

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto del Intervalo de Corte Sobre la Producción de Forraje de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Sureste de Coahuila

Por:

**JONATHAN GONZÁLEZ PÉREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto del Intervalo de Corte Sobre la Producción de Forraje de Alfalfa (*Medicago sativa*  
L.) en el Sureste de Coahuila

Por:

**JONATHAN GONZÁLEZ PÉREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez

Asesor Principal

Dr. Josué Israel García López

Coasesor

Dr. Neymar Camposeco Montejo

Coasesor

Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2024

## DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, marzo 2024.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Efecto del Intervalo de Corte Sobre la Producción de Forraje de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Sureste de Coahuila**" es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

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

JONATHAN GONZÁLEZ PÉREZ

Nombre

Jonathan Glez P.

Firma

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium en el Sureste de Coahuila, México, en la estación de verano 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 utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento de forraje (RF), Composición Botánica-Morfológica (CBM), Relación:Hoja/Tallo (R:H/T), Altura de la planta (AP) con el método del plato y regla, Peso de tallo individual (PTI) y Peso de hoja por tallo (PHT). El CTE presentó el mayor RF con 7,620 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras que la menor producción la registró el CTA con 6,738 kg MS ha<sup>-1</sup>. El tallo fue el componente que mayor rendimiento de materia seca aportó con un promedio de 3,205 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido por la hoja con 3,125 kg MS ha<sup>-1</sup>, maleza con 430 kg MS ha<sup>-1</sup>, material muerto con 224 kg MS ha<sup>-1</sup> y por último la inflorescencia con 89 kg MS ha<sup>-1</sup>. Así mismo, en la R:H/T los mayores valores se presentaron en el CTE y CME ambos con 1,1. La altura con el método del plato la mayor altura se registró en el CTA con 9 cm, mientras que en el método de la regla fue en el CME con 37 cm. En el peso de tallo individual y peso de hoja por tallo el intervalo que presentó la mayor aportación fue el CTA en ambos casos, con 0.56 y 0.33 g MS tallo<sup>-1</sup>, respectivamente, mientras que el CTE presentó los valores más bajos con 0.25 y 0.21 g MS tallo<sup>-1</sup> en el mismo orden, más, sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas en ninguna de las variables evaluadas ( $p > 0.05$ ). En conclusión, bajo las condiciones de la estación de verano la var. Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.) no se afecta su comportamiento productivo, por un intervalo de corte de 21, 28 y 35 días de rebrote.

**Palabras clave:** Rendimiento de forraje, composición botánica morfológica, intervalos de corte, comportamiento productivo, estación de verano.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the productive behavior of alfalfa (*Medicago sativa* L.) Premium variety in the Southeast of Coahuila, Mexico, in the summer season at different cutting intervals: Early Cutting every 21 days (ECT), cutting medium every 28 days (CME) and late cut every 35 days (LCT). A randomized block experimental design was used, with three repetitions. The variables evaluated were: Forage Yield (FY), Botanical-Morphological Composition (BMC), Ratio:Leaf/Stem (R:L/S), Plant Height (PH) with the plate and ruler method, Weight of Individual Stem (WIS) and Leaf Weight per Stem (LWS). The ECT presented the highest RF with 7,620 kg DM ha<sup>-1</sup>, while the lowest production was recorded by the LCT with 6,738 kg DM ha<sup>-1</sup>. The stem was the component that contributed the highest yield of dry matter with an average of 3,205 kg DM ha<sup>-1</sup>, followed by the leaf with 3,125 kg DM ha<sup>-1</sup>, weeds with 430 kg DM ha<sup>-1</sup>, and dead material with 224 kg DM ha<sup>-1</sup> and finally the inflorescence with 89 kg MS ha<sup>-1</sup>. Likewise, in the R:H/T the highest values were presented in the ECT and CME, both with 1.1. The height with the plate method the highest height was recorded in the LCT with 9 cm, while in the rule method it was in the CME with 37 cm. In the individual stem weight and leaf weight per stem, the interval that presented the greatest contribution was the LCT in both cases, with 0.56 and 0.33 g MS stem<sup>-1</sup>, respectively, while the ECT presented the lowest values with 0.25 and 0.21 g DM stem<sup>-1</sup> in the same order, plus, however, there were no statistical differences in any of the variables evaluated (p>0.05). In conclusion, under the conditions of the summer season the var. Premium alfalfa (*Medicago sativa* L.) its productive behavior is not affected, due to a cutting interval of 21, 28 and 35 days of regrowth.

**Keywords:** Forage yield, morphological botanical composition, cutting intervals, productive behavior, summer season.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, fuente de toda sabiduría y guía en mi vida. Por haberme concedido la fortaleza, la perseverancia y la inspiración necesarias para completar esta tesis.

### **A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

Por ser mi segundo hogar y por proporcionarme un entorno académico propicio para mi desarrollo profesional.

### **A MIS PADRES**

**Miguel y Dora Elia** por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio incansable a lo largo de mi trayectoria académica. Su dedicación y aliento han sido fundamentales en cada paso que he dado para llegar a este momento.

### **A MIS HERMANOS**

**Julio, Miguel Ángel y Lizbeth** quienes, desde nuestros primeros días juntos hasta este momento de celebración, han sido mis compañeros de viaje, compartiendo alegrías, desafíos y triunfos. Su presencia amorosa y aliento han sido una fuente de inspiración inagotable, recordándome constantemente que no estoy solo en este camino.

### **AL DR. PERPETUO ÁLVAREZ VÁZQUEZ**

Mi asesor de tesis, por la gran confianza que me brindo para realizar este proyecto de investigación, ha demostrado un compromiso excepcional con mi desarrollo

académico, brindándome valiosas sugerencias, retroalimentación constructiva y dirección clara en cada etapa del proceso.

### **A MIS COASESORES Y PROFESORES DEL DEPARTAMENTO**

Por su dedicación, orientación y sabiduría impartida a lo largo de mi carrera universitaria. Cada clase, conferencia y conversación con mis profesores ha sido una oportunidad invaluable para aprender y crecer tanto intelectual como personalmente.

### **A LOS ESTUDIANTES Y AMIGOS DE POSTGRADO**

En especial al M.C Abel Hipólito y a la M.C Ana Olivas por haberme ayudado y orientado en la realización de este proyecto de investigación.

### **A MIS AMIGOS Y CONOCIDOS**

Que han llegado a mi vida a lo largo de este trayecto y que han sido participes de este gran logro. Gracias por sus consejos, apoyo y palabras de aliento que me motivaron para seguir adelante.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES: MIGUEL GONZÁLEZ GARCÍA Y DORA ELIA PÉREZ MAGDALENO**

Este logro es para ustedes, quienes han sido mi inspiración, mi apoyo incondicional y mi ejemplo a seguir a lo largo de este viaje académico. Sus sacrificios, su inquebrantable fe en mí y su constante apoyo han sido mi mayor motivación para alcanzar esta meta. Este logro no solo es un reflejo de mi esfuerzo, sino también de su dedicación y amor hacia mí. Gracias por ser mis pilares, por creer en mis sueños y por estar siempre a mi lado en cada etapa de mi vida.

### **A MIS HERMANOS: JULIO, MIGUEL ÁNGEL Y LIZBETH**

Porque a pesar de las altas y bajas, siempre han estado a mi lado, alentándome y motivándome a alcanzar mis metas. Este logro es tan suyo como mío, y les dedico este trabajo con profundo agradecimiento y cariño.

### **A MIS ABUELOS PATERNOS: PEDRO GONZÁLEZ Y TRINIDAD GARCÍA**

Quienes me han brindado apoyo y sabiduría a lo largo de mi vida. Cada logro alcanzado en mi trayectoria es también un tributo a su influencia positiva en mi formación.

### **A MIS ABUELOS MATERNOS: EULALIO PÉREZ Y ELOÍSA MAGDALENO**

Aunque ya no estén físicamente entre nosotros, su amor, sabiduría y legado perduran en cada uno de mis logros alcanzados. Sus enseñanzas y valores seguirán guiando mi camino.

### **A MIS TÍOS Y PRIMOS**

Porque sé que nadie como la familia para obtener un buen consejo y sé que siempre contare con su apoyo, gracias por estar siempre presentes.

## 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	Origen .....	3
2.1.1	Descripción taxonómica .....	3
2.1.2	Descripción morfológica .....	4
2.1.3	Adaptabilidad de la especie .....	5
2.1.4	Importancia del cultivo.....	6
2.2	Descripción de la variedad Premium.....	6
2.3	Rendimiento estacional del forraje .....	6
2.4	Factores que afectan el crecimiento y producción de forraje .....	8
2.4.1	Radiación solar .....	8
2.4.2	Temperatura.....	8
2.4.3	Humedad.....	9
2.4.4	Suelo.....	10
2.4.5	Plagas y enfermedades del cultivo de alfalfa .....	10
2.5	Factores que afectan el rebrote de los forrajes .....	11
2.5.1	Meristemas de crecimiento .....	12
2.5.2	Reservas de carbohidratos .....	13
2.5.3	Disponibilidad de agua.....	13
2.5.4	Frecuencia e intensidad de corte .....	14
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
3.1	Descripción del área experimental .....	15

3.1.1	Condiciones climáticas durante el experimento .....	15
3.2	Manejo de las parcelas experimentales .....	16
3.3	Tratamientos y diseño experimental .....	17
3.4	VARIABLES EVALUADAS .....	17
3.4.1	Rendimiento de forraje .....	17
3.4.2	Composición botánica – morfológica.....	17
3.4.3	Relación hoja:tallo .....	18
3.4.4	Altura de la planta .....	18
3.4.5	Peso de tallo individual.....	18
3.4.6	Peso de hoja por tallo.....	19
3.5	Análisis estadístico.....	19
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>20</b>
4.1	Rendimiento de forraje .....	20
4.2	Composición botánica-morfológica .....	21
4.3	Relación hoja-tallo.....	24
4.4	Altura de la planta .....	25
4.5	Peso de tallo individual y peso de hoja por tallo.....	27
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>30</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>38</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Representación gráfica de medias quincenales de la temperatura máxima, mínima y precipitación acumuladas durante el periodo experimental (verano de 2022). Información obtenida de la red universitaria de observatorios atmosféricos (RUOA, UAAAN, Saltillo). .....16
- Figura 2.** Rendimiento de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) de alfalfa variedad Premium cosechada a diferentes intervalos de corte, CTE = Corte temprano (21 días), CME = Corte medio (28 días), CTA = Corte tardío (35 días) en la estación de verano en el sureste de Coahuila, México. Letras iguales en las barras no muestran diferencias significativas (p>0.05). .....20
- Figura 3.** Composición botánica morfológica de alfalfa var. Premium, cosechada a diferentes intervalos de corte en la estación de verano en el Sureste de Coahuila, México. CTE = Corte temprano (21 días), CME = Corte medio (28 días), CTA = Corte tardío (35 días), MM= Materia muerta, CBM= composición botánica morfológica. Letras iguales en las barras no muestran diferencias significativas (p>0.05). .....23
- Figura 4.** Relación hoja-tallo (R: H/T) de alfalfa var. Premium cosechada a diferentes intervalos de corte, CTE = Corte temprano (21 días), CME = Corte medio (28 días), CTA= Corte tardío (35 días) en la estación de verano en el Sureste de Coahuila, México. Letras iguales en las barras no muestran diferencias significativas (p>0.05). .....24
- Figura 5.** Altura de la planta calculada mediante dos métodos; plato (a) y regla (b) en alfalfa var. Premium cosechada a diferentes intervalos de corte, CTE = Corte temprano (21 días), CME = Corte medio (28 días), CTA = Corte tardío (35 días) en la estación de verano en el Sureste de Coahuila, México. Letras iguales en las barras no muestran diferencias significativas (p>0.05). .....26

**Figura 6.** Peso de tallo individual (a) y peso de hoja por tallo (b) en (g MS tallo<sup>-1</sup>) de alfalfa var. Premium cosechada a diferentes intervalos de corte, CTE = Corte temprano (21 días), CME = Corte medio (28 días), CTA = Corte tardío (35 días) en la estación de verano en el Sureste de Coahuila, México. Letras iguales en las barras no muestran diferencias significativas ( $p>0.05$ ).....**28**

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.).....	<b>3</b>
<b>Cuadro 2.</b> Principales plagas y enfermedades de la alfalfa.....	<b>11</b>
<b>Cuadro 3.</b> Variables analizadas en la variedad Premium de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) cosechada a diferentes intervalos de corte en la estación de verano 2022, en el Sureste de Coahuila, México.....	<b>38</b>
<b>Cuadro 4.</b> Composición Botánica-Morfológica en la variedad Premium de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) cosechada a diferentes intervalos de corte en la estación de verano 2022, en el Sureste de Coahuila, México.....	<b>39</b>

## I. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los países los forrajes constituyen aproximadamente el 80 % del alimento consumido por los rumiantes a lo largo de toda su vida (Živković *et al.*, 2012). Ante esto, la alfalfa, identificada científicamente como *Medicago sativa* L., es una leguminosa forrajera perenne ampliamente usada y reconocida como la "reina de los forrajes" dentro de la familia de las fabáceas. Este nombre se le atribuye debido a su alto valor nutricional, contenido de proteína, así como también por su rendimiento y su capacidad de adaptarse a ambientes poco favorables (Russelle, 2001). Proporciona al suelo la capacidad de preservar su fertilidad, reciclaje de nutrientes de las plantas y crea un ambiente de protección de los sistemas de producción (Velázquez *et al.*, 2010). Se trata de una especie altamente adaptable que puede emplearse en diversas formas, ya sea aprovechándola en verde mediante pastoreo o corte, o también en forma de heno o ensilado (Lancefield *et al.*, 1998). La composición nutricional de la alfalfa oscila entre un 22 % de contenido proteico y un 70 % de digestibilidad. Es capaz de adaptarse a una gran variedad de suelos, aunque se favorece especialmente en aquellos que son profundos y poseen un buen sistema de drenaje (Sánchez, 2005). En contraste, el rendimiento de una pradera depende del manejo que se les dé, estas prácticas intervienen directamente en su dinámica de crecimiento, es decir, el tamaño de la población y de sus tallos, están relacionados con la tasa de aparición, elongación y vida media de las hojas (Hernández y Martínez, 1997). La diversidad de variedades de alfalfa disponibles en los mercados es amplia, cada una con virtudes, adaptaciones y rendimientos diferentes (Salinas, 1988). La alfalfa exhibe una característica destacada, que le permite almacenar forraje para aquellas épocas del año, donde las condiciones del clima afectan la oferta forrajera (Flores, 2015). Sin embargo, al igual que en la mayoría de las plantas destinadas a forraje, el rendimiento productivo de estas se ve influenciado por las condiciones climáticas de cada estación. Por tanto, 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 alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, bajo diferentes intervalos de corte en verano, en el Sureste de Coahuila, México.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- ✓ Determinar el rendimiento de forraje y sus componentes morfológicos de la alfalfa var. Premium cosechada a diferentes intervalos de corte en verano.
- ✓ Evaluar la relación:hoja/tallo, altura de la planta, peso de tallo y peso de la hoja de la var. Premium de alfalfa a intervalos de corte de 21, 28 y 35 días de rebrote.

## **1.2 HIPÓTESIS**

- ❖ El componente morfológico hoja será el que mayor rendimiento aporte al rendimiento total seguido del tallo, maleza, material muerto e inflorescencia.
- ❖ A medida que aumenta la edad de rebrote se incrementara el rendimiento de forraje, la altura de la planta y el peso de tallo.
- ❖ Un intervalo de corte de 28 días de rebrote favorecerá el comportamiento óptimo de alfalfa en el Sureste de Coahuila, México.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen

La especie *Medicago sativa* L. tiene su área de origen en Asia Menor y sur del Cáucaso, abarcando países como Irak, Irán, Siria, Turquía, Afganistán y Pakistán. Los persas introdujeron la alfalfa en Grecia y de ahí paso a Italia en el siglo IV antes de Cristo (Amezquita, 1998). En el país de irán se producía antes del 700 a.C. posteriormente fue llevada a Arabia, a los países mediterráneos, así como al norte de áfrica hasta su llegada a España (Rahmonov *et al.*, 2020). Este forraje fue introducido en América por los españoles durante la conquista (Guaytarilla y Caden, 2005), México, Perú y Chile fueron los primeros países en los que se comenzó a cultivar esta planta, para que en 1854 fuera llevada a California, Nuevo México y Arizona (Soriano, 2003).

#### 2.1.1 Descripción taxonómica

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de la alfalfa (*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> L.

---

Fuente: Rosado (2011).

### 2.1.2 Descripción morfológica

Es una planta herbácea perenne. Su promedio de vida varía de 5 a 7 años dependiendo la variedad, clima, agua y suelo (Robles, 1975).

**Hojas:** Las hojas son alternas, compuestas, trifoliadas, con márgenes lisos y con bordes superiores. Los folíolos adoptan distintas formas más o menos alargadas, a lo largo del tallo las hojas presentando variaciones de tamaño y forma (Robles, 1975).

**Tallos:** Suelen ser erectos con una altura de 60 a 90 cm, huecos, delgados o bastante sólidos. Todo el conjunto de tallos forma la corona. 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. (Lloveras *et al.*, 2020).

**Raíz:** Es un sistema radical de 2 a 5 metros de longitud, este crecimiento determina la capacidad de la planta para extraer agua de las capas más profundas del suelo. La raíz principal es pivotante, robusta y con numerosas raíces secundarias. (Robles, 1975).

**Corona:** Cuentan con una corona de la que emergen los rebrotes, de los cuales se originan nuevos tallos, y como todas las demás leguminosas presenta nódulos formados por las raíces del género *Rhizobium ensifer meliloti*. Tiene una estructura completa y une la parte aérea con la raíz; en su parte superior está constituida por la base de los tallos principales, mientras que en la parte inferior se confunde con la raíz de la planta (Lloveras *et al.*, 2020).

**Inflorescencia:** Las flores son de color azul púrpura con inflorescencias en racimos, también existen variedades de alfalfa que pueden tener las flores de color amarillo, estas van reunidas en racimos axilares de distinto tamaño y densidad (Robles, 1975).

**Fruto:** El fruto es una legumbre indehisciente sin espinas que contiene entre 2 y 6 semillas amarillentas o marrón oscuro, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm de longitud, este es largo y está enrollado en espiral (Robles, 1975).

**Semilla:** Las semillas son de color amarillo, albuminados, arriñonadas o de forma irregular de 2 a 3.2 mm de largo. Son pequeñas con radícula muy señalada que presenta una gran longitud (Robles, 1975).

### **2.1.3 Adaptabilidad de la especie**

La alfalfa es una especie que se adapta a una gran variedad de climas, encontrándose praderas de este forraje en altitudes comprendidas entre 700 y 4000 m s. n. m., con temperaturas que oscilan entre los 15 a 25 °C en el día y de 10 a 20 °C en la noche (Clavijo y Cadena, 2011). Se considera a esta leguminosa, como una especie de días largos, y en aquellas regiones en donde el fotoperiodo es mayor a 12 horas, su floración es más abundante (Quiroga, 2013). Tiene una baja tolerancia al encharcamiento, en cambio, muestra resistencia a la sequía debido a su sistema de raíces que le permite acceder al agua en profundidades significativas. Al igual que todas las plantas leguminosas, requiere una cantidad notable de calcio y magnesio para su desarrollo (Sánchez y Favela, 2005). El pH ideal para esta planta es de entre 6.5 y 7.0, en caso de presentar un pH más ácido es recomendable aplicar calcio. Puede experimentar fases de inactividad durante los períodos de sequía, solo retomando su crecimiento cuando las condiciones de humedad vuelven a ser propicias 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 & Favela, 2005).

#### **2.1.4 Importancia del cultivo**

La alfalfa es importante por su interés como fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales; así como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo conservacionista de la fauna. Además de la importante reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo y para los siguientes en las rotaciones de las que forma parte (Plasentis, 1994). Al ser este un forraje que se adapta a diferentes tipos de climas áridos, semiáridos y templados. Tiene presencia en diferentes estados de la república mexicana (Santana *et al.*, 2019). Los principales estados productores del país son Chihuahua, Coahuila, Durango, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Puebla, en todos los estados mencionados, utilizan sistema de riego (INIFAP, 2022).

#### **2.2 Descripción de la variedad Premium**

La variedad Premium de alfalfa, originaria de Australia y también reconocida en algunos lugares como Supersonic, se destaca por su aplicación óptima en pastoreos intensivos y programas de corte. Una de sus características distintivas radica en sus hojas considerablemente grandes, lo que facilita la acumulación de una mayor cantidad de proteínas y energía. Esta variedad de alfalfa es especialmente recomendada para la producción de leche debido a su destacada relación hoja-tallo (AGP Semillas, 2019). Presenta un contenido proteico del 22 %, una digestibilidad del 70 % y logra una producción anual de 22-28 toneladas de materia seca por hectárea. Además, su longevidad se sitúa entre 4 y 6 años (AgroBesser, 2022).

#### **2.3 Rendimiento estacional del forraje**

El desarrollo de las plantas es un incremento irreversible en su tamaño y peso mediante la formación de nuevo tejido, ya sea en tallos, hojas o raíces, a lo largo del tiempo. Este proceso, también conocido como el incremento en la masa de la planta, se puede describir como un fenómeno cuantitativo, expresado en términos de aumento de

longitud o diámetro del cuerpo vegetal, así como en peso. Siendo resultado de diversas interacciones del clima con las especies vegetales, suelo y prácticas de manejo (Velasco *et al.*, 2001).

Las diversas variedades de alfalfa presentan combinaciones únicas de caracteres genéticos, y su rendimiento potencial tiende a manifestarse de manera diferente según las condiciones ambientales específicas en las que se desarrollen. No hay una variedad adecuada para todas las condiciones de producción, la selección adecuada de una variedad depende de las combinaciones de factores climáticos, edáficos, prácticas de manejo y el método de aprovechamiento de la pastura, ya sea a través de corte o pastoreo (Salinas, 2005). El desarrollo y rendimiento de las plantas forrajeras, se determinan a través de la cantidad de forraje producido. Además, se destaca que el incremento de la temperatura incide en la respiración de la planta, resultando en un doble aumento de la producción de anhídrido carbónico por cada 10 °C que aumenta la 9 temperatura. Esta tendencia se mantiene efectiva hasta llegar a los 45 °C, promoviendo así el aumento en la formación de materia orgánica en la planta. Hay diversos factores que influyen en la magnitud del crecimiento de una pradera, como la frecuencia y severidad de cosecha, crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, prácticas de fertilización, tipos de suelo y clima (Tablada, 1998).

Las hojas desempeñan un papel muy importante en el crecimiento de la planta, siendo la luz un factor determinante. La cantidad de hojas influye directamente en la capacidad de la planta para interceptar la luz solar. Cuantas más hojas tenga, mayor será la cantidad de luz capturada, lo que resulta en un mejor crecimiento y rendimiento de la MS, al igual que la disponibilidad de nutrientes y agua (Horrock y Vallentine, 1999).

## **2.4 Factores que influyen en el crecimiento y producción de forraje**

### **2.4.1 Radiación solar**

Es un factor muy importante, ya que tiene un impacto positivo en el crecimiento de la alfalfa, pues la cantidad de horas de radiación solar incrementa conforme la latitud de la región disminuye (Plasentis, 1994). La variación estacional en la producción de forraje se atribuye a la radiación solar. En climas templados, la mayor producción se encuentra en verano, debido a que en esta estación la cantidad de radiación solar es mayor y permite un mayor crecimiento de la planta (Morales *et al.*, 2006).

Además, el crecimiento de la planta está vinculado a la generación de energía durante la fotosíntesis, manifestada en forma de azúcares simples. El factor clave que influye en la tasa de crecimiento es el índice de área foliar, que también impacta en la cantidad de luz capturada. Si la planta presenta un mayor número de hojas y ofrece espacio para que la luz sea capturada por cada hoja a lo largo del tallo, aumenta el rendimiento de forraje (Sud y Dengler, 2000).

### **2.4.2 Temperatura**

La combinación entre las distintas variedades de la especie *Medicago sativa* L se atribuye a la interacción entre la temperatura y el fotoperiodo. Esto se refleja en la capacidad de las alfalfas mediterráneas que pueden crecer en climas con inviernos frescos, debido a la selección y a la sequía que impediría su crecimiento. Por otro lado, las alfalfas de tipo nórdico están orientadas hacia crecimientos estivales, ya que las bajas temperaturas invernales provocan una pausa en el crecimiento de la planta, lo que resulta una mayor resistencia al frío (Pozo, 1977).

La germinación de la semilla de alfalfa comienza a temperaturas de 2 a 3 °C, siempre que las condiciones ambientales lo permitan. A medida que la temperatura aumenta, el proceso de germinación se acelera, alcanzando su punto óptimo entre 28 y

30 °C. Temperaturas superiores a 38 °C resultan letales para las plántulas. Algunas variedades de alfalfa son capaces de tolerar temperaturas muy bajas, llegando incluso hasta los -10 °C. La temperatura media anual para la producción forrajera se sitúa alrededor de los 15 °C, con un rango óptimo de 18 a 28 °C, dependiendo de las diferentes variedades (Plasentis, 1994).

### **2.4.3 Humedad**

La alfalfa se clasifica dentro del grupo de las plantas C3, las cuales se destacan por tener baja eficiencia en el uso del agua. Se requieren de 700 a 800 kg de agua para producir un kg MS (Muslera y Ratera, 1991). Para el crecimiento de las plantas, la humedad que se encuentra disponible en el suelo tiene gran influencia para poder realizar los procesos metabólicos. Tanto la falta como el exceso de agua pueden generar estrés hídrico en las plantas, evitando que desarrolle bien su crecimiento y los distintos procesos a realizar (Aranjuelo *et al.*, 2011). El exceso de humedad reduce la capacidad de aireación del suelo, resultando en un sistema radical amarillento y plantas con coronas pequeñas. Un suelo excesivamente húmedo puede ocasionar daños a las plántulas y pérdidas debido a diversos patógenos. Si esta condición persiste durante períodos prolongados o se encuentra el cultivo en plena estación productiva, los rendimientos se ven afectados negativamente, debido al alto porcentaje de plantas que mueren al no poder respirar adecuadamente a través de las raíces (Muslera y Ratera, 1991).

A nivel de las raíces, la escasez de agua induce una disminución en la actividad de la enzima nitrogenasa, lo cual afecta la tasa de fijación de N<sup>2</sup> al reducir la respiración del nódulo y aumentan las concentraciones de O<sup>2</sup> y, por lo tanto, el transporte de compuestos nitrogenados a la parte aérea de la planta. En el caso de la alfalfa, tratará de reducir su potencial osmótico para contrarrestar el déficit hídrico al incrementar a nivel celular los contenidos de azúcares solubles y aminoácidos (Aranjuelo *et al.*, 2011).

#### **2.4.4 Suelo**

El cultivo de la alfalfa se desarrolla óptimamente en suelos profundos, sanos y bien drenados. En estas condiciones, la planta puede ofrecer cosechas abundantes, incluso en climas con escasa precipitación. Al describir las características botánicas de la alfalfa, se hace hincapié en su extenso sistema de raíces, lo que la hace resistente a la sequía. Durante períodos de escasez, la planta tiene la capacidad de extraer el agua necesaria de las capas más profundas del suelo. La alfalfa no es aconsejable en suelos menos de 60 centímetros de profundidad (Pozo, 1977).

Esta especie requiere de un pH del suelo de 6.5 a 7.5, ya que valores inferiores a 5.8 afectan su capacidad de la absorción de nutrientes, mientras que niveles superiores a 8.5 favorecen la aparición de enfermedades en el suelo. El pH ideal para el crecimiento de la alfalfa es de 7.2, ya que valores más bajos (ácidos) generan complicaciones en la nodulación de *Rhizobium meliloti*, un proceso que no ocurre con pH por debajo de 5.0, disminuyendo significativamente su eficiencia en la fijación de nitrógeno atmosférico, afectando la absorción de iones de calcio, así como se incrementa la toxicidad debido a la presencia de iones de aluminio y manganeso. 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).

#### **2.4.5 Plagas y enfermedades del cultivo de alfalfa**

La alfalfa, como cultivo, tiene una duración en el suelo de entre 3 y 5 años, y en ocasiones puede extenderse incluso por un período más prolongado. Esto propicia un ambiente estable para que los artrópodos se establezcan, se alimenten y se reproduzcan en el cultivo. A pesar de la frecuente cosecha de la alfalfa, este fenómeno persiste. Existen diversos grupos funcionales, algunos de ellos herbívoros, entre los cuales solo unos pocos podrían considerarse plagas potenciales, capaces de ocasionar pérdidas económicas en la producción del cultivo (Lloveras *et al.*, 2020). En el Cuadro 2 se

presentan las principales plagas y enfermedades que comúnmente atacan al cultivo de la alfalfa.

**Cuadro 2.** Principales plagas y enfermedades de la alfalfa.

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Pulgón manchado	<i>Therioaphis maculata</i>
Pulgón verde	<i>Acyrtosiphon pisum</i>
Picudo de la alfalfa	<i>Hipera brunneipennis</i>
Gusano soldado	<i>Spodoptera exigua</i>
Mariposita amarilla	<i>Colias eurytheme</i>
Diabrotica	<i>Diabrotica spp.</i>
Chicharritas	<i>Cicadellia spp.</i>
Trips	<i>Frankliniella occidentalis</i>
Peca de la alfalfa	<i>Pseudopeziza medicaginis</i>
Pudrición texana	<i>Phymatotrichum omnivorum</i>
Pudrición de la corona	<i>Fusarium oxysporum</i>
Verticilosis	<i>Verticillium alboatrum</i>
Podredumbre gris	<i>Bortrytis cinera</i>
Pudrición de la raíz	<i>Rhizoctonia solani</i>
Tizón de la Soja	<i>Sclerotium rolfsii</i>
Actracnosis	<i>Collectotrichum trifolii</i>

Fuente: Alarcón *et al.* (2008).

## **2.5 Factores que afectan el rebrote de los forrajes**

El rebrote de los forrajes se refiere a la aparición y acumulación progresiva de nuevo material a nivel del suelo después de haberse llevado a cabo una cosecha completa (Chapman y Lemaire, 1993). Numerosos elementos influyen en la capacidad de rebrote, entre los cuales se incluyen factores climáticos, reservas de carbohidratos, hormonas, disponibilidad de nutrientes, área foliar para la fotosíntesis y la competencia entre las plantas. La actividad fotosintética disminuye cuando las plantas son despojadas

de sus hojas, y la cantidad y tipo de tejido removido se ven afectados, disminuyendo así su capacidad de rebrote (Briske, 1991). Para alcanzar un desarrollo óptimo de la planta después de la defoliación, se le consideran como objetivos que incluyan la restauración y el mantenimiento del crecimiento homeostático, siempre y cuando la planta disponga de los recursos necesarios para ser utilizados de manera equilibrada, adaptándose a sus requerimientos específicos (Mendoza *et al.*, 2008).

### **2.5.1 Meristemos de crecimiento**

Las células que conforman los meristemos, áreas celulares en las plantas, mantienen un estado perpetuo de embrionarias. A pesar de esto, su reproducción y desarrollo provienen de los demás tejidos. Se clasifican en meristemos primarios, responsables del crecimiento en longitud, y meristemos secundarios, encargados del aumento en el grosor de tallos y raíces (Rojas, 1993). La ubicación de los meristemos está vinculada al modo de crecimiento de la planta. En el caso de la alfalfa, los meristemos de crecimiento se sitúan a la altura del corte, lo que resulta el rebrote desde las yemas de la corona y los meristemos axilares. La recuperación es un proceso prolongado, ya que las yemas activas tienen un crecimiento óptimo hasta que la planta entra en su fase reproductiva, este fenómeno no se produce en condiciones de pastoreo (Chapman y Lemaire, 1993).

La capacidad de regeneración rápida tras la defoliación se reconoce como una cualidad distintiva en especies que toleran este proceso, se destaca la importancia de los meristemos activos en los tallos restantes como una de las características más relevantes. Cuando la cosecha se efectúa en proximidad al suelo, las especies de crecimiento rastrero tienen ventajas en comparación con las especies de crecimiento erecto. Sin embargo, si la cosecha no se realiza cerca del suelo, son las especies erectas las que muestran una respuesta de regeneración más rápida (Richards, 1993).

### **2.5.2 Reservas de carbohidratos**

En la alfalfa, las reservas de carbohidratos disminuyen después de la cosecha, coincidiendo con el inicio del periodo de rebrote, durante el cual se genera la nueva parte aérea (Ueno y Smith, 1970). Los carbohidratos desempeñan un papel fundamental al proporcionar la energía requerida para el renacimiento de las plantas forrajeras, ya sean perennes o anuales. Estas plantas pueden ser cosechadas repetidamente en una sola temporada, y los carbohidratos también ayudan a la supervivencia de las plantas durante situaciones críticas como sequías, inundaciones y condiciones climáticas extremas. Asimismo, ofrecen la energía necesaria para el crecimiento de las plantas cuando las condiciones son favorables (Duthil, 1989).

La utilización de carbohidratos de reserva en el proceso de rebrote está influenciada por la severidad de la cosecha, la capacidad fotosintética de las hojas remanentes y las condiciones ambientales para la fotosíntesis durante el crecimiento. A medida que se produce el rebrote de la alfalfa, las reservas de carbohidratos disminuyen, coincidiendo con la generación de la nueva parte aérea. El desarrollo de la alfalfa también está condicionado por la cantidad y tamaño de las yemas presentes en el área foliar remanente (Viteri y Vitalino, 2019).

### **2.5.3 Disponibilidad de agua**

La cantidad de agua utilizada por la planta está condicionada por diversos factores, entre los que se incluyen el desarrollo del cultivo, la sanidad de la planta, la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua en el suelo. Durante el establecimiento del cultivo, se favorece la infiltración del agua superficial hacia el subsuelo, gracias a las raíces que actúan como canales de transporte (Guo *et al.*, 2019). La alfalfa genera una elevada generación de forraje, lo que implica la necesidad de cantidades significativas de agua para permitir que las raíces se extiendan hasta una profundidad de hasta tres metros. Se estima que, para lograr una producción adecuada de forraje, se requieren entre 450 y

500 mm de agua en climas frescos de montaña, mientras que, en climas cálidos, áridos y desérticos, el rango se sitúa entre 1,200 y 1,400 mm (Duarte, 2002).

El uso del sistema de riego por goteo (RGS) permite un ahorro de agua entre el 30% y el 50% en comparación con métodos como el riego de aspersión e inundación. En este sistema se aplica agua en volumen bajo, evitando pérdidas por evaporación directa del suelo y percolación profunda. Durante la aplicación del riego por goteo, se busca mantener la capa superior del suelo prácticamente seca, con el objetivo de reducir la evaporación directa y prevenir la proliferación de malezas (Wang *et al.*, 2018).

#### **2.5.4 Frecuencia e intensidad de corte**

El lapso de tiempo entre un corte y el siguiente se define como la frecuencia de corte aplicada a la planta. Del mismo modo, la cantidad total de cortes efectuados en un periodo específico se determina para establecer el rendimiento de forraje por unidad de superficie (Mendoza, 2008). Para lograr una producción adecuada de alfalfa, es esencial prestar atención tanto al buen rendimiento como a la persistencia elevada. Esto permitirá obtener forraje de alta calidad en cantidades superiores, y al mismo tiempo, asegurar una mayor durabilidad en las praderas (Teixeira *et al.*, 2007).

En el cultivo de alfalfa, la importancia recae más en la frecuencia de corte que en la intensidad del mismo, esto se debe a que el nuevo crecimiento después de la cosecha ocurre en las yemas de la corona y en los meristemos axilares de los tallos más bajos (Hernández-Garay *et al.*, 1992). Las tasas de crecimiento varían debido a las estaciones en las que se desarrolla el forraje, lo que impacta directamente en el rendimiento de este. Por esta razón, resulta importante establecer frecuencias de corte a lo largo del año (Hernández y Martínez, 1997).

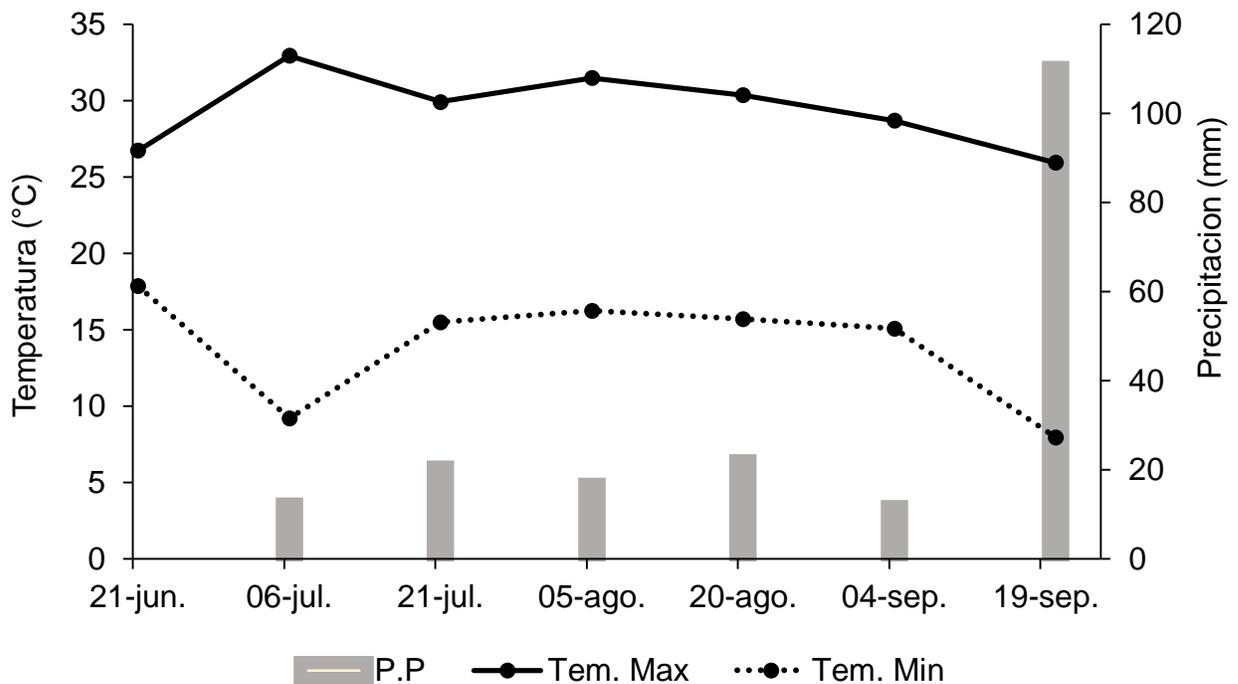
### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

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

El estudio fue realizado durante la estación de verano del 21 de junio del 2022 al 20 de septiembre del 2022, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, en el área experimental conocida como “El Bajío”, con coordenadas 25° 23´ de Latitud Norte y 101° 00´ de Longitud Oeste, a 1783 msnm. La región presenta un clima templado semiseco con una temperatura promedio de 18 °C. Durante los inviernos, se experimentan condiciones extremas, promediando temperaturas máximas que superan los 18 °C, aunque se registran mínimas que descienden por debajo de los 0 °C.

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

En la Figura 1 presenta las temperaturas y precipitaciones registradas durante el periodo del experimento, los datos fueron recopilados de la red universitaria de observatorios atmosféricos (RUOA, UAAAN, Saltillo). A lo largo del período de investigación, la temperatura osciló entre un máximo de 32.9 °C y un mínimo de 7.9 °C. La mayor precipitación acumulada se observó a finales del mes de septiembre del año 2022, alcanzando los 109.1 mm.



**Figura 1.** Representación gráfica de medias quincenales de la temperatura máxima, mínima y precipitación acumuladas durante el periodo experimental (verano de 2022). Información obtenida de la red universitaria de observatorios atmosféricos (RUOA, UAAAN, Saltillo).

### 3.2 Manejo de las parcelas experimentales

Se utilizaron nueve parcelas de 9 m<sup>2</sup>, establecidas el 5 de febrero de 2019. Se utilizó la variedad Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.). La especie 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 tres semanas para el CTE, cuatro semanas para el CME y cinco semanas para el CTA. La siembra se realizó al voleo, con una densidad de siembra de 22 kg SPV ha<sup>-1</sup>. Se llevaron a cabo riegos mediante cintilla superficial ubicada a una distancia de 70 cm de separación, aplicando riegos cada 15 días a capacidad de campo.

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

La fuente de variación fueron tres intervalos de corte (CTE, CME, CTA), a los que fue sometida la especie en estudio, durante la estación de verano. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones, asignadas a cada intervalo de corte.

### **3.4 Variables evaluadas**

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

El rendimiento de forraje se determinó cosechando la vegetación existente dentro de un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup>, seleccionado al azar en cada repetición. El corte de planta se realizó a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. El forraje obtenido en cada intervalo de corte se colocó en bolsas de papel previamente etiquetadas. Después, el material fue sometido a un proceso de secado en una estufa de aire forzado de tipo POM246F SERIAL No. P6-800, a una temperatura de 55 °C durante un periodo de 72 horas hasta alcanzar un peso constante, de esta manera se registró el peso correspondiente a la materia seca, con lo cual se determinó el rendimiento por unidad de superficie (kg MS ha<sup>-1</sup>). Este método de secado se empleó de igual manera para las variables: composición botánica-morfológica, peso de tallo individual, peso de hoja por tallo.

#### **3.4.2 Composición botánica – morfológica (CBM)**

Se empleó una muestra representativa de alrededor del 10 % del forraje cosechado para evaluar la composición botánica y morfológica. Esta muestra se separó en hojas, tallos, material muerto, inflorescencia y maleza, con el objetivo de obtener el rendimiento total del forraje. Cada componente fue individualmente introducido en bolsas identificadas para pasar por el proceso de secado. Para obtener un peso más exacto se

empleó una báscula analítica para pesar las muestras de cada componente, determinando el porcentaje y kg MS ha<sup>-1</sup> de aportación al rendimiento total.

### 3.4.3 Relación:hoja/tallo

Utilizando los datos obtenidos de la composición botánica y morfológica de hoja y tallo de las plantas de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se llevaron a cabo los cálculos para estimar la relación hoja: tallo, empleando la siguiente fórmula:

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

Donde:

R = Relación:hoja/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

Antes de realizar el corte, se tomaron diez alturas de planta al azar en cada repetición, para la estimación de la altura de la planta. Se emplearon los métodos de la regla y el plato, ambos con una longitud de 100 cm y una precisión de graduación de 1 mm cada uno, con las lecturas registradas de cada repetición se calculó el promedio de la altura por repetición de la planta.

### 3.4.5 Peso de tallo individual

Se seleccionó una muestra representativa de 10 tallos por repetición, los cuales fueron separados de las hojas y colocados en bolsas de papel identificadas. Luego, se sometieron a un proceso de secado, hasta que alcanzaron su peso constante. Se procedió a registrar el peso de los diez tallos, dividiendo después entre diez para obtener el peso por tallo individual en gramos de materia seca por tallo (g MS tallo<sup>-1</sup>).

### 3.4.6 Peso de hoja por tallo

La hoja extraída de los 10 tallos recolectados en la estimación del peso de tallo individual se colocó en bolsas identificadas para después someterlas a un proceso de secado, hasta alcanzar su peso constante durante 72 h.

Para sacar el peso de hoja por tallo se empleó la siguiente fórmula:

$$PH^*T=PHT/10$$

Donde:

PH\*T=Peso de hoja por tallo (g MS hoja tallo<sup>-1</sup>)

PHT= Peso de hoja total (g MS hoja 10 tallos<sup>-1</sup>)

### 3.5 Análisis estadístico

Se empleó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones para evaluar y comparar los intervalos de corte en el rendimiento productivo de la alfalfa de la variedad Premium. Se realizó un análisis ANOVA mediante 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).

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

Donde:

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

$\mu$  = Media general de la población estudiada

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

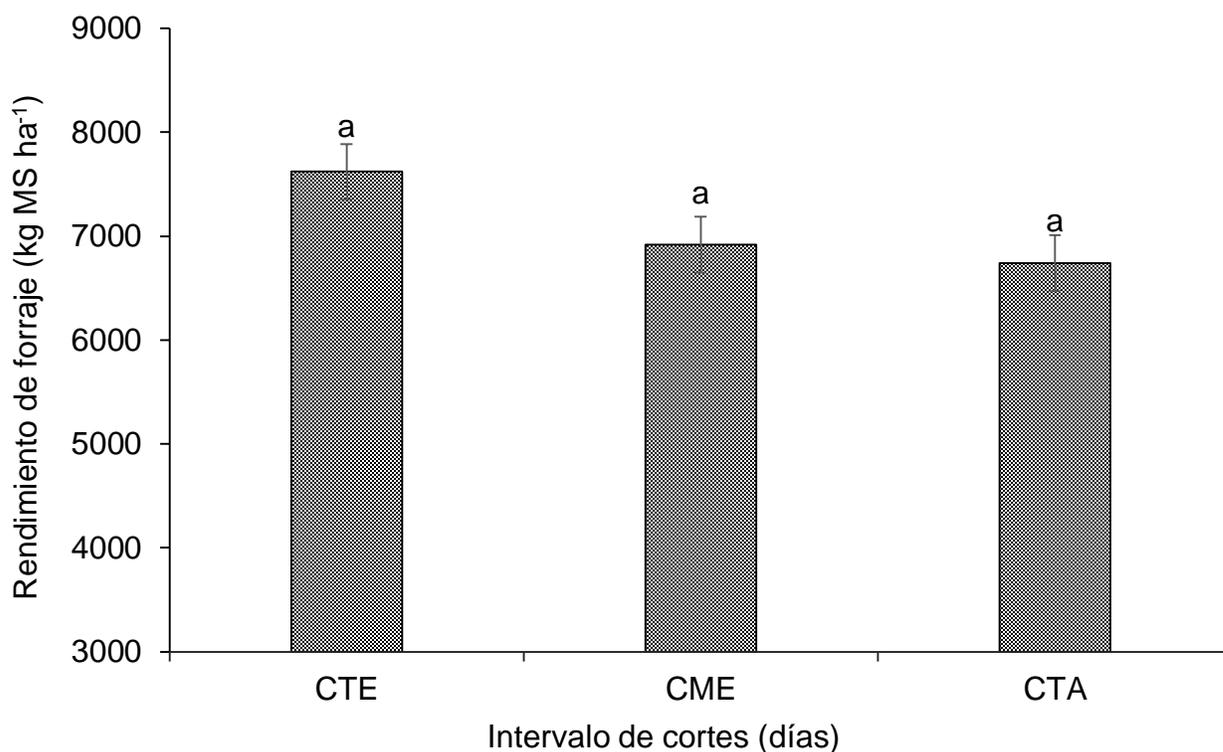
$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

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

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Rendimiento de forraje

En la Figura 2 se muestra el rendimiento de materia seca de la variedad Premium cosechada a diferentes intervalos de corte; corte temprano (CTE), Corte medio (CME) y corte tardío (CTA) en la estación de verano 2022 en el Sureste de Coahuila, México. No se presentaron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) entre los diferentes intervalos de corte (IC), sin embargo, hubo un incremento del 9.19 % del CTE, respecto al CME y un 2.64 % del CME al CTA. Por lo tanto, el CTE produjo el mayor rendimiento de forraje, alcanzando  $7,620 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , seguido por el CME con  $6,920 \text{ kg MS ha}^{-1}$  y el CTA con  $6,738 \text{ kg MS ha}^{-1}$ .



**Figura 2.** Rendimiento de materia seca ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) de alfalfa variedad Premium cosechada a intervalos de corte de 21 (CTE), 28 (CME) y 35 (CTA) días de rebrote en la estación de verano en el sureste de Coahuila, México. Letras iguales sobre las barras no expresan diferencias significativas ( $p>0.05$ ).

De acuerdo con, Corona (2023), en su estudio reveló que el rendimiento óptimo de forraje se alcanzó cuando la alfalfa fue cosechada tras 35 días de rebrote, lo que corresponde al intervalo de corte tardío (CTA), obteniendo un valor de 11,208 kg MS ha<sup>-1</sup>. Mientras que, la menor producción de materia seca se presentó en el CTE con 6,859 kg MS ha<sup>-1</sup>. Por su parte, Salazar (2023) menciona que únicamente se presentaron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los promedios por intervalo de corte, donde el Corte Tardío (CTA) presentó el mayor rendimiento de forraje con 5,111 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido por Corte Temprano (CTE) con 3,976 y Corte Medio (CME) 4,261 kg MS ha<sup>-1</sup>, presentando las menores producciones.

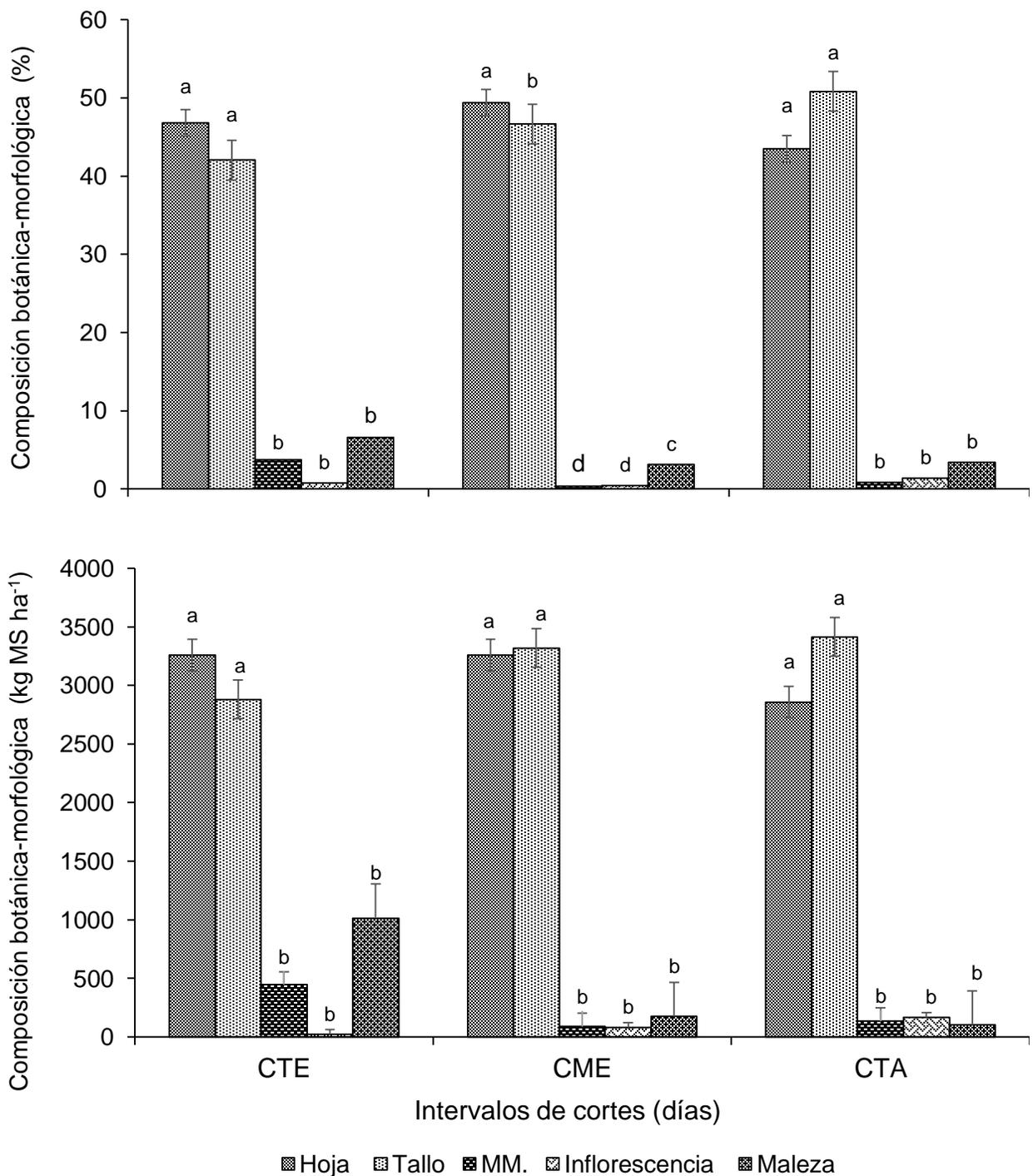
## 4.2 Composición botánica-morfológica

La Figura 3 muestra las aportaciones en porcentaje y kg MS ha<sup>-1</sup> de los componentes botánicos-morfológicos de la alfalfa var. Premium cosechada a diferentes intervalos de corte en la estación de verano 2022. En la aportación de porcentaje no se observaron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) en la contribución de cada componente entre los intervalos de corte, pero sí se presentaron diferencias ( $p < 0.05$ ) en la comparación de los componentes dentro de cada intervalo de corte. En las aportaciones en porcentaje, los componentes que tuvieron mayor aportación al rendimiento total, fue el tallo en el CTA con 51 % y la hoja en el CME con 49 %, mientras que la inflorescencia y el material muerto fueron los que presentaron menor aportación en el CME, siendo esta nula con el 0 % en ambos componentes. En el CTE la hoja presentó el mayor porcentaje con 47 % y el que menos aportó fue la inflorescencia con 1 % respectivamente. En términos de promedio por cada componente, el tallo representó el 47 %, seguido por la hoja con 46 %, la maleza con 4 %, el material muerto con 2 % y la inflorescencia con 1%.

En cuanto a los aportes en kg MS ha<sup>-1</sup>, se observaron diferencias entre los componentes de cada intervalo de corte ( $p < 0.05$ ). El tallo y la hoja fueron los que presentaron mayor rendimiento, el tallo en el CTA con 3,414 kg MS ha<sup>-1</sup> y la hoja en el CTE y CME con 3,259 kg MS ha<sup>-1</sup> en ambos cortes. El material muerto, la inflorescencia y la maleza fueron los más bajos en rendimiento, sin mostrar diferencias entre ellos,

según los datos estadísticos ( $p > 0.05$ ). Siendo la inflorescencia la más baja con 21 kg MS  $\text{ha}^{-1}$  en el CTE y la maleza el más alto con 1014 kg MS  $\text{ha}^{-1}$  en el mismo corte. En cuanto al promedio de cada componente, el tallo representa el 3205 kg MS  $\text{ha}^{-1}$ , seguido por la hoja con 3125 kg MS  $\text{ha}^{-1}$ , la maleza 430 kg MS  $\text{ha}^{-1}$ , el material muerto 224 kg MS  $\text{ha}^{-1}$  y la inflorescencia 89 kg MS  $\text{ha}^{-1}$ .

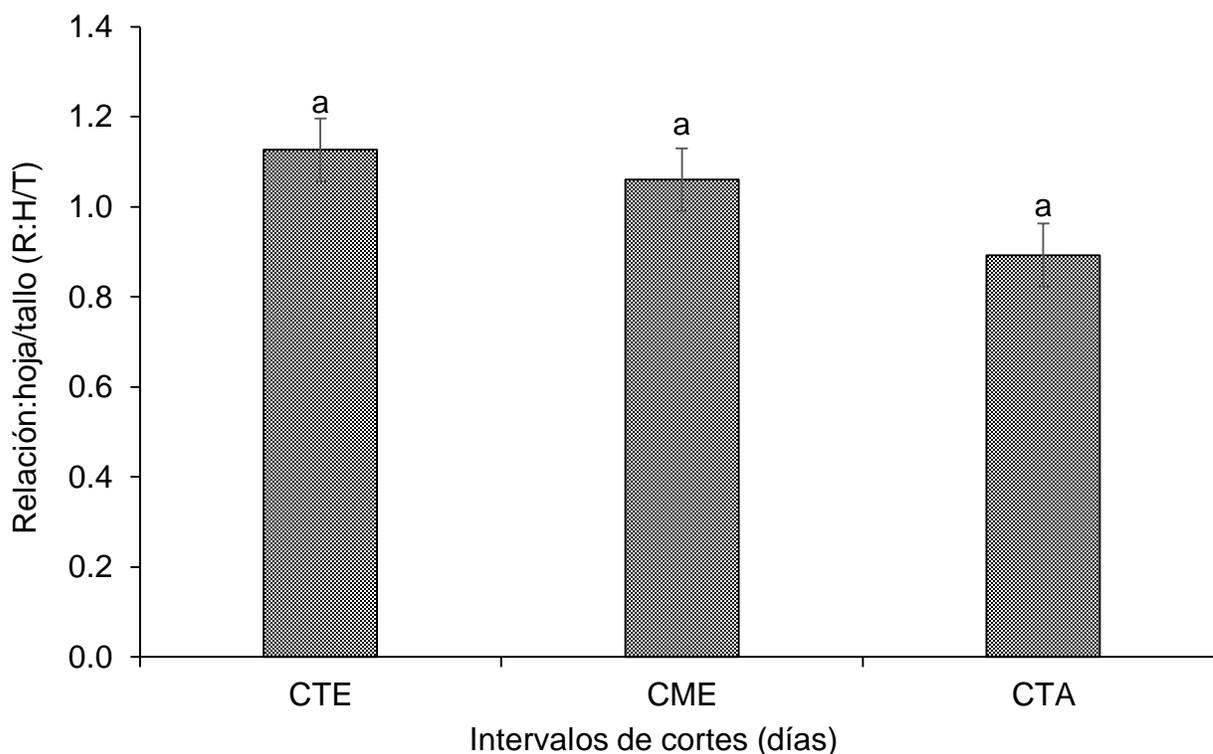
El autor Barbón (2019), menciona que el componente hoja aportó el mayor rendimiento en porcentaje de 48 y 59 % observados en un intervalo de 7 y 14 días de rebrote. Sin embargo, el tallo se incrementó conforme avanzó el experimento de un 22 a 42 y de 21 a 38 %, para la alfalfa inoculada y sin inocular, respectivamente. De acuerdo con Castro (2020), observo en su estudio que el tallo respecto a la hoja, incremento el porcentaje de aportación al rendimiento conforme avanzó el experimento y la planta fue avanzando en edad. Este, aumento de un 22 % en la semana 1 a 40 % en la semana siete, en promedio de ambos tratamientos. Por su parte, el material muerto presentó un alto porcentaje de presencia en la primera semana de rebrote (7 DDR; 11 %), el cual fisiológicamente no es el esperado, lo cual puede ser atribuible al error experimental, ya que se colectaban residuos del corte de uniformización del cultivo. Sin embargo, a partir de la semana seis y siete, al final del experimento, el aporte del material muerto. Presentó valores superiores a los registrados en semanas anteriores a excepción de la semana uno, con valores que van desde 6 a 10 %. Por su parte, la maleza tuvo un porcentaje elevado en la semana uno en ambos tratamientos, con un valor promedio de 16 %.



**Figura 3.** Composición botánica morfológica de alfalfa variedad Premium cosechada a intervalos de corte de 21 (CTE), 28 (CME) y 35 (CTA) días de rebrote en la estación de verano en el sureste de Coahuila, México. Letras iguales sobre las barras no expresan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). MM= Materia muerta.

### 4.3 Relación:hoja/tallo

En la Figura 4 se muestra la relación:hoja/tallo (R:H/T) de alfalfa var. Premium cortada en la estación de verano. No se presentaron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ), cuando se cosechó a diferentes intervalos de corte, sin embargo, hubo un incremento del 18.19 % del CTA al CME y CTE. La tendencia de mayor a menor fue de CTE (21 días), CME (28 días) ambos con un valor de 1.1 y CTA (35 días) con 0.9. Lo anterior muestra que en el CTE y CME tanto la hoja como el tallo generaron una cantidad equivalente de materia seca, en comparación con el CTA, donde la cantidad de hoja producida fue inferior en relación con el tallo.

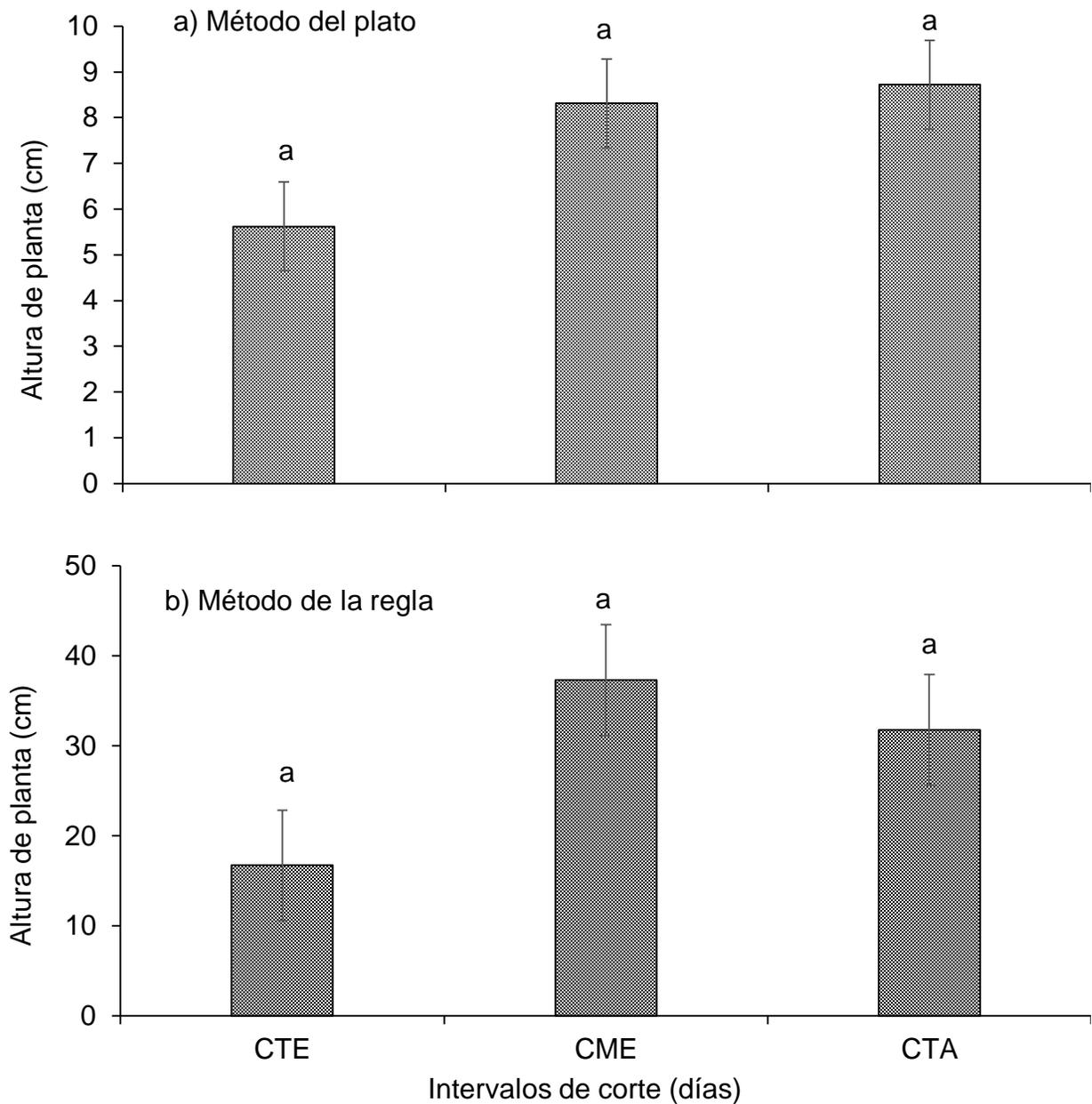


**Figura 4.** Relación:hoja/tallo (R:H/T) de alfalfa variedad Premium cosechada a intervalos de corte de 21 (CTE), 28 (CME) y 35 (CTA) días de rebrote en la estación de verano en el sureste de Coahuila, México. Letras iguales sobre las barras no expresan diferencias significativas ( $p>0.05$ ).

De acuerdo con Guevara (2021), en su investigación reveló que independientemente de la edad de rebrote, la estación de primavera fue superior a la de verano en un 40 % con 1.5 y 0.9 en verano ( $p < 0.05$ ). Se muestra una diferencia significativa, ya que en ambas estaciones la relación hoja tallo muestra un comportamiento decreciente, por lo tanto, en promedio se puede observar el valor más alto a los 7 días de rebrote (DDR) correspondiente a un valor de 2,0 respecto a un valor menor a los 49 DDR de 1,0. La variabilidad estadística fue mayor en verano respecto a primavera. En esta última solamente a los 7 DDR con 2.4, fue diferente al resto de los días de rebrote. Por su parte, en verano a los 7 DDR fue similar al valor registrado a los 21 DDR con 1.4 y 1.1, respectivamente, hasta el valor mínimo a los 42 y 49 DDR de 0,7.

#### **4.4 Altura de la planta**

En la Figura 5a, se muestra la estimación de la altura de la planta, utilizando el método del plato para llevar a cabo las mediciones en cada uno de los intervalos de corte, de la var. Premium en la estación de verano. Los resultados no muestran diferencias significativas entre los diferentes intervalos de corte ( $p > 0.05$ ), pero si hubo un incremento del 11.12 % del CTA respecto al CME y de 25 % del CME respecto al CTE. El CTA (35 días) fue el intervalo que registró mayor altura con 9 cm, en seguida el CME (28 días) presentó 8 cm y por último el que mostró menor altura fue el CTE (21 días) con 6 cm. Esto indica que a medida que los días de rebrote aumentan, la planta muestra una mayor altura, sin embargo, bajo las condiciones de verano donde la planta se ve favorecida su crecimiento, un corte a los 35 días no fueron suficientes para marcar diferencias con un corte de 21 días. Así mismo, en las alturas de planta usando el método de la regla, tampoco se presentaron diferencias significativas (Figura 5b;  $p > 0.05$ ), pero si hay diferencia numérica, mostrando un aumento del 54.05 % del CTE al CME y un aumento del 13.52 % del CTA al CME. Con este método el CME (28 días) fue el que expresó la mayor altura con un total de 37 cm, posteriormente el CTA (35 días) con 32 cm, siendo el CTE (21 días) el más bajo con 17 cm de altura.



**Figura 5.** Altura de la planta calculada mediante dos métodos; plato (a) y regla (b) de alfalfa variedad Premium cosechada a intervalos de corte de 21 (CTE), 28 (CME) y 35 (CTA) días de rebrote en la estación de verano en el sureste de Coahuila, México. Letras iguales sobre las barras no expresan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

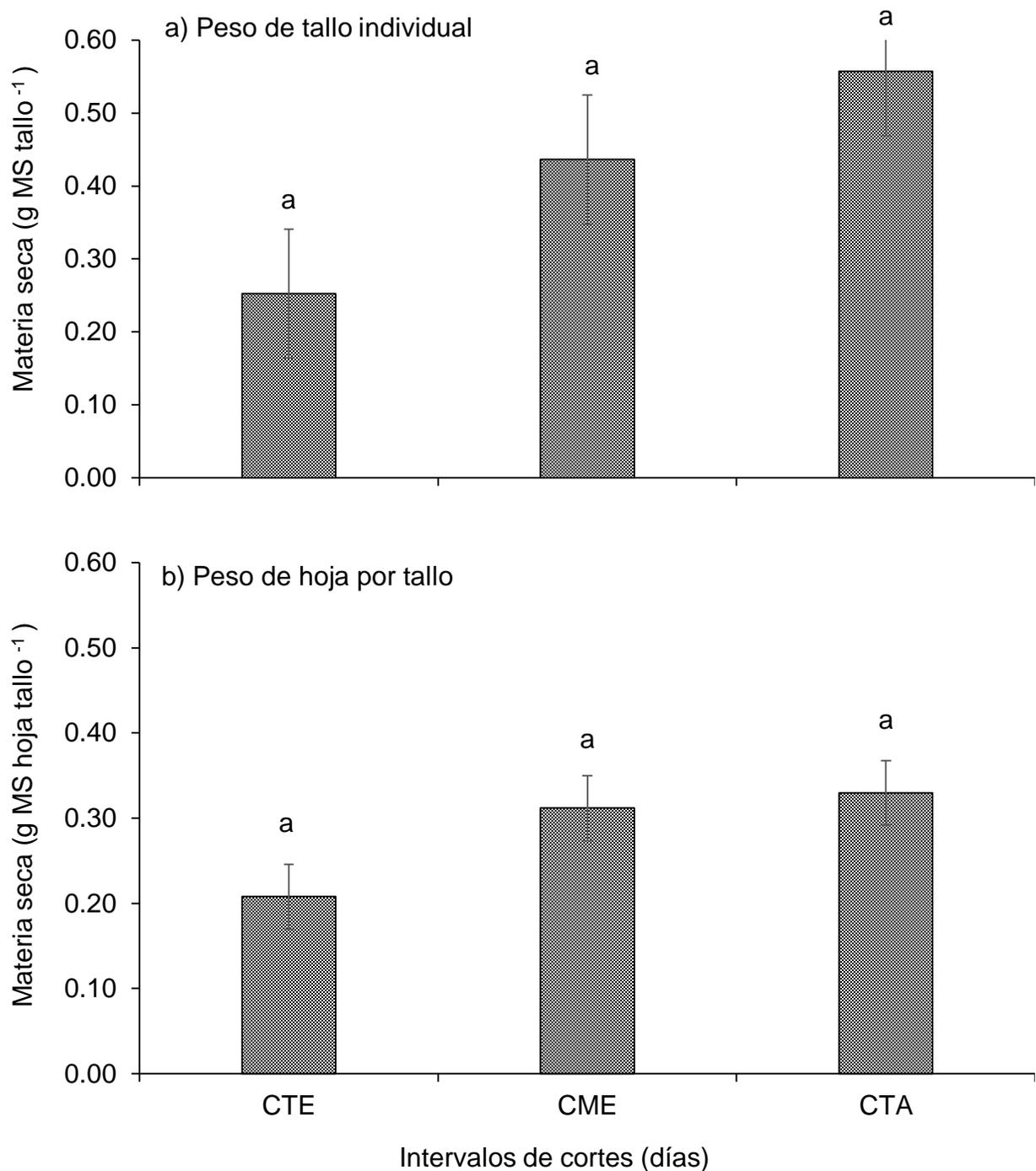
En cuanto a, Cruz (2020) usando la variedad Premium en la estación de verano, con el método de la regla, encontró la mayor altura cuando esta fue cosechada a la séptima semana (67 cm), y la menor altura cuando se registró a la primera semana (11

cm). Por su parte, Salazar (2023), en su estudio de investigación, observo que por el método del plato en la variedad Cuff-101, la mayor altura la obtuvo el CTA con 13 cm, mientras que la menor altura se registró en el CTE con 5 cm. En la variedad Premium, el CTA y CME presentaron las mayores alturas con 11 cm cada una, y el CTE la menor con 5 cm. En el promedio entre los intervalos de corte se apreció diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), donde el CTA y CME fueron los intervalos con mayor altura de planta con 12 y 11 cm, respectivamente, mientras que el CTE presento la menor altura con 5 cm.

#### **4.5 Peso de tallo individual y peso de hoja por tallo**

En la Figura 6a y 6b se muestra el peso del tallo individual y peso de hoja por tallo (g MS tallo<sup>-1</sup>) cosechada a diferentes intervalos de corte (IC); CTE= corte temprano (21 días), CME= corte medio (28 días) y CTA= corte tardío (35 días) en alfalfa var. Premium en la estación de verano en el sureste de Coahuila. Para ambas variables no hubo efecto del intervalo de corte, por lo que no se presentaron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ). No obstante, si se registró un mayor peso de tallo y de hoja a mayor intervalo de corte con incrementos de 21.43 % del CME al CTA y 43.19 % del CTE al CME. El que presento mayor valor fue el CTA con 0.56 g MS, mientras que el de menor valor fue el CTE con 0.25 g MS, dando un promedio general de 0.41 g MS tallo<sup>-1</sup>. En el peso de la hoja hubo un aumento del 6.07 % del CME al CTA y un aumento del 32.26 % del CTE al CME, con valores de 0.21, 0.31 y 0.33 g MS de hoja tallo<sup>-1</sup>, respectivamente, con un promedio de 0.28 g de MS.

Lo anterior concuerda con la investigación de Corona (2023), quien menciona que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). Los valores medios de peso en gramos de materia seca (g MS) por tallo fueron 0.37 g para el CTE, 0.53 g para el CME y 0.66 g para el CTA. En términos generales, el peso promedio de la hoja por tallo fue de 0.52 g MS, mientras que el rendimiento más bajo se observó en CTE con 0.29 g de MS de hoja por tallo, seguido por CME con 0.31 g y CTA con 0.32 g.



**Figura 6.** Peso de tallo individual (a) y peso de hoja por tallo (b) en (g MS tallo<sup>-1</sup>) de alfalfa variedad Premium cosechada a intervalos de corte de 21 (CTE), 28 (CME) y 35 (CTA) días de rebrote en la estación de verano en el sureste de Coahuila, México. Letras iguales sobre las barras no expresan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

## V. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que bajo las condiciones climáticas de la estación de verano, en la alfalfa variedad Premium en el sureste de Coahuila, un intervalo de corte de 21, 28 y 35 días después del rebrote no afectan estadísticamente a las variables de rendimiento de forraje, altura de planta, peso de hoja por tallo, peso de tallo individual y relación: hoja/tallo. No obstante, a diferencia de la relación hoja:tallo, en el resto de las variables se observó un incremento a un mayor intervalo de cosecha de un corte a 21 días hasta un corte de 35 días después del rebrote. Dentro de los componentes morfológicos, la hoja y el tallo fueron los que mayor cantidad de materia seca aportaron al rendimiento total, seguido por la maleza, material muerto e inflorescencia.

## VI. LITERATURA CITADA

**AGPSEMILLAS (2019).** Semillas y forrajes. Recuperado 24 de enero de 2024, de <https://www.agpsac.com/forrajes.php>

**AGRO BESSER (2022).** Alfalfa SUPERSONIC (Premium). Recuperado 27 de enero de 2024, de [Alfalfa Supersonic 25Kg, Semillas de alfalfa uso pastoreo intenso, AGP \(agrobesser.com\)](https://www.agrobesser.com)

**Alarcón, Z. B., Espinosa, E., Galicia, M., & Espinosa, O. (2008).** Manual de plagas y enfermedades de la alfalfa (*Medicago sativa* L.). Fundación Hidalgo Produce AC México, 1(1), 65. [https://www.researchgate.net/publication/308929400 MANUAL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LA ALFALFA Medicago sativa L](https://www.researchgate.net/publication/308929400_MANUAL_DE_PLAGAS_Y_ENFERMEDADES_DE_LA_ALFALFA_Medicago_sativa_L)

**Amezquita, E. (1998).** Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. 2a ed., Villavicencio, Colombia. se, edit Edimundo, pp. 145 - 174. [gecortes,+Gestor a+de+la+revista,+1999 20 1 73-86.pdf](https://www.researchgate.net/publication/308929400)

**Aranjuelo, I., Molero, G., Erice, G., Avice, J. C., y Nogués, S. (2011).** Plant Physiology and proteomics reveals the leaf response to drought in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Journal of experimental Botany, 62(1):111-123.

**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-Huesca, F. D. 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, 23 p.

<http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/47767/K%2066493%20Barb%C3%B3n%20Huesca%2C%20Felipe%20de%20Jes%C3%BA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Briske, D. D. (1991).** Development morphology and physiology of grasses. In: Grazing Management: an ecological perspective. Heitschmidt, R. K., Stuth J. W. (eds.). Timber Press, Portland, Oregon, USA. 85-108 p.

**Castro-Martínez, A. M. (2020).** Comportamiento productivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferente edad de cosecha en la estación de primavera. (Tesis de licenciatura, UAAAN). Repositorio digital de la UAAAN, 26 p.  
<https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/47408/K%2066593%20Castro%20Mart%C3%ADnez,%20Alejandro%20Misael.pdf?sequence=1>

**Chapman, D. F. y Lemaire G. (1993).** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. 95 -104 p.

**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/cgi/viewcontent.cgi?article=1119&context=zootecnia>

**Corona-Castro, T. Y. (2023).** Efecto del intervalo de corte en la producción de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Sureste de Coahuila, México. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 19-26 p.  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/49108/K%2068384%20Corona%20Castro%2c%20Tania%20Yadira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**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.

**Duarte, (2002).** Como implantar bien una pastura de alfalfa. Recuperado 20 de enero de 2024, de [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_alfalfa/57-implantar\\_alfalfa.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/57-implantar_alfalfa.pdf)

**Duthil, J. (1989).** Producción de forrajes. Editorial Mundi prensa. Madrid, España.367 p.

**Espinoza, C., y Ramos, G. (2001).** El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. Folleto para productores, (22):11. <https://fliphtml5.com/es/gbfd/yrbl/basic>

**Flores, D. F. (2015).** La alfalfa (*Medicago sativa* L): origen, manejo y producción. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de pamplona., <https://jdc.edu.co/revistas/index.php/conexagro/article/view/520>.

**Guaytarilla, N., y Caden, F. I. (2005).** Respuesta de la fertilización con boro en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) santa rosa de cusubamba-cayambe. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida, (4). Pp. 67-70.

**Guevara-Jaime M. D. L. (2021).** Acumulación estacional de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L), variedad Premium. (Tesis de licenciatura, UAAAN). Repositorio digital de la UAAAN, 36 p.

<http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/48032/k%2067233%20Guevara%20Jaime%2C%20Ma.%20de%20Lourdes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Guo, L., Liu, Y., Wu, G. L., Huang, Z., Cui, Z., Cheng, Z. & He, H. (2019).** Preferential water flow: Influence of alfalfa (*Medicago sativa* L.) decayed root channels on soil water infiltration. *Journal of Hydrology*, 578:124019.

**Hernández-Garay, 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. 8-24 p.

**Hernández-Garay A., Pérez P. J., y Hernández G.V.A. (1992).** Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia*, Vol 2,131-144 p.

**INIFAP, (2022).** Producción de semilla de Alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo. <https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/Content?/=4177>

**Lloveras, J., Delgado, I., & Chocarro, C. (2020).** La alfalfa: agronomía y utilización. *La alfalfa*, 364 p. [https://www.researchgate.net/publication/348497515\\_La\\_alfalfa\\_Agronomia\\_y\\_Utilizacion](https://www.researchgate.net/publication/348497515_La_alfalfa_Agronomia_y_Utilizacion)

**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. (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](#)

- Morales, A. J., Jiménez, V. J. L., Velasco, V. V. A., Villegas, A. Y., Enríquez, del V. J. R. y Hernández-Garay, A. (2006).** Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la mixteca de Oaxaca. *Técnica Pecuaria en México*. 44(3):277-288. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61344301.pdf#:~:text=Se%20evaluaron%2014%20variedades%20de%20alfalfa%20con%20el,evaluar%20el%20consumo%20de%20agua%20y%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica>.
- Muslera, P. E. y Ratera, G. C. (1991).** Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 2a Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.
- Plasentis, I. (1994).** La materia orgánica, la degradación y erosión de los suelos en el trópico. En *Memorias de VII congreso colombiano de la ciencia del suelo*. 4ª ed., edith. Mundo, Bucaramanga, Colombia. pp. 20 – 23.
- Pozo Ibáñez, M. D. (1977).** La Alfalfa Su Cultivo y Aprovechamiento. 2ª. Edición Madrid Mundi-Prensa. Madrid, España.
- QUIROGA, H. (2013).** Tasa de acumulación de materia seca de alfalfa en respuesta a variables climatológicas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 4 (4): 503-516.
- Rahmonov, O., Zaurov, D. E., Islamov, B. S., Eisenman, S. W. (2020).** Resources along the Silk Road in Central Asia: *Lagochilus inebrians* Bunge (Turkestan Mint) and *Medicago sativa* L. (Alfalfa). *Natural Products of Silk Road Plants*. 15 p. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/97804290615479/resources-along-silk-road-central-asia-lagochilus-inebrians-bunge-turkestan-mint-Medicago-sativa-alfalfa-oimahmad-rahmonov-david-zaurov-buston-islamov-sasha-eisenman>.
- Richards, J. H. (1993).** Physiology of plants recovering from defoliation. In: *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. New Zealand and Australia. Pp. 85-94.

**Robles, S. R. (1975).** Producción de granos y forrajes. Limusa. Monterrey, N.L. México. 592 p.

**Rojas-García, A. R., Hernández-Garay, A., Joaquín-Cansino, S., Maldonado-Peralta, M. A., Mendoza-Pedroza, S. I., Álvarez-Vázquez, P., Joaquín-Torres, 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. M. (1993).** Fisiología Vegetal Aplicada. 4a Edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. 275p.

**Rosado, A. (2011).** Utilización de diferentes profundidades de labranza mínima en el establecimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y su efecto en los rendimientos productivos. Universidad Superior Politécnica de Chimborazo, Tesis. Riobamba - Ecuador. 85 pp.

**Russelle, M. P. (2001).** Alfalfa: After an 8,000-year journey, the “Queen of Forages” stands poised to enjoy renewed popularity. American Scientist, 89(3), 252–261. <http://www.jstor.org/stable/27857472>

**Salazar-Rosales, J. P. (2023).** Efecto del intervalo de cosecha en la producción de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la estación de invierno. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 27-35 p.

**Salinas, S. C. (1988).** La alfalfa reina de las forrajeras. Síntesis Lechera. 33-40 p.

**Sánchez, H. j., & 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.

- Santana, O. I., Olmos-Colmenero, J. J., & Wattiaux, M. A. (2019).** Replacing alfalfa hay with triticale hay has minimal effects on lactation performance and nitrogen utilization of dairy cows in a semi-arid region of Mexico. *Journal of dairy science*, 8546-8558 p.
- 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. <http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1257/IMPORTANCIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20ALFALFA%20%28Mdicago%20sativa%20L.%29%20EN%20EL%20ESTADO%20DE%20BAJA%20CALIFORNIA%20SUR.pdf?sequence=1>
- Sud, R. M. & Dengler, N. G. (2000).** Cell lineage of vein formation in variegated leaves of the C4 grass *Stenotaphrum secundatum*. *Annals of Botany*. 99-112 p.
- 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 components en respuesta a la frecuencia de defoliación. *Revista Europea de Agronomía*, 26 (4), 394-400.
- Ueno, M. and Smith, D. (1970).** Growth and carbohydrate changes in the root Wood and bark of different sized alfalfa plants during regrowth after cutting. *Crop Science*. 396-399 p.
- Velasco Z., Ma. E., Hernández-Garay, A., González, H. V., Pérez, P. J., Vaquera H. H., Galvis, S. A. (2001).** Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*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>.

**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%b1ateviteriwilsonvitaliano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Wang, S., Jiao, X., Guo, W., Lu, J., Bai, Y., & Wang, L. (2018).** Adaptability of shallow subsurface drip irrigation of alfalfa in an arid desert area of Northern Xinjiang. PloS one, 13(4): e0195965.

**Živković, B.J. Radović, D. Sokolović, B. Šiler, T. Banjanac & R. Štrbanović (2012).** Assessment of genetic diversity among alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes by morphometry, seed storage proteins and RAPD analysis. Industrial Crops and Products, 40: 285-291.

## VII. ANEXOS

**Cuadro 3.** Variables analizadas en la variedad Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.) cosechada a diferentes intervalos de corte en la estación de verano 2022, en el Sureste de Coahuila, México.

Variables	Intervalos de corte			x	Sig.	EEM	DMS
	CTE	CME	CTA				
RMS (kg MS ha <sup>-1</sup> ).	7620 <sup>a</sup>	6920 <sup>a</sup>	6738 <sup>a</sup>	7093	0.1	390	1135
R:H/T	1.1 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>	1	0.1	0.1	0.3
AP (cm)	6 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	7	0.2	1	20
AR (cm)	17 <sup>a</sup>	37 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	28	0.1	7	20
PTI (g MS tallo <sup>-1</sup> )	0.2 <sup>a</sup>	0.4 <sup>a</sup>	0.5 <sup>a</sup>	0.4	0.2	0.1	0.3
PHT (g MS tallo <sup>-1</sup> )	0.2 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>	0.2	0.4	0.07	0.2

Letras iguales, no muestran diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). CTE= Corte Temprano (21 días), CME= Corte Medio (28 días) y CTA= Corte Tardío (35 días). SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, RMS= Rendimiento de Materia Seca. R: H/T= Relación Hoja/Tallo. AP= Altura Plato. AR= Altura Regla. PTI= Peso de tallo individual. PHT= Peso de hoja por tallo.

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

Componente	Intervalos de corte			$\bar{x}$	Sig.	EEM	DMS
	CTE	CME	CTA				
Rendimiento de materia seca (kg MS ha <sup>-1</sup> )							
Hoja	3259 <sup>Aa</sup>	3259 <sup>Aa</sup>	2858 <sup>Aa</sup>	3125 <sup>A</sup>	0.4	444	1293
Tallo	2881 <sup>Aa</sup>	3319 <sup>Aa</sup>	3414 <sup>Aa</sup>	3205 <sup>A</sup>	0.2	361	1045
M.M	446 <sup>Ba</sup>	90 <sup>Ba</sup>	136 <sup>Ba</sup>	224 <sup>B</sup>	0.2	361	356
Inflorescencia	21 <sup>Bb</sup>	80 <sup>Bab</sup>	166 <sup>Ba</sup>	89 <sup>B</sup>	0.07	44	127
Maleza	1014 <sup>Ba</sup>	174 <sup>Bab</sup>	102 <sup>Bb</sup>	430 <sup>B</sup>	0.07	297	865
Total	7621	6922	6676	7073			
Sig.	<.0005	<.0001	<.0001	<.0001			
EEM	522	120	217	211			
DMS	1472	339	612	596			
Aportación al rendimiento total (%)							
Hoja	47 <sup>Aa</sup>	49 <sup>Aa</sup>	44 <sup>Aa</sup>	46 <sup>A</sup>	0.3	3	10
Tallo	42 <sup>Aa</sup>	47 <sup>Ba</sup>	51 <sup>Aa</sup>	47 <sup>A</sup>	0.2	3	11
M.M	4 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Da</sup>	1 <sup>Ba</sup>	2 <sup>B</sup>	0.2	2	5
Inflorescencia	1 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Da</sup>	1 <sup>Ba</sup>	1 <sup>B</sup>	0.5	0.8	2
Maleza	7 <sup>Ba</sup>	3 <sup>Ca</sup>	3 <sup>Ba</sup>	4 <sup>B</sup>	0.1	1	4
Total	100	100	100	100			
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001			
EEM	2	0.8	4	1			
DMS	7	2	12	5			

Letras iguales mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma fila no son diferentes estadísticamente (Tukey;  $p < 0.05$ ) CTE= Corte Temprano (21 días), CME= Corte Medio (28 días) y CTA= Corte Tardío (35 días). SIG= Significancia, EEM= Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, M.M = Material Muerto.