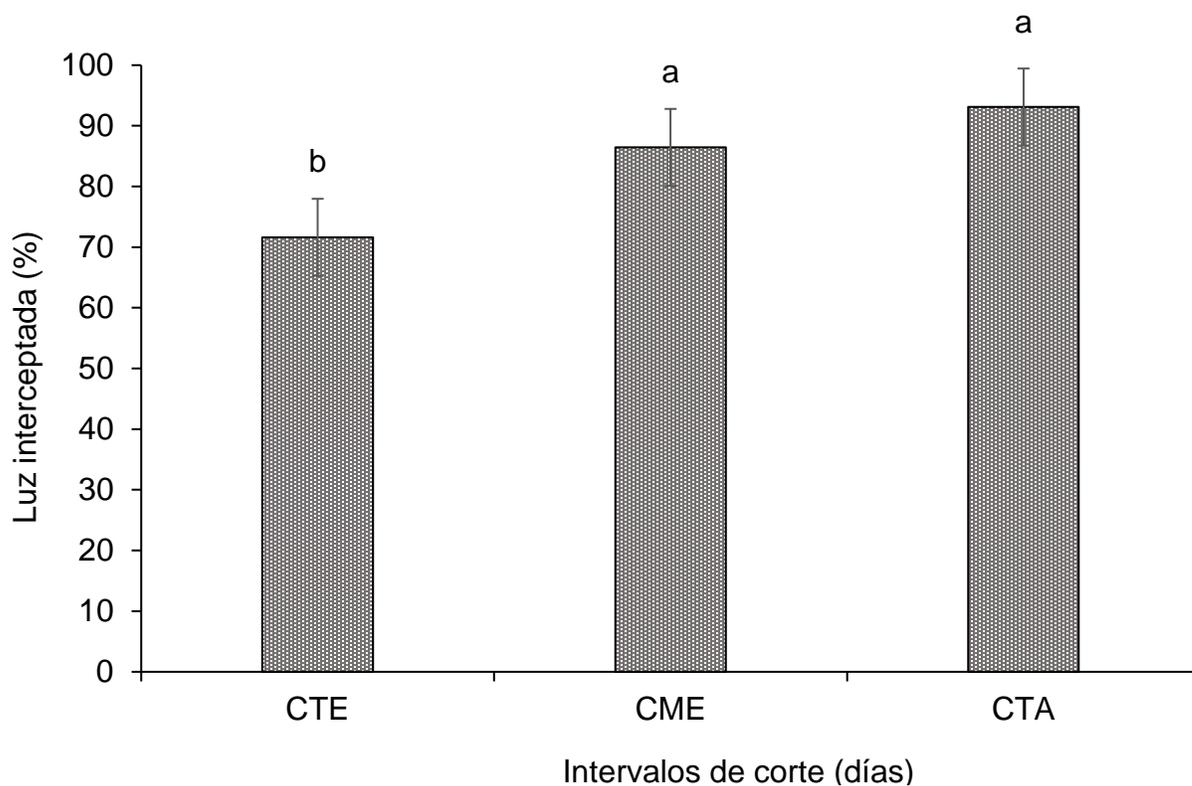


Figura 8. Luz interceptada (%) en la var. premium a diferentes intervalos de corte en el sureste de Coahuila, México utilizando la barra light. CTE = Corte temprano, (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío, (35 días). Mismas letras sobre las barras no son estadísticamente similares ( $p > 0.0$ ).

#### 4.6 Área Foliar

En la Figura 9 podemos apreciar el área foliar promedio de cada uno de los intervalos de corte CTA= corte temprano (21 días), CME= corte medio (28 días) y CTA= corte tardío (35 días) en la alfalfa var. Premium realizado en el sureste de Coahuila México. Los tres cortes presentan valores similares, sin embargo, se obtuvo un porcentaje mayor en el corte tardío con un promedio del  $72 \text{ cm}^2 \text{ tallo}^{-1}$  y los menores

el corte medio y temprano con un  $60 \text{ cm}^2 \text{ tallo}^{-1}$  y  $54 \text{ cm}^2 \text{ tallo}^{-1}$ . Estadísticamente no existieron diferencias significativas entre los intervalos de corte (I.C).

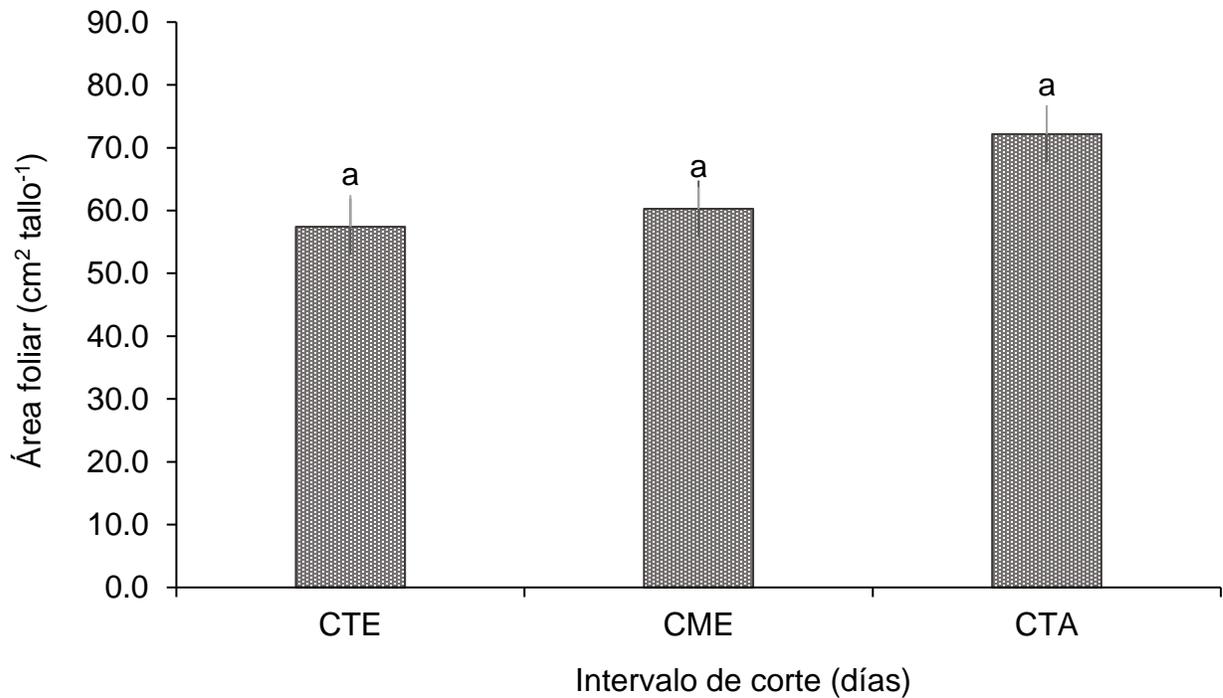


Figura 9. Área foliar ( $\text{cm}^2 \text{ tallo}^{-1}$ ) de la var. Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes intervalos de corte en el sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano, (21 días). CME = Corte medio (28 días). CTA = Corte tardío, (35 días). Mismas letras sobre las barras no son estadísticamente similares ( $p > 0.0$ ).

Villegas *et al.* (2004) encontraron que en primavera se obtuvo una velocidad mayor en el crecimiento de la planta, por lo tanto, un índice de área foliar mayor alcanzado IAF. En este sentido, Rachel y Novotny (1996) quienes indicaron que durante los cortes realizados en las primeras dos y tres semanas la TC fue mejor, relacionando este resultado con el área foliar. Por su parte Mattera *et al.* (2013) encontraron como resultado que a una distancia de 10 cm entre cada planta se obtuvo un mayor índice de área foliar en comparación con una distancia de 30 cm que fue el índice menor. De igual forma reportaron en la estación de primavera y verano que el índice de área foliar mayor ocurrió a una distancia de 15 cm de separación entre plantas.

## V. CONCLUSIONES

En conclusión, el rendimiento de forraje fue mayor en un corte a 35 días, demostrando que mientras mayor sea la frecuencia de corte la producción de forraje será mayor, donde el tallo fue el que aportó una mayor cantidad de materia seca al rendimiento total, seguido por la hoja, material muerto, maleza e inflorescencia. En intervalos de corte de menor frecuencia, corte medio y temprano cosechados a 4 y 3 semanas seguidos por el material muerto, maleza e inflorescencia. Cuando los cortes son más consecuentes la relación hoja:tallo se incrementa, pero la altura de la planta es menor, por lo cual, para una altura mayor los cortes prolongados son más recomendables. El área foliar no se vio afectada por los IC, en contraste R: H/T, luz interceptada, altura de la planta por regla y plato, si presentaron efectos, donde el CTE presentó la mayor relación hoja; tallo, por su parte los CME y CTA mostraron las mayores alturas de planta y la mayor intercepción luminosa.

## VI. LITERATURA CITADA

- AGPSEMILLAS, (2019).** Semillas y forrajes. <https://www.agpsac.com/forrajes.php>
- AGRO BESSER, (2022).** Alfalfa SUPERSONIC (Premium) [Alfalfa Supersonic 25Kg, Semillas de alfalfa uso pastoreo intenso, AGP \(agrobesser.com\)](#)
- Álvarez, V. P. (2013).** Evaluación cuantitativa de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tesis de maestría, Colegio de Posgraduados). 79 p. [Alvarez Vazquez P MC Ganadera 2013. Diez variedades de alfalfa..pdf](#)
- Álvarez, V. P., Hernández, G. A., Mendoza, P. S. I., Rojas, G. A. R., Wilson, G. C. Y., Alejos, F. J. I. (2018).** Producción de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas. *Agrociencia*, 52(6), 841-851. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n6/2521-9766-agro-52-06-841.pdf>
- Todo alfalfa, 2020.** [Dos opciones Premium en el mercado de alfalfa \(todoalfalfa.com.ar\)](#)
- ANSO, (2011).** Enfermedades y plagas de la alfalfa. <http://www.satanso.com/noticia.php/es/Enfermedades-plagas-Alfalfa/56>
- Alarcón Z.B, Espinoza T.E, Galicia J.M, Espinoza C.O (2008).** Manual de plagas y enfermedades de la alfalfa (*Medicago sativa* L.). 9-30 p. [https://www.academia.edu/36171486/MANUAL\\_ENFERMEDADES\\_PPLAGAS\\_ALFALFA](https://www.academia.edu/36171486/MANUAL_ENFERMEDADES_PPLAGAS_ALFALFA)
- Berlijn D. Johan, Bernardon E. Abel (1984).** Trillas SEP Cultivos forrajeros. 45 p.
- Baguet, H. A., Bavera, G. A. (2001).** Fisiología de la planta pastoreada. Universidad Nacional del Río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina. 6 p. [https://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/00-pastoreo%20sistemas.htm](https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/00-pastoreo%20sistemas.htm)
- Barbón, H. F. J. (2019).** Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferente edad de rebrote en la estación de primavera. (Tesis de licenciatura, UAAAN), Repositorio digital de la UAAAN, 50 p. [Barbon, 2019. Rendimiento de alfalfa \(Medicago sativa a difrentes esdades de rebrote..pdf](#)
- Bidwell, R. G. S. (1979).** Fisiología Vegetal. A. G. T. Editor. A. A. México. 784 p.

- 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. 49 p.
- Cansino, S. (2019).** Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte. Revista mexicana de ciencias agrícolas, vol. 10, número 4. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1695/2382>
- Carmona, C. B. (2021).** Comportamiento productivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de rebrote, en el Sureste de Coahuila, México. (Tesis de licenciatura, UAAAN). Repositorio digital de la UAAAN, 56 p. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/48032>
- Castro, M. A. M. (2020).** Comportamiento productivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferente edad de cosecha en la estación de primavera. (Tesis de licenciatura, UAAAN), 58 p. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/48032>
- Clavijo, V. E., & Cadena, C. P. (2011).** Producción y calidad nutricional de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos estados fenológicos. Tesis de licenciatura. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. 35 pp. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/120/>
- Cruz, G. D. (2020).** Evaluación productiva de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el sureste del estado de Coahuila, México. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila: 65 p.
- Cruz, H. A., Hernández, G. A., Enríquez, Q. J. F., Gómez, V. A., Ortega, J. E., y Maldonado, G. N. M. (2011).** Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 2(4): 429-443. [http://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Veracruz/2011/20\\_11\\_8.pdf](http://www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/2011/20_11_8.pdf)
- Da Silva, S. C., y Hernández G, A. (2010).** Manejo de pastoreo en praderas tropicales. Forrajes y su impacto en el Trópico. Primera edición. México. Universidad Autónoma de Chiapas. Pp 43-62.
- Delgado. E.I., y Chocarro, G. C. (2020).** La alfalfa. Universitat de Lleida. 364 p.

- Delgado, D. F. F. (2015).** La alfalfa (*Medicago sativa*): origen, manejo y producción. Conexión Agropecuaria JDC, 5(1), 27-43.  
<https://revista.jdc.edu.co/index.php/conexagro/article/view/520/540>
- Delgado, E. I. (1984).** Factores que afectan a la producción de forrajes. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). 25 p.  
[https://agroseguero.es/fileadmin/propietario/i\\_D\\_i/Cursos/6-Factores\\_que\\_afectan\\_a\\_la\\_produccion/Factores\\_que\\_afectan\\_a\\_la\\_produccion\\_de\\_Forraje-Parte\\_Primer.pdf](https://agroseguero.es/fileadmin/propietario/i_D_i/Cursos/6-Factores_que_afectan_a_la_produccion/Factores_que_afectan_a_la_produccion_de_Forraje-Parte_Primer.pdf)
- Díaz-Jaimes, L. (2020).** Factores implicados en la calidad del forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.). (Tesina de licenciatura, BUAP), 51 p.  
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/11222/20201204135237-7693-T.pdf?sequence=1>
- Duarte, (2002).** Como implantar bien una pastura de alfalfa. www.viarural.com.ar (15, abril, 2022).
- Duthil, J. (1989).** Producción de forrajes. Editorial Mundi-prensa. Madrid, España. 367 p.
- Edward, J. P. (2000).** La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. Madrid, España. 405 p.
- Enríquez del Valle, J. R., Hernández, G. A., Jiménez, V. J. L., Morales, A. J., Velasco, V. A., y Villegas, A. Y. (2006).** Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca. Técnica Pecuaria en México.
- Espinoza, C., y Ramos, G. (2001).** El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. Folleto para productores, (22):11. <https://fliphtml5.com/gbfd/yrbl/basic>
- Flórez-Delgado, D. F., (2015),** La alfalfa (*Medicago sativa* L.): Origen, manejo y producción. Conexagro JDC, Vol. 5. pp. 27 - 43.  
[https://C:/Users/juan/Downloads/admin,+Art.+2+La+alfalfa-ilovepdf-compressed+\(1\).pdf](https://C:/Users/juan/Downloads/admin,+Art.+2+La+alfalfa-ilovepdf-compressed+(1).pdf)
- Gaytán, V. J. A., Castro, R. R., Villegas, A. Y., Aguilar, B. G., Solís, O. M. M., Carrillo, R. J. C., Negrete, S. L. O. (2018).** Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de la pradera y frecuencias de defoliación. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 14(3), 353-366.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v10n2/2448-6698-rmcp-10-02-353.pdf>

- Guevara, J. M. L. (2021).** Acumulación estacional de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.), variedad Premium. (Tesis de licenciatura, UAAAN), Repositorio digital de la UAAAN, 75 p. [Guevara, 2021. Acumulación estacional de forraje de alfalfa \(Medicago sativa L.\) variedad premium FINAL.pdf](#)
- Hanson, A. A., Barnes, R. D. K. y Hill, A. (1988).** Alfalfa and alfalfa improvent. Amerycan Society of Agronomy Inc. Madison, USA. 1084 p.
- Hernández, G. A., Pérez, P. J. y Hernández, G. V. A. (1992).** Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. Agrocencia. 2:131-144.
- Hernández, G. A. y Martínez, H. P. A. (1997).** Utilización de pasturas tropicales. En: Torres H. G. y Díaz, R. P (Eds.) Producción de ovinos en zonas tropicales. Fundación Produce-Inifap pp 8-24.
- Herrera, R. S. (2020).** Relación entre los elementos climáticos y el comportamiento de los pastos y forrajes en Cuba. Avances en investigación agropecuaria. 24(2): 23-38. <http://ww.ucol.mx/revaia/pdf/2020/mayo/2.pdf>
- Huesca, B. F. J., Álvarez, V. P., Encina, D. J. A., Hernández, H. J. A. (2019).** Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferente edad de rebrote en la estación de primavera. Repositorio digital de la UAAAN. <https://biblioteca.uaaan.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=66493>
- Hunt, R. (1990).** Plant growth curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold. London, England. 248 p.
- INIFAP, (2022).** Producción de semilla de Alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo. <https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/Content?/=4177>
- INTAGRI, (2016).** Importancia de la radiación solar en la producción bajo invernadero. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero>
- INTAGRI, (2018).** Valor nutritivo de los forrajes y su relación con la nutrición proteica de rumiantes. <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/valor-nutritivo-de-los-forrajes-y-su-relacion-con-la-nutricion-proteica>
- ITESM, (2002).** Henificado. Instituto Tecnológico de estudios superiores de Monterrey. <http:gro.items.mx.agronmia2.extensivos>.

- Jiménez, M. A. y Martínez, H. P. A. (1984).** Utilización de praderas. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 85 p.
- León, E. (2003).** Pastos y Forrajes, Producción y Manejo. (Folleto pastos y forrajes). Universidad Central. 251 p.
- Mendoza, P. S. I. (2008).** Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferente frecuencia de corte. (Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados). 123 p. [Mendoza Pedroza SI MC Ganaderia 2008 Frecuencia de corte en alafalfa..pdf](#)
- Mendoza, E. M., Mosqueda, V. C., Rangel, L. J. A., López, B. A., Rodríguez, H. S. A., Latournerie, M. L., Moreno, M. E. (2008).** Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. Agricultura Técnica en México. P. 89-99. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v32n1/v32n1a9.pdf>
- Mendoza, P. S. I., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Quero, C. A. R., Escalante, E. J. A. S., Zaragoza, R. J. L., 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.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v1n3/v1n3a8.pdf>
- Mendoza, P. C., Ramírez, A. C., Ojeda, B. W., Flores, M. H. (2017).** Estimación de índice de área foliar y rendimiento de chile poblano cultivado en invernadero. Ingeniería agrícola y biosistemas, 14 (1). <https://www.scielo.org.mx/pdf/inagbi/v9n1/2007-4026-inagbi-9-01-37-es.pdf>
- Montemayor, T. J. A., Aguirre, A. H. W., Olague, R. J., Román, L. A., Rivera, G. M., Preciado, R. P., Montemayor, T. I. R., Segura, S. R. E. E., Díaz, S. H., Pérez, R. L., Morones, R. R. (1997).** Producción estacional de especies forrajeras perennes en monocultivo y mezcla. INIFAP, 13(2) 59-71. <file:///C:/Users/juan/Downloads/6.pdf>
- Monroy R. Plagas y enfermedades de la alfalfa (2011)** [Plagas y enfermedades de la alfalfa | No. 68 | 2011 | TecnoAgro](#)
- Morales, A. J., Jiménez, V. J. L., Velasco, V. V. A., Villegas, A. Y., Enríquez, del V. J. R. y Hernández, G. A (2006).** Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la mixteca de Oaxaca. Técnica Pecuaria en México. 44(3):277-288.

- Moran-Espinoza, R. (2021).** Efecto del riego en el comportamiento productivo de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la estación de verano. (Tesis de licenciatura, UAAAN), Repositorio digital de la UAAAN, 66 p. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/48032>
- Moreno, H., Figueroa, R. (2020).** Fusarium spp. (*Hypocreales: Nectriaceae*) Podredumbre de raíces. Dirección general de sanidad vegetal. 18 p. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633031/Fusarium\\_spp\\_ma\\_z\\_2020.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633031/Fusarium_spp_ma_z_2020.pdf)
- Muslera, P. E. y G. Ratera, C. (1991).** Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.
- NATURALISTA, (2014).** Alfalfa Berdiana (*Medicago sativa* L.). <https://www.naturalista.mx/taxa/57057-Medicago-sativa>
- Quiroga, G. H. M., y Salinas, G. H. (2005).** Tasas de degradación ruminal *in situ* de la MS y proteína del trébol alejandrino y la alfalfa. Publicación semestral de Investigación Científica. Universidad Juárez del Estado de Durango. Venecia, Dgo., México. Producción Pecuaria. Agrofaz 5(2): 821-829.
- Quiroga, M. R., Rosales, E. M., Rincón, E. P., Hernández, G. E., y Garrido, R. E. R. (2007).** Enfermedades Causadas por Hongos y Nematodos en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Municipio de Villaflores, Chiapas, México. Revista mexicana de fitopatología, 25(2), 114-119. Recuperado en 28 de mayo de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092007000200004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092007000200004&lng=es&tlng=es)
- Ramos, S. A. y Hernández, X. E. (1970).** Ecología de la alfalfa en México. COTECOCA y Colediode Postgraduados. Chapingo, México. 49 p.
- Rivas, J. M. A., López, C. C., Hernández, G. A. y Pérez. P. J. (2005).** Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.) Técnica Pecuaria en México. 43(1):79-92.
- Rojas, G. M. (1993).** Fisiología Vegetal Aplicada. 4ª Edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. 275p.

- Rojas, G. A. R., Hernández, G. A., Joaquín, C. S., Maldonado, P. M. A., Mendoza, P. S. I., Álvarez, V. P., Joaquín, T. B. M. (2016). Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 12(4), 1855-1866. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n8/2007-0934-remexca-7-08-1855.pdf>
- Rojas, G. A. R., Mendoza, P. S. I., Maldonado, P. M. A., Álvarez, V. P., Torres, S. N., Cruz H. A., Vaquera H. H., Joaquín, C. S. (2019). Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 10(2), 858-869. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n4/2007-0934-remexca-10-04-849.pdf>
- Rojas, G. A. R., Mendoza, P. S. I., Maldonado, P. M. A., Álvarez, V. P., Torres, S. N., Cruz, H. A., Vaquera, H. H., Joaquín, R. J. M. A., López C. C., Hernández, G. A., Pérez, P. J. (2005). Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Técnica Pecuaria en México*, 43(1), 79-92. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61343110.pdf>
- Rojas, A. R., Torres, N., Cansino, S., Hernández, A., Maldonado, M. A., Sánchez, P. (2017). Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agrociencia*, 12(2), 51: 697-708. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n7/1405-3195-agro-51-07-00697.pdf>
- Rojas, G. A., Torres, S. N., Joaquín, C. S., Hernández, G. A., Maldonado, P. M., & Sánchez, S. P. (2017). Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agrociencia*, 51(7): 697-708.
- RUOA, (2022). Observatorio atmosférico Saltillo. UNAM. <https://www.ruoa.unam.mx/index.php?page=estaciones&id=10>. (07, Octubre, 2022).
- SAGARPA. (2002). Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/>
- SAGARPA, (2022). Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

- Salinas, S. C. (1988).** La alfalfa reina de las forrajeras. Síntesis Lechera. 33-40 p.
- Sánchez, H. j., y Favela, Ch, D. (2005).** Rendimiento y calidad de la alfalfa mediante la aplicación de fosforo y riego por goteo subsuperficial. Tesis de licenciatura. UAAAN Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. 81 p.  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/48032>
- Soriano O. S. 2003.** Importancia del Cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Estado de Baja California Sur. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo. Coahuila. Pp 20-22.
- Soto, O. P., Jahn, B. E. Velasco, H. R. y Arredondo, S. S. 2004.** Especies leguminosas forrajeras para corte en suelos arcillosos de mal drenaje. Agricultura Técnica. Vol. 65 No. 2. Pp 157-164
- Tablada, A. Y. 1998.** Comportamiento de una pradera alfalfa-ovillo a diferentes frecuencias de pastoreo con borregos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. de México. 76 p.
- Teixeira E. I., Moot, D. J., Brown, H.E., Fletcher, A. L. (2007).** La dinámica de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) produce componentes en respuesta a la frecuencia de defoliación. Revista Europea de Agronomía, 26 (4), 394-400.
- Todo Alfalfa, (2020).** Implicaciones productivas de la genética Premium en alfalfa.  
<https://www.todoalfalfa.com.ar/implicancias-productivas-de-la-genetica-premium-en-alfalfa/>
- Vázquez, R. G. (2021).** Dinámica de crecimiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Cuf-101 a diferentes edades de rebrote. (Tesis de licenciatura, UAAAN), 72 p. [Vázquez, 2021. Dinámica de crecimiento de la alfalfa \(Medicago sativa L.\) variedad Cuf-101 a diferentes edades de rebrote.pdf](#)
- Velasco Z., Ma. E., Hernández, G. A., González, H. V., Pérez, P. J., Vaquera H. H., Galvis, S. A. (2001).** Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovinillo (*Dactylis glomerata* L.). Técnica Pecuaria en México. 39(1):1-14.
- Velázquez, E., Mateos, P. F., Peix, A., Rivas, R., Trujillo, M. E., Igual, J. M., Eustoquio, M. M. (2010).** Los Rhizobia: biofertilizantes para leguminosas y no leguminosas. Revista de Ciencias Agrarias. 78-85. 8 p.  
<https://digital.csic.es/handle/10261/144019>

- Vera, Z. J. A. (2022).** Análisis de crecimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en el Sureste de Coahuila, México, en la estación de primavera, en condiciones de invernadero (Tesis de licenciatura, UAAAN). 62 p. [VERA 2 1.PDF](#)
- Villegas, A. Y. (2002).** Análisis de crecimiento estacional y componentes del rendimiento de cuatro variedades de alfalfa. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 91 p.
- Villegas, A. Y., Hernández, A., Pérez, P. J., C. C., Herrera, H. J., Enríquez, Q. J. y Gómez, V. A. 2004.** Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) Técnica Pecuaria en México. 42(2): 145-158.
- Villegas, A. Y., Hernández, G. A., Martínez, H. P. A., Pérez, P. J., Herrera, H. J. G. y López, C. C. (2006).** Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. Rev. Fitotec. Mex. 29(4):369-372.
- 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-wilsonvitaliano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zaragoza, E. J. A. (2000).** Crecimiento y acumulación de forraje de los pastos Ballico *Lolium perenne* L. y Ovillo *Dactylis glomerata* L. a diferentes frecuencias de corte. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. México. 98 p.
- Zaragoza, E. J., Hernández, G. A. J., Pérez P., J. G. Herrera H., F. Osnaya G., P. A. Martínez H., González, S. M., Quero, A. R. C. (2009).** Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. Téc. Pecu. Méx. 47. Pp 173- 188.

## VII. ANEXOS

**Cuadro 3.** Variables evaluadas en la alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. premium cosechada a diferentes frecuencias de corte en la estación de primavera 2022, en el sureste de Coahuila México.

Variables	Intervalos de corte			Promedio	Sig.	EEM	DMS
	CTE	CME	CTA				
RMS (kg MS ha <sup>-1</sup> ).	5218 <sup>b</sup>	5850 <sup>b</sup>	10259 <sup>a</sup>	7109	0.0029	610.6	1776.9
R:H/T	1.1 <sup>a</sup>	0.9 <sup>ab</sup>	0.8 <sup>b</sup>	0.9	0.110	0.105	0.31
AP (cm)	6 <sup>b</sup>	16 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	13	0.029	2.603	7.57
AR (cm)	30 <sup>b</sup>	50 <sup>a</sup>	58 <sup>a</sup>	46	0.020	5.426	15.79
RI (%)	72 <sup>b</sup>	86 <sup>a</sup>	93 <sup>a</sup>	84	0.002	2.333	6.79
AF (cm <sup>2</sup> tallo <sup>-1</sup> )	57 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>	72 <sup>a</sup>	63	0.645	13.267	38.61

Letras minúsculas similares no son estadísticamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, CTE= Corte Temprano (21 días), CME= Corte Medio (28 días) y CTA= Corte Tardío (35 días). RMS= Rendimiento de Materia Seca. R:H/T= Relación Hoja/Tallo. AP= Altura Plato. AR= Altura Regla. RI= Radiación Interceptada. AF= Área Foliar.

**Cuadro 4.** Composición Botánica-Morfológica de la var. premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.), cosechada a diferentes intervalos de corte (IC) en la estación de primavera 2022, en el Sureste de Coahuila, México.

Componente	Intervalos de Corte			Promedio	Sig.	EEM	DMS
	CTE	CME	CTA				
Rendimiento de materia seca (kg MS ha <sup>-1</sup> )							
Hoja	2116 <sup>Ab</sup>	2241 <sup>Ab</sup>	4168 <sup>Ba</sup>	2908 <sup>B</sup>	0.0014	227.7	227.7
Tallo	1934 <sup>Ab</sup>	2795 <sup>Ab</sup>	5336 <sup>Aa</sup>	3355 <sup>A</sup>	0.0004	257.4	748.9
M.M.	464 <sup>Ba</sup>	396 <sup>Ba</sup>	577 <sup>Ca</sup>	479 <sup>C</sup>	0.5700	234.4	682.1
Inflorescencia	5 <sup>Bb</sup>	70 <sup>Bb</sup>	146 <sup>CDa</sup>	74 <sup>D</sup>	0.0336	34.5	100.3
Maleza	699 <sup>Ba</sup>	147 <sup>Ba</sup>	32 <sup>Da</sup>	293 <sup>C</sup>	0.1931	292.1	850.1
Total	5218 <sup>b</sup>	5850 <sup>b</sup>	10259 <sup>a</sup>	7109	0.0029	610.6	1776.9
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001			
EEM	249.65	47.28	170.95	80.14			
DMS	704.2	415.46	482.22	226.07			
Aportación al rendimiento total (%)							
Hoja	42 <sup>Aa</sup>	42 <sup>Aa</sup>	40 <sup>Ba</sup>	42 <sup>B</sup>	0.88	4.3	12.6
Tallo	40 <sup>Ab</sup>	46 <sup>Aab</sup>	53 <sup>Aa</sup>	46 <sup>A</sup>	0.02	2.4	6.9
M.M.	8 <sup>Ba</sup>	8 <sup>Ba</sup>	6 <sup>Ca</sup>	7 <sup>C</sup>	0.57	2.5	7.2
Inflorescencia	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ca</sup>	0 <sup>C</sup>	0.50	0.3	1.0
Maleza	10 <sup>Ba</sup>	4 <sup>Ba</sup>	1 <sup>Ca</sup>	5 <sup>C</sup>	0.31	4.7	13.6
Total	100	100	100	100			
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001			
EEM	4.107	2.869	2.696	1.408			
DMS	11.585	8.094	7.604	3.973			

Letras minúsculas similares no son estadísticamente diferentes representan el análisis realizado de manera horizontal mientras que las mayúsculas si lo son y representan el análisis realizado de forma vertical (Tukey;  $p < 0.05$ ). SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, CTE= Corte Temprano (21 días), CME= Corte Medio (28 días) y CTA= Corte Tardío (35 días). M.M = Material Muerto.