

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



**Efecto del intervalo de cosecha en la producción de forraje de
alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la estación de invierno**

Por:

JUAN PABLO SALAZAR ROSALES

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, junio 2023.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Efecto del intervalo de cosecha en la producción de forraje de
alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la estación de invierno

POR:

Juan Pablo Salazar Rosales

TESIS

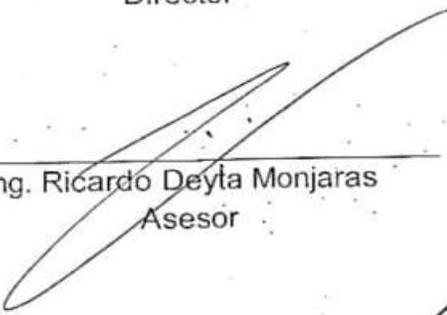
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito para obtener el título de:

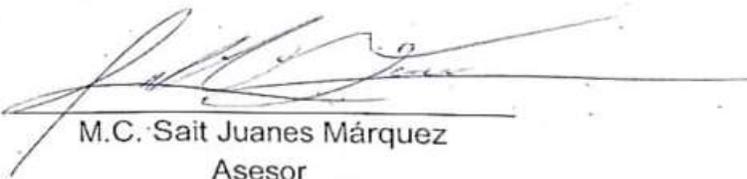
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

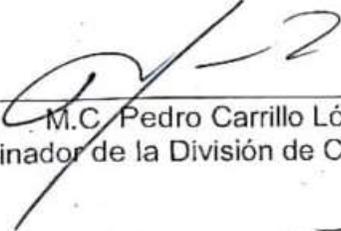
Aprobada por:


Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Director


Dr. Celestino Flores López
Asesor


Ing. Ricardo Deyta Monjaras
Asesor


M.C. Sait Juanes Márquez
Asesor


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



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, junio 2023.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

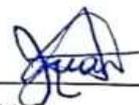
Saltillo, Coahuila, junio de 2023.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Efecto del intervalo de cosecha en la producción de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la estación de invierno**" 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 que no se respetaron los derechos de autor, esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación de este, ni a un nuevo envío.

Juan Pablo Salazar Rosales



FIRMA

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo de las variedades Cuf-101 y Premium de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) durante la estación de invierno, considerando diferentes intervalos de corte: Corte Temprano (CTE) a los 35 DDR, Corte Medio (CME) a los 42 DDR y Corte Tardío (CTA) a los 49 DDR. 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 realizó un ANOVA para comparar el efecto de los intervalos de corte y las variedades sobre las variables evaluadas. El mayor RF, se encontró en el CTA en ambas variedades, Cuf-101 registró en promedio 4,619 kg MS ha⁻¹, siendo el mayor rendimiento. La hoja fue el componente de mayor aporte al rendimiento con 51% Cuf-101 y 52% Premium, con un rendimiento promedio de 2,190 kg MS ha⁻¹, seguida por el tallo con 2,110 kg MS ha⁻¹ para Cuf-101, y en Premium con 2,073 y 1,879 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Los componentes maleza y material muerto presentaron poca aportación, la inflorescencia fue nula. En la R: H/T los mayores valores se presentaron en el CTE y CME en ambas variedades, con valores de 1.6 y 1.2. La mayor AP (método de la regla y plato), se presentó en el CTA en ambas variedades, con 32.5 y 12 cm, mientras que el CTE fue el que presentó las menores alturas, con 14.5 y 5 cm promedio. La mayor LI se registró en el CTA (86%) y CME (76%). Así mismo, Cuf-101 presentó la mayor AF en el CTA con 68.3 cm² tallo⁻¹, mientras que en la variedad Premium no hubo diferencias entre intervalos de corte. La variedad Cuf-101 demostró un mayor rendimiento de forraje respecto a la variedad Premium y la hoja fue el componente que tuvo mayor porcentaje en CTE y CME, no obstante, el tallo registró resultados similares o mayores cuando el intervalo fue más largos en un CTA.

Palabras clave: Composición Botánica-Morfológica, rendimiento de forraje, intervalos de corte.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the productive behavior of the Cuf-101 and Premium varieties of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) during the winter, considering different cutting intervals: Early Cut (CTE) at 35 DDR, Medium Cut (CME) at 42 DDR and Late Court (CTA) at 49 DDR. 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). An ANOVA was performed to compare the effect of cutting intervals and varieties on the evaluated variables. The highest RF was found in the CTA in both varieties, Cuf-101 recorded an average of 4,619 kg DM ha⁻¹, being the highest yield. The leaf was the component with the greatest contribution to yield with 51% Cuf-101 and 52% Premium, with an average yield of 2,190 kg DM ha⁻¹, followed by the stem with 2,110 kg DM ha⁻¹ for Cuf-101, and in Premium with 2,073 and 1,879 kg DM ha⁻¹, respectively. The weed and dead material components presented little contribution, the inflorescence was null. In the R: H/T the highest values were found in the CTE and CME in both varieties, with values of 1.6 and 1.2. The highest AP (rule and plate method) occurred in the CTA in both varieties, with 32.5 and 12 cm, while the CTE was the one with the lowest heights, with an average of 14.5 and 5 cm. The highest LI was registered in the CTA (86%) and CME (76%). Likewise, Cuf-101 presented the highest AF in the CTA with 68.3 cm² stem⁻¹, while in the Premium variety there were no differences between cutting intervals. The Cuf-101 variety showed a higher forage yield compared to the Premium variety and the leaf was the component that had the highest percentage in CTE and CME, however, the stem registered similar or higher results when the interval was longer in a CTA.

Keywords: Morphological-Botanical Composition, forage yield, cutting intervals.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a **DIOS**, por darme la oportunidad de existir y por estar en los momentos más difíciles de mi vida, por brindarme salud para alcanzar mis objetivos profesionales, así como cuidar de mis seres queridos.

A mi “ALMA TERRA MATER” la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por haberme permitido ingresar y formar en lo que ahora soy y del cual estoy muy agradecido.

Al **Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez**, quien me brindó su amistad, tiempo, confianza y conocimientos, así también por haberme aceptado y asesorado en este proyecto de tesis. Así como a mis asesores, gracias por haberme brindado de su apoyo en este cortó tiempo.

A todos mis **docentes** de la carrera, por haberme brindado sus conocimientos y más que eso, guiarme para crecer como persona, estudiante y próximamente profesionalista.

Al departamento de **Recursos Naturales Renovables**, por prestarme sus instalaciones durante este proceso. Así como a los trabajadores de campo y demás personas, ya que de una u otra forma me brindaron la ayuda y el apoyo para la realización de este proyecto.

A los **estudiantes** y **amigos** de Postgrado, por haberme orientado en las observaciones y correcciones correspondientes.

A mis **amigos** y **compañeros** de estudio, por el apoyo y los buenos momentos que compartimos durante nuestra estancia en la universidad. En especial a mis amigos (Emmanuel Hernández, Jesús Fernando Paredes, Royer Quevedo, Francisco Javier

Méndez, Juan José Padilla, Dariana Mendoza y Jennifer Luciano) que de una u otra manera me brindaron su amistad, apoyo y ayuda en los momentos buenos y malos.

A mis **paisanos** de Michoacán, con los cuales pasé buenos y malos momentos durante la estancia en la universidad. Así como a mi veterano Aarón, que gracias a él pude ingresar a esta hermosa universidad y de lo cual estoy agradecido.

A mis familias **Salazar** y **Rosales**, que gracias a ellos pude concluir esta etapa, así como algunas otras y que de una u otra forma me han motivado, apoyado y alentado para seguir luchando por mis objetivos personales.

A mis amigos de mi lugar de origen (José Alfredo Jiménez Ahedo, Jaime Antonio Jiménez Esquivel, Fátima Salazar Hernández) los cuales los considero como hermanos y con los que he pasado buenos y malos momentos pero que siempre me han apoyado en todo.

DEDICATORIA

A mis padres

Arturo Salazar Cardona y Rosaura Rosales Ávila, quienes son mi motivación para seguir adelante y me han apoyado, aconsejado y motivado para poder llegar hasta esta instancia, ya que siempre están presentes en todo momento. “Los amo”.

A mis hermanos

Alondra, Aidé y Arturo los cuales igualmente son mi motivación y felicidad para salir adelante y lograr todo lo que me me propuesto. “Los quiero mucho hermanos (as)”

A mis abuelos paternos

Arnulfo y Beatriz, que me han brindado su apoyo y cariño durante todo este tiempo y lo cual apreció con todo mi corazón.

A mis tíos y tías

Débora, Celina, Azucena, Margarita, María Elpidia, Fátima por sus consejos, apoyo y sus palabras de aliento, así como a mis demás tíos y tías que han sido parte importante durante este proceso académico. Así como a mi tío Delfino, que ha sido como mi segundo padre, que siempre me ha apoyado y me ha orientado a ser una mejor persona.

A mi novia

Aimée, persona que ha sido muy importante para mí y que siempre me ha apoyado y ha estado en todo momento, y a la cual amo y quiero mucho y que estoy muy agradecido. “Muchas gracias, Mi Chaparrita”.

Dedicatoria especial

A mis abuelos maternos Juan y María, así como a mi tío Octavio, seres queridos que se nos adelantaron en el camino y a los cuales quise muchísimo y que algún día espero volver a verlos.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 HIPÓTESIS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Origen	3
2.1.1 Descripción taxonómica.....	3
2.1.2 Descripción morfológica de la alfalfa	4
2.1.3 Adaptabilidad de <i>Medicago sativa</i> L.	5
2.1.4 Usos.....	6
2.1.5 Importancia económica de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	6
2.2 Descripción de las variedades estudiadas.....	6
2.2.1 Cuf-101.....	7
2.3.1 Premium	7
2.4 Rendimiento y crecimiento estacional de forraje.....	8
2.5 Factores edafo-climáticos que afectan el crecimiento y producción de forraje.....	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 del cultivo de alfalfa.....	13
2.6 Factores que afectan el rebrote de los forrajes	14
2.6.1 Índice de área foliar	15
2.6.2 Meristemos de crecimiento.....	16
2.6.3 Reservas de carbohidratos.....	17
2.6.4 Disponibilidad de agua	17
2.6.5 Frecuencia e intensidad de corte.....	18

2.7 Producción estacional de forrajes.....	19
2.8 Valor nutritivo en los forrajes	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Descripción del sitio destudio.....	21
3.1.1 Condiciones climáticas durante el experimento.....	21
3.2 Manejo de las parcelas experimentales.....	22
3.3 Tratamientos y diseño experimental	23
3.4 Variables evaluadas	23
3.4.1 Rendimiento de forraje	23
3.4.2 Composición botánica - morfológica.....	23
3.4.3 Relación hoja: tallo	24
3.4.4 Altura de la planta.....	24
3.4.5 Radiación solar interceptada	25
3.5 Área foliar por tallo.....	25
3.6 Análisis estadístico	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1 Rendimiento de forraje	27
4.2 Composición botánica – morfológica.....	28
4.3 Relación hoja-tallo	33
4.4 Altura de la planta.....	34
4.5 Porcentaje de luz interceptada	36
4.6 Área Foliar por tallo	38
V. CONCLUSIONES	40
VI. LITERATURA CITADA	41
VII. ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de <i>Medicago sativa</i> L. (Flora von Deutschland, Osterreich and der Schweiz, 1885).....	4
Cuadro 2. Plagas y enfermedades que afectan el cultivo de la alfalfa (Fuente Quiroga, 2007).....	14
Cuadro 3. Rendimiento de materia seca (kg MS ha ⁻¹) de 2 variedades de alfalfa cosechadas en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.	27
Cuadro 4. Composición Botánica Morfológica de alfalfa (%), variedades Cuff-101 y Premium cosechadas en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.....	30
Cuadro 5. Composición Botánica Morfológica de alfalfa (kg MS ha ⁻¹), variedades Cuf-101 y Premium cosechadas en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.....	31
Cuadro 6. Relación hoja-tallo de alfalfa con sus variedades Cuff-101 y Premium, cosechadas en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.....	34
Cuadro 7. Altura de alfalfa (cm) con sus variedades Cuff-101 y Premium por el método de la regla y plato cosechadas en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México	36
Cuadro 8. Luz interceptada (%) por la alfalfa con sus variedades Cuff-101 y Premium cosechadas en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.	37
Cuadro 9. Área foliar cm ² tallo ⁻¹ de alfalfa con sus variedades Cuff-101 y Premium cosechadas en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Variedad de alfalfa Cuf-101.....	7
Figura 2. Variedad de alfalfa Premium.....	8
Figura 3. Enfermedades de la alfalfa.....	13
Figura 4. Medias quincenales de la temperatura máxima, mínima y precipitación acumulada.....	22

ÍNDICE DE ANEXOS

Página

Anexo 1. Rendimiento de materia seca (kg MS ha ⁻¹) de dos variedades de alfalfa cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México	58
Anexo 2. Composición Botánica Morfológica (%) de dos variedades de alfalfa, cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.....	59
Anexo 3. Composición Botánica Morfológica (Kg MS ha ⁻¹) de dos variedades de alfalfa, cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México..	60
Anexo 4. Relación hoja-tallo de dos variedades de alfalfa cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.....	61
Anexo 5. Altura de planta (cm) de dos variedades de alfalfa estimada por dos métodos, cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.....	62
Anexo 6. Luz interceptada (%) por la alfalfa de dos variedades cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.....	63
Anexo 7. Área foliar en cm ² tallo ⁻¹ de dos variedades de alfalfa cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.....	63

I. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los países, los forrajes constituyen, aproximadamente el 80% del alimento consumido por los rumiantes durante toda su vida (Živković *et al.* 2012). Son una fuente rentable y económica en la alimentación animal, además, poseen la capacidad de mantener la fertilidad del suelo, facilitar el reciclaje de nutrientes de las plantas y contribuir a la protección ambiental en los sistemas de producción. Las leguminosas son forrajes que desempeñan un papel importante en el manejo alimentario del ganado, esto debido a su alto valor nutritivo (Velázquez *et al.* 2010). Por su parte, el género *Medicago* refiere a plantas perennes con flor, muchas especies de esta familia son hierbas de altura baja y crecimiento rastrero, el miembro más sobresaliente del género es *Medicago sativa* (Alfalfa común), un importante cultivo forrajero. Esta especie cuyo origen se encuentra en Irán y Asia menor, es ampliamente reconocida y utilizada a nivel mundial como forraje. Además, junto con el trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y el trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), son de las especies forrajeras más comunes. En México, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una especie forrajera de suma importancia debido a su alta productividad, excelente valor proteico, riqueza en vitaminas (Soriano, 2003). La alfalfa tiene un valor nutricional que oscila entre 22% de proteína y 70% de digestibilidad y es utilizada tanto en fresco como henificada o ensilada. Se adapta a una amplia variedad de suelos, climas y temperaturas, tolera salinidad de suelos y requiere que estos sean profundos y bien drenados, pero no soporta el encharcamiento (Sánchez, 2005). Adicionalmente, por ser un cultivo perenne, evita la erosión y facilita el control de algunas plagas y enfermedades para aquellos cultivos que se establecerán posteriormente. Existen diferentes variedades de alfalfa que se encuentran en el mercado internacional y en el mercado nacional existen alrededor de 23 variedades (Salinas, 1988). La alfalfa posee una característica importante, la cual permite almacenar forraje para aquellas épocas del año, donde las condiciones del clima afectan la oferta forrajera (Flores, 2015). No obstante, como en la mayoría de las especies forrajeras, el clima dentro de cada estación afecta su comportamiento productivo, por tanto, para llevar a cabo este estudio se plantearon los siguientes objetivos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- ✓ Analizar el comportamiento productivo de las variedades Cuf-101 y Premium de *Medicago sativa* L., sometidas a diferentes intervalos en la estación de invierno.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar el rendimiento y sus componentes morfológicos de *Medicago sativa* L., variedad Cuf-101 y Premium a intervalos de corte temprano, medio y tardío.
- ✓ Evaluar la relación hoja:tallo, altura de la planta, porcentaje de radiación solar interceptada y área foliar de las variedades Cuf-101 y Premium de *Medicago sativa* L. a diferentes intervalos de cosecha.

1.2 HIPÓTESIS

- ❖ La variedad Cuf-101 (*Medicago sativa* L.), tendrá un mejor comportamiento productivo respecto a la variedad Premium.
- ❖ La hoja y el tallo, se espera que sean los componentes morfológicos que más aporten al rendimiento total en las variedades estudiadas, seguidos por las malezas, material muerto e inflorescencia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una especie originaria de Irán y Asia Menor, es una de las especies más cultivadas en más de 80 países que representan el 2,5% de todos los cultivos del mundo (Živković *et al.*, 2012). De acuerdo con Callejas (2007), la alfalfa surge a partir de dos especies: alfalfa común (*Medicago sativa* L.) y alfalfa amarilla (*Medicago falcata* L.), siendo la alfalfa común la más utilizada en el mercado nacional. El nombre, alfalfa proviene de la lengua árabe y significa el mejor forraje, en Europa comúnmente se llama Lucerna. La alfalfa fue cultivada en Irán antes del 7000 a.C. y desde ahí fue llevada a Arabia, países mediterráneos, así como al norte de África, hasta llegar a Europa ingresando por España (Rahmonov *et al.*, 2020). Fue introducida en América por los españoles durante la conquista (Guaytarilla y Caden, 2005), siendo México, Perú y Chile, los primeros países donde se cultivó, para que en 1854 fuera introducida a California, Nuevo México y Arizona (Soriano, 2003).

2.1.1 Descripción taxonómica

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas (*Fabaceae*), la cual es una de las mayores familias de angiospermas, con cerca de 700 géneros y 18000 especies distribuidas en todo el mundo (Delgado y Chocarro, 2020). Todas ellas se caracterizan porque son fijadoras de nitrógeno, esto gracias a que realizan una simbiosis con bacterias del Género *ensifer* (antes *Rhizobium*), donde forman nódulos en las raíces de la alfalfa (Castroviejo *et al.*, 2000).

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

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales

Familia	Fabaceae
Género	Medicago
Especie	Sativa
Nombre científico	<i>Medicago sativa</i> L.

Fuente: Flora von Deutschland, Osterreich and der Schweiz (1885).

2.1.2 Descripción morfológica de la alfalfa

La alfalfa es una planta perenne, de crecimiento erecto o semierecto, que llega a tener una altura de 60 a 100 cm.

Hojas: Su primera hoja es unifoliada, las demás son trifoliadas, con un pedicelo intermedio más largo que los laterales. Los folíolos adoptan formas distintas según la variedad, llegando a ser ovales y alargados, no presentan pubescencia, pero sí márgenes lisos y bordes superiores ligeramente dentados (Clavijo y Cadena, 2011).

Tallos: Son sólidos, huecos y delgados, los cuales dan sostén a las hojas. El tallo principal se ramifica, dando lugar a los tallos primarios, los cuales a su vez se ramifican en secundarios y estos en terciarios. Se pueden distinguir varios tipos de tallos, un tipo de tallos se desarrollan en la axila de las hojas, mientras que el otro tipo de tallo se desarrolla en los brotes formados en la base de la corona (Delgado y Chocarro, 2020).

Raíz: Es pivotante, muy desarrollada la cual llega a alcanzar varios metros de longitud, lo que le permite ser resistente a las sequías, debido a que toma agua que se encuentra a profundidades de acuerdo con su necesidad (Clavijo y Cadena, 2011).

Corona: Posee 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 (Delgado y Chocarro, 2020).

Inflorescencia: Se compone de racimo de 10 a 30 flores agrupadas en forma piramidal. Sus flores son hermafroditas de color lila, aunque hay ocasiones que son de color azul, dependiendo de la variedad (Delgado y Chocarro, 2020).

Fruto: Es una legumbre indehiscente de color café cuando está maduro; contiene 4 a 6 semillas. El fruto es de 4 a 8 mm de diámetro, con 2 a 3 espiras abiertas, con pelos no glandíferos, más o menos adpresos, rara vez glabro (Delgado y Chocarro, 2020).

Semilla: Son de forma arriñonada de color amarillo, las cuales contienen muy pocas reservas de nutrientes. Su longitud es algo variable, de 2 a 2.5 mm, por 1.2 a 1.5 mm de anchura. La superficie es lisa, poco brillante, bastante uniforme (Delgado y Chocarro, 2020).

2.1.3 Adaptabilidad de *Medicago sativa* L.

La especie *Medicago sativa* L., es una planta que se adapta a una amplia variedad de suelos y climas, así como a altitudes comprendidas entre los 700 y 4000 msnm, 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). Requiere de suelos profundos, bien drenados y tolera la salinidad moderada; sin embargo, su desarrollo es limitado en pH inferior a 5.0, debido a que la acidez detiene y provoca que no sobreviva el *Rhizobium meliloti*, además que la disponibilidad de minerales como el Mn y Al, intoxican a la planta afectando al desarrollo de su sistema radicular (Soto *et al.*, 2004). No soporta el encharcamiento, por lo que es resistente a la sequía, gracias a su sistema radical que le permite obtener agua a grandes profundidades y al igual que todas las leguminosas, esta hace un notable consumo de Ca y Mg (Sánchez y Favela, 2005).

2.1.4 Usos

El uso de esta especie se encuentra ampliamente distribuido por casi todo el país, los lugares con una mayor producción, son Chihuahua, Coahuila, Durango, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Puebla, en todos los estados mencionados, utilizan sistema de riego (INIFAP, 2022). También es utilizada para mejorar la cubierta vegetal, previniendo así la erosión del suelo y contribuye a la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería, mediante la incorporación de nitrógeno al suelo (Chen *et al.*, 2012).

2.1.5 Importancia económica de la alfalfa (*Medicago sativa* L.)

La alfalfa ha sido llamada la reina de las forrajeras, debido a que es la más utilizada para consumo forrajero a nivel mundial para alimentación de ganado lechero, ovino, caprino, porcino, entre otros. En México, es la leguminosa forrajera más utilizada tanto en las regiones áridas, semiáridas y templadas (Santana *et al.*, 2019). A nivel nacional, contribuye con 390, 500 mil hectáreas, por lo que la superficie sembrada se ha incrementado considerablemente, pasando de 287,128 en 1997 a 390, 511 hectáreas en 2021, con una producción de 34, 586,537 ton de materia verde, siendo los estados de Baja California Sur y San Luis Potosí los que tienen los mayores rendimientos a nivel nacional con 150 y 120 ton MV ha⁻¹, respectivamente (SAGARPA-SIAP, 2022).

2.2 Descripción de las variedades estudiadas

Existen diferentes variedades de alfalfa que se encuentran en el mercado internacional, estas a su vez son introducidas en el mercado nacional, lo cual crea cierta incertidumbre, en cuanto a su adaptación y persistencia (Zaragoza, 1992). En el mercado nacional existen alrededor de 23 variedades de alfalfa (Salinas, 1988).

2.2.1 Cuf-101

Esta variedad fue desarrollada por la Universidad de California y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. El 80% del germoplasma de CUF-101 proviene de la variedad UC Cargo (ITESM, 2002). Se adapta bien a climas desérticos y presenta buena producción durante el periodo invernal. Se utiliza principalmente como heno, en verde y pastura, en deshidratación. Es una planta con crecimiento erecto, además de ser resistente al pulgón azul también resiste el pulgón del chícharo y es moderadamente resistente a la pudrición de la raíz por *Phytophthora* y es susceptible a enfermedades producidas por nematodos, antracnosis y a la marchitez bacteriana (Espinoza y Ramos, 2001).



Figura 1. Variedad de alfalfa Cuf-101 (Fuente: AGRO ACTIVO, 2022)

2.3.1 Premium

Variedad de alfalfa desarrollada en Australia, ideal para los pastoreos intensos y de corte. Presenta hojas de gran tamaño, permitiéndole así acumular mayor cantidad de proteínas y energía. Es considerada una alfalfa más lechera, debido a que posee una mayor relación hoja/tallo. Tiene una longevidad de 4-6 años, así como un porcentaje de proteína del 22% y una digestibilidad del 70% (AGP Semillas, 2019).



Figura 2. Variedad de alfalfa Premium (Fuente: TODO ALFALFA, 2020).

2.4 Rendimiento y crecimiento estacional de forraje

El rendimiento de materia seca es la acumulación de los diferentes componentes morfológicos de la planta a través del tiempo, debido a que conforme crece la especie y el tiempo entre una cosecha y otra, mayor será el rendimiento, con una reducción de la calidad nutritiva y una mayor acumulación de los carbohidratos estructurales (Morales *et al.*, 2006).

El crecimiento de las plantas es un incremento irreversible en tamaño y en peso de tejido nuevo, de tallos o de hojas y raíces, a través del tiempo. Lo anterior también puede definirse como el aumento en la masa de la planta y es, por tanto, un fenómeno cuantitativo y expresarlo como aumento de longitud o diámetro del cuerpo del vegetal y peso y es producto de diversas interacciones del clima con las especies vegetales, suelo y prácticas de manejo (Velasco *et al.*, 2001).

El crecimiento y rendimiento de las plantas forrajeras, se evalúa por la cantidad de forraje. También señala que el aumento de la temperatura afecta la respiración de la planta y duplica la producción de anhídrido carbónico por cada 10°C que aumenta la

temperatura, mientras no sea superior a los 45°C, por lo que aumenta la formación de materia orgánica de la planta. Existen factores que determinan la magnitud del crecimiento de una pradera tales como: la frecuencia y severidad de cosecha, crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, prácticas de fertilización, tipos de suelo y clima (Tablada, 1998).

Por su parte Horrock y Vallentine, (1999), señalan que la capacidad que posee una pradera para producir MS, depende de la disponibilidad de nutrientes, agua y del grado de intercepción de la radiación solar por la lámina foliar, debido a que con el aumento de la cantidad de hojas, se incrementa la intercepción de luz, aunque las hojas que se encuentran en los estratos inferiores reciben menos intensidad y calidad de luz, reduciéndose su crecimiento, por ello, el mayor rendimiento de los forrajes, coincide con el mayor índice de área foliar y la mayor masa foliar (Morales *et al.*, 2006).

Por lo anterior, cada variedad de alfalfa representa una combinación perfecta de caracteres genéticos, cuyo potencial se expresa de manera diferente, según las condiciones ambientales en las que se cultiven. No existe una mejor variedad para todas las condiciones productivas, la elección de alguna variedad depende de las condiciones: climáticas, edáficas, prácticas de manejo y de la forma de aprovechamiento de la pradera (Salinas, 2005).

Bajo el concepto de que las condiciones ambientales, particularmente el clima, determina la estacionalidad en la producción de materia seca, siendo una época de abundancia la estación primavera-verano, donde las condiciones climáticas son favorables y un periodo de deficiencia en el otoño-invierno, por consecuencia de las bajas temperaturas y heladas. La edad y corte de la alfalfa varía con la estación del año y la variedad (Villegas *et al.*, 2004).

2.5 Factores edafo-climáticos que afectan el crecimiento y producción de forrajes

2.5.1 Radiación solar

La radiación solar es la fuente más importante de energía y tiene relación prácticamente con todos los procesos fisiológicos de la planta. La radiación solar es la responsable de la variación estacional del rendimiento de forraje, de tal forma que, la mayor producción en climas templados se encuentra en la estación de verano y no de invierno, debido a que en verano la cantidad de radiación solar es mayor y permite un mayor crecimiento de la planta, influyendo de manera favorable sobre la fotosíntesis (Morales *et al.* 2006; Rojas-García *et al.*, 2016).

Por otra parte, el crecimiento de una planta es abastecido por la energía en forma de azúcares simples, producidos en el proceso de la fotosíntesis, cuando la clorofila de la hoja verde es expuesta a la luz solar (Sud y Dengler, 2000). La cantidad de luz interceptada será mayor, al igual que la tasa de crecimiento a medida que el índice de Área Foliar (IAF) aumenta. La radiación solar es fundamental para la síntesis de metabolitos necesarios para el crecimiento de los pastos (Hodgson, 1990).

2.5.2 Temperatura

La temperatura es un elemento importante, que varía durante la estación de crecimiento e influye en la morfología de la alfalfa, por lo que es considerada como una especie de día largo y la floración es mayor en regiones con fotoperiodo superior a 12 hr (Horrocks y Vallentine, 1999).

La semilla de alfalfa comienza a germinar a temperaturas de 2 a 3 °C, siempre que los factores restantes (humedad, fertilizantes, etc.), no actúen como limitantes. A medida que la temperatura sea más alta, la germinación será más rápida, alcanzando una óptima a los 28-30 °C (Álvarez, 2013). Se considera un valor medio de 15 °C, para que se lleve a cabo este proceso. La presencia de temperaturas elevadas por encima de los 38°C

resulta letal para las plantas jóvenes. Durante los meses más fríos, la alfalfa detiene su crecimiento, algunas variedades, toleran sin dificultad, temperaturas bajas entre los 10 y 15 °C bajo cero (Mendoza-Pedroza, 2008).

Para su establecimiento, el cultivo se adapta en clima cálido seco hasta un templado y frío, lo que le permite desarrollarse en altitudes desde el nivel del mar hasta 3000 m, aunque, la altitud óptima es de 1500 y 2500 m, con una precipitación de 900 mm anuales de lluvia uniformemente distribuidas, sin embargo, es sensible al exceso de humedad (León, 2003). Otros autores concluyen que el desarrollo de la alfalfa se ve favorecido en las estaciones de primavera y verano, esto por las mayores temperaturas registradas en estas estaciones (Ghimire *et al.*, 2014; Rojas *et al.*, 2017).

2.5.3 Humedad

La alfalfa pertenece al grupo fotosintético de las plantas C₃, que se caracteriza por tener baja eficiencia en el uso del agua. Se considera que para producir un kg de MS de la planta de alfalfa se necesitan 700 a 800 kg de agua (Muslera y Ratera, 1991). En la alfalfa la humedad disponible del suelo influye en el crecimiento de plántulas, ya que casi todos los procesos metabólicos dependen de su presencia. Tanto el déficit como el exceso de agua suelen provocar situaciones de estrés en los cultivos (Aranjuelo *et al.* 2011).

Por otra parte, los excesos de humedad reducen la aireación del suelo y pueden dar como resultado un sistema radical amarillento y plantas con coronas pequeñas; una humedad excesiva en el suelo provoca daño a las plántulas o pérdidas por varios patógenos, si el tiempo se prolonga o se encuentra el cultivo en plena estación productiva, entonces los rendimientos descienden rápidamente, debido al alto porcentaje de plantas que mueren al no poder respirar las raíces (Muslera y Ratera, 1991). No obstante, el déficit de agua afecta al comportamiento fisiológico y morfológico de las plantas, el desarrollo vegetativo, la producción fotosintética y de biomasa (Aranjuelo *et al.* 2011). La alfalfa por lo general se considera una planta resistente a la sequía, sin embargo, esto no

quiere decir que no requiera cantidades adecuadas de agua para su desarrollo y producción. Por lo tanto, los requerimientos hídricos dependerán de distintas variables como el clima, la temperatura, el viento, la humedad ambiental y el suelo (Espinoza y Ramos, 2001).

2.5.4 Suelo

Las plantas forrajeras dependen del suelo como medio para el crecimiento, del cual demandan soporte mecánico, agua y nutrimentos, los cuales son requeridos en proporciones adecuadas para un rendimiento satisfactorio. Deben considerarse tres factores del suelo, que son de gran importancia para el establecimiento y rendimiento de la alfalfa, dichos factores son: La salinidad y alcalinidad, la acidez y la profundidad del suelo y drenaje (Zhang *et al.* 2020; Carmona, 2021).

La alfalfa se adapta a una gran variedad de suelos; sin embargo, prefiere los de textura franco-arenosa a franco-arcillosa, profundos y con buen drenaje. Cuando el suelo no presenta estas características, la planta no puede expresar su potencial de rendimiento (Salinas, 2005). Requiere de un pH del suelo de 6.5 a 7.5, valores menores de 5.8 afectan la absorción de nutrientes y mayores a 8.5 propician la presencia de enfermedades en el suelo, el pH óptimo para la alfalfa es de 7.2, debido a que valores más bajos (ácidos) ocasionan problemas en la nodulación de *Rhizobium meliloti*, la cual no se produce con pH menores a 5.0, ya que reduce considerablemente su eficiencia en la fijación de nitrógeno atmosférico, disminuye la absorción del ion de calcio, así como toxicidad por los iones de aluminio y manganeso (Espinoza y Ramos, 2001).

Se ha determinado que la profundidad del suelo tiene un efecto directo sobre el rendimiento en la especie, siendo inversamente proporcional, es decir, que a menores profundidades de suelo menor será el rendimiento de la alfalfa. En conclusión, para lograr una alta producción, es necesario la utilización de suelos con una buena de 40 cm o más (Espinoza y Ramos, 2001).

2.5.5 Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo es uno de los factores que afectan significativamente la calidad de los forrajes (Santa Coloma *et al.*, 2015). Las leguminosas como la alfalfa solo necesitan un poco de nitrógeno en su etapa inicial hasta que se formen los nódulos de *Rhizobium*; en cambio, necesitan minerales como el fósforo y el potasio, llegando a requerir de 100 a 300 Kg ha⁻¹ de fósforo, de 100 a 500 kg ha⁻¹ de potasio y únicamente de 20 a 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno (Mendoza *et al.* 2008). Otros elementos que necesita absorber para lograr un buen desarrollo son el Calcio, Magnesio, Zinc, Boro, Cobre, Hierro y Azufre. La aplicación de más nitrógeno no es recomendable, debido a que solo favorecen el crecimiento de las malezas y plantas invasoras, lo cual se traduce en competencia entre las especies (Espinoza y Ramos, 2001).

2.5.6 Plagas y enfermedades del cultivo de alfalfa

El cultivo de la alfalfa es atacado durante todo el año por diferentes tipos de plagas y enfermedades que a su vez originan daños de importancia económica, debido a que provocan una disminución en el rendimiento y la calidad del forraje. La ocurrencia y severidad de las plagas y enfermedades depende principalmente de las condiciones ambientales, del tipo de suelo y del manejo que se dé al cultivo. Por ejemplo, la presencia de áfidos se hace presente en época de altas temperaturas con presencia de humedad, así como el encharcamiento en los suelos que facilitan la presencia de hongos y bacterias (Quiroga *et al.*, 2007).



Figura 3. Enfermedades de la alfalfa (Fuente: Anso alfalfas, 2011).

Cuadro 2. Principales plagas y enfermedades de la alfalfa.

Nombre común	Nombre científico
Pulgón verde	<i>Acyrtosophon pisum</i>
Pulgón negro	<i>Aphis fabae</i>
Gusano verde de la alfalfa	<i>Colias churríteme</i>
Trips	<i>Frankliniella occidentalis</i>
Diabrotica	<i>Diabrotica spp.</i>
Chicharritas	<i>Cicadellia spp.</i>
Chinche lygus	<i>Lygus spp.</i>
Barrenador de la raíz	<i>Epicaerus aurifer</i>
Pudrición de la corona	<i>Fusarium oxysporum</i>
Verticilosis	<i>Verticilium alboatrum</i>
Phytophthora	<i>Phytophthora megasperma</i>
Pythium	<i>Pythium ssp.</i>
Pudrición de la raíz	<i>Rhizoctonia solani</i>
Podredumbre gris	<i>Bortrytis cinera</i>
Tizón de la Soja	<i>Sclerotium rolfsii.</i>

Fuente: Quiroga *et al.* (2007).

La presencia de nematodos se ve contrarrestada por las bacterias fijadoras de nitrógeno, pero eso no significa que no estén presentes. Desde el punto de vista económico existen pocas opciones para el control de enfermedades, por lo tanto, es recomendable seleccionar variedades resistentes a los patógenos (Espinoza y Ramos, 2001).

2.6 Factores que afectan el rebrote de los forrajes

El rebrote es el material nuevo que se acumula en el tiempo, sobre el nivel del suelo, después de una cosecha total. Una planta cuenta con la capacidad para rebrotar, en la conjugación de diversos factores, pero principalmente con el remanente con el que

cuenta la planta y cantidad de hojas que queden disponibles para la actividad fotosintética que dependerá de la distribución de las hojas para iniciar con un almacenaje de energía; considerando la translocación de carbohidratos de la parte radicular a los meristemas de crecimiento alojados en la corona. El rebrote está influenciado por un gran número de factores, tales como climáticos, reservas de carbohidratos, hormonales, disponibilidad de nutrientes, área foliar, cantidad de meristemas de crecimiento presentes, entre otros (Chapman y Lemaire, 1993).

La reducción instantánea de la fotosíntesis ocurre cuando las plantas son sujetas a defoliación. Si, además, la cantidad y tipo de tejido removido son afectados, la capacidad de rebrote será también afectada negativamente. Después de una defoliación la planta presenta dos fases: una de transición, que es inmediata y se relaciona con mecanismos de movilización de C y N, dada pocas horas después de efectuarse la defoliación, y otra que requiere varias semanas, en la cual ocurre un reajuste fisiológico y una integración morfogénica en la planta (Richards, 1993). La respuesta de la planta a la defoliación puede considerarse como metas de restauración y mantenimiento de patrones de crecimiento homeostático, esto cuando todos los recursos se utilizan en forma balanceada, para lograr el crecimiento óptimo de la planta (Mendoza *et al.*, 2008).

2.6.1 Índice de área foliar

El índice de área foliar (IAF) es una variable fundamental para estudiar el desarrollo y crecimiento de los cultivos. Además, es la base para estimar los requerimientos hídricos, nutricionales, eficiencia bioenergética y para determinar potencial de daños fitosanitarios. El IAF tiene una estrecha relación entre la superficie de las hojas presentes por unidad de área de suelo (Lemaire, 2001).

A medida que el IAF aumenta, menor será la cantidad de la luz que pueda llegar al suelo y mayor será la tasa de crecimiento. Cuando toda la luz incidente es interceptada, la tasa de crecimiento es máxima y el IAF es el óptimo. 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).

Se ha demostrado en diversos estudios que la mayor área foliar se registra cuando la alfalfa se cosecha a 6 y 8 semanas, en comparación con la cosecha a cuatro semanas. Por tanto, los cortes frecuentes disminuyen la capacidad de rebrote, la altura de la planta, su área foliar y rendimiento de forraje (Mendoza *et al.*, 2010). La acumulación de MS está relacionada directamente con el IAF, es decir, que a más IAF se presenta mayor intercepción de luz y, en consecuencia, mayor rendimiento (Villegas, 2002).

2.6.2 Meristemos de crecimiento

Los meristemos de crecimiento son regiones celulares de las plantas, formados por células que son embrionarias, cuya multiplicación y diferenciación se forma del resto de los tejidos. Se distinguen en meristemos primarios, los cuales depende el crecimiento en longitud y meristemos secundarios, que producen engrosamiento de los tallos y raíces (Rojas, 1993). Sin embargo, la activación de las zonas meristemáticas está influenciada por el balance entre auxinas y citoquininas y, dependiendo del balance, se va a inducir la formación de hojas jóvenes (producen auxinas), necesarias para promover el desarrollo de nuevo tejido foliar y radicular (Bustamante *et al.* 2016).

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 erectas 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

De acuerdo con Richards (1993), las reservas de carbohidratos, la cantidad y tipo de tejido removido (tejido remanente y meristemos de crecimiento), son los factores más importantes que determinan el impacto de la defoliación en la planta y las características que regulan la recuperación. Para la alfalfa, el crecimiento inicial depende de la movilización de las reservas de N y carbohidratos no estructurales almacenados en raíces y coronas, el grado de movilización con el cual estas reservas contribuyen al rebrote, dependen de las concentraciones internas y externas del bióxido de carbono, así como del suministro de Nitrógeno (Skinner, 1999).

La cantidad de carbohidratos de reserva usados en el rebrote, dependen de la severidad de la cosecha, la capacidad fotosintética de las hojas remanentes y las condiciones ambientales para la fotosíntesis durante el crecimiento. Las reservas de carbohidratos de alfalfa declinan durante el rebrote, mientras es producida la nueva parte aérea. El crecimiento de la alfalfa también depende del número y tamaño de las yemas presentes en el área foliar remanente (Viteri y Vitalino, 2019).

2.6.4 Disponibilidad de agua

El cultivo de la alfalfa presenta una alta producción de forraje, por lo tanto, necesita de altos requerimientos hídricos, para que las raíces puedan explorar hasta tres metros de profundidad. Se ha calculado que el requerimiento de agua para obtener una adecuada producción de forraje es de aproximadamente entre 450 a 500 mm para climas frescos de montaña, mientras que para climas cálidos, áridos y desérticos el límite varía entre 1,200 a 1,400 mm (Duarte, 2002).

El establecimiento del cultivo de la alfalfa favorece la infiltración del agua superficial al subsuelo, por la acción de la raíz, que funcionan como canales de transportación del agua (Guo *et al.*, 2019). Con el uso de tecnología de ahorro de agua, como el riego por goteo (RGS) permite la producción de forraje de alfalfa en las regiones áridas y semiáridas, incrementando la eficiencia en el uso del agua, con el suministro de humedad en los primeros 100 cm de profundidad (Zhang *et al.*, 2020). El RGS, permite un ahorro de agua de 30 y 50 % con respecto al riego por aspersión e inundación, debido a que la aplicación de agua en el RGS es de bajo volumen, además de que la pérdida de agua por evaporación directa del suelo y por percolación profunda es mayor en el sistema de inundación; en el RGS la capa superior del suelo permanece prácticamente seca, disminuyendo la evaporación directa desde el suelo y la proliferación de malezas. Con el riego por goteo subterráneo, se dispone de humedad a profundidades de 0- 60 cm, en la que se ha observado que hay una mayor cantidad de raíces a 30 cm. Con este, también se logra disminuir la pérdida de agua por evaporación y es una opción para producir forraje con poca disponibilidad de agua (Wang *et al.*, 2018).

2.6.5 Frecuencia e intensidad de corte

Se entiende por frecuencia de corte al intervalo de tiempo transcurrido entre un corte y el siguiente, o el número de cortes en un periodo, ya que estos establecen el rendimiento de forraje por unidad de superficie (Mendoza *et al.*, 2008). Para que la producción de alfalfa sea la adecuada se debe poner atención al buen rendimiento y a la alta persistencia para así poder obtener forraje de alta calidad y en altas cantidades, además de tener una mayor persistencia en las praderas (Teixeira, 2007).

Cortes frecuentes antes de la floración de las yemas florales, reducen el aunado a la influencia del clima. La edad al corte de la alfalfa tiende a ser distinta según la estación del año y la variedad (Villegas *et al.*, 2004). Hernández y Martínez (1997) consideran importante que se determine la frecuencia de los cortes a través del año, debido a que el crecimiento del forraje es estacional, por lo que las tasas de crecimiento serán diferentes y por consiguiente afectan directamente el rendimiento de forraje.

2.7 Producción estacional de forrajes

Las condiciones edafoclimáticas de un ambiente particular, determinan los patrones de crecimiento estacional de las especies forrajeras predominantes; en igualdad con condiciones de manejo, las diferencias de producción total y, estacional dependerán de la especie y de su interacción con el clima, tales como la precipitación, tasa de evaporación, temperatura, viento, horas e intensidad luminosa (Hernández y Martínez, 1997).

2.8 Valor nutritivo en los forrajes

El valor nutritivo de los forrajes lo determina su capacidad para proporcionar los elementos que necesita el animal que los consume. En condiciones de pastoreo, las pasturas aportan todos los nutrientes que el animal necesita, aunque debido a su producción estacional marcada, existen momentos durante el año en que los animales no ven cubiertos sus requerimientos. Pero si las demandas son mayores, las proteínas, carbohidratos solubles y minerales de las pasturas se tornan limitantes, ya sea en cantidad como en el balance de los nutrientes aportados (INTAGRI, 2018).

A medida que una planta forrajera madura, los cambios físicos y químicos que experimenta, provocan disminución en la digestibilidad y en su contenido de proteína, por lo que, la relación entre la madurez y la calidad de los forrajes es inversa (Jiménez y Martínez, 1984; Melvin, 2001). La calidad nutritiva del forraje también se ve afectada por la especie, la madurez y el tipo de tejido removido en la planta (Karn *et al.*, 2006).

La alfalfa es una excelente planta forrajera que proporciona elevados niveles de proteínas, minerales y vitaminas de calidad. Su valor energético también es muy alto, estando relacionado con el valor nitrogenado del forraje. Además, es una fuente de minerales como: calcio, fósforo, potasio, magnesio, azufre, etc. Los elevados niveles de B-carotenos (precursores de la vitamina A) influyen en la reproducción de los bovinos. Su contenido de proteína es de 19 %, pero puede variar de 17.3 a 23.9 %, de acuerdo con

el estado fisiológico en que se encuentre (Horrocks y Vallentine, 1999). El contenido promedio de fibra bruta es de 30% aproximadamente, mientras que su porcentaje de digestibilidad es de 80.9 % *in vitro* e *in situ* con diferentes tasas de degradación ruminal es de 79.1%, teniéndose en cuenta que en ambos valores de digestibilidad están muy relacionados, por lo que son una alternativa confiable (Quiroga y Salinas, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del sitio de estudio

El estudio fue realizado durante la estación de invierno del 27 de noviembre del 2021 al 09 de abril 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. El clima es templado semiseco, con una temperatura promedio de 18 °C. En la región los inviernos son extremos, predominan temperaturas máximas superiores a 18 °C y algunos días con temperaturas mínimos inferiores a 0 °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 4 se muestran las temperaturas y precipitaciones que se registraron durante el periodo del experimental, los datos fueron obtenidos de la red universitaria de observatorios atmosféricos (RUOA, UAAAN, Saltillo). Durante el periodo de estudio, la máxima temperatura fue de 31.8 °C y una mínima de -4.1 °C. La mayor precipitación acumulada se registró en el final del mes de diciembre de 2021 y en principios de febrero de 2022, con 8.7 mm, en los demás meses las precipitaciones acumuladas fueron menores o nulas.

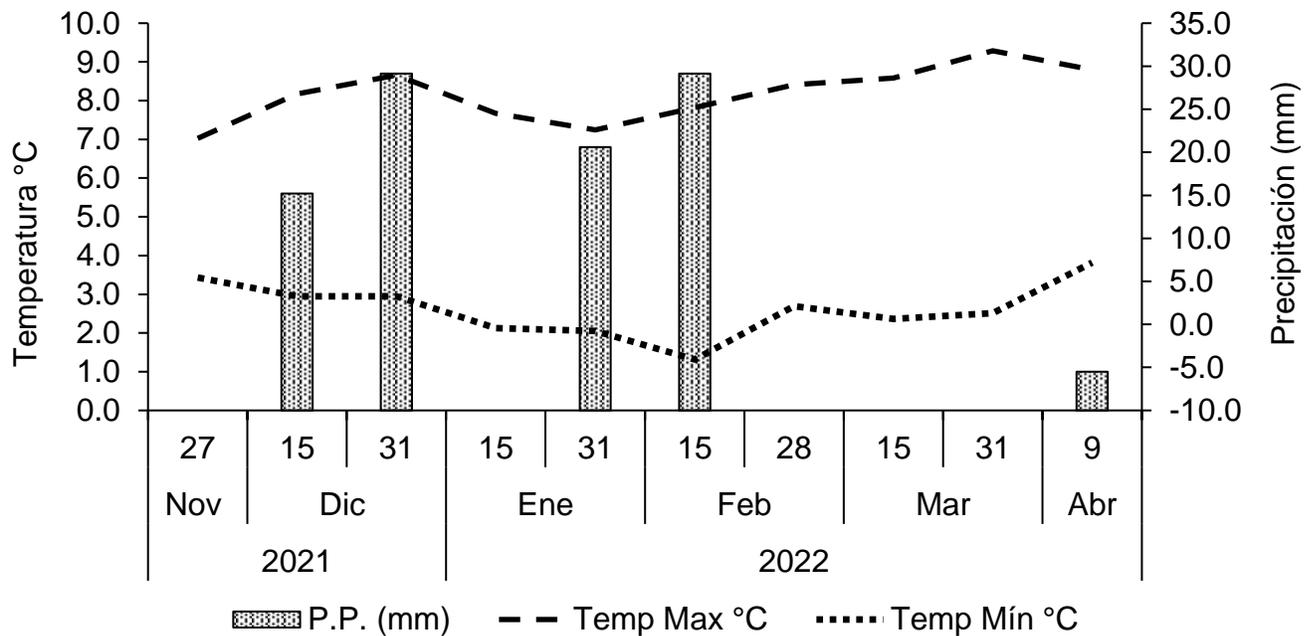


Figura 4. Medias quincenales de la temperatura máxima, mínima y precipitación acumuladas durante el periodo experimental. Datos obtenidos de la red universitaria de observatorios atmosféricos (RUOA, UAAAN, Saltillo).

3.2 Manejo de las parcelas experimentales

Se utilizaron 18 parcelas de 9 m², por variedad y repetición, establecidas el 5 de febrero de 2019. Se estudiaron dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa*), variedad Cuf-101 y Premium. Dichas variedades se sometieron a tres denominados: Corte Temprano (CTE), Corte Medio (CME) y Corte Tardío (CTA), considerando el CME como testigo. Los intervalos de corte fueron para el CTE = cinco semanas, CME = seis semanas y CTA = siete semanas. La siembra fue al voleo a una densidad de siembra de 22 kg SPV ha⁻¹. Se aplicaron riegos con cintilla superficial colocada a 70 cm de separación y con riegos cada 15 días a capacidad de campo.

3.3 Tratamientos y diseño experimental

Las fuentes de variación fueron las variedades de alfalfa (Cuf-101 y Premium) y los intervalos de corte (CTE, CME, CTA). El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones por variedad e 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 m², ubicado 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 variedad e 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, con lo cual se determinó el rendimiento por unidad de superficie (kg MS ha⁻¹).

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, 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 exacto se utilizó una báscula analítica y se pesó las muestras de cada componente en porcentaje y kg MS ha⁻¹, utilizando las siguientes fórmulas:

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

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

3.4.3 Relación hoja:tallo

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

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

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⁻¹).

T = Peso seco del componente tallo (kg MS ha⁻¹).

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 1mm 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 Radiación solar interceptada

Para la determinación del porcentaje de luz interceptada se empleó 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, alrededor de 11:30 am, a 12:30 pm, hora 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, utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

% LI = Porcentaje de luz interceptada.

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

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

3.5 Área foliar por tallo

Se seleccionaron al azar 10 tallos dentro de cada parcela, se cortaron y colectaron en bolsas de papel, para 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 cm^2 de área foliar de diez tallos, para posteriormente determinar el área foliar por tallo ($\text{cm}^2 \text{ AF tallo}^{-1}$).

3.6 Análisis estadístico

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

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

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable de estudio

μ = Media general de la población estudiada

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo estación

E_{ij} = Error estándar de la media

Se empleó 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 ($p < 0.05$). Los coeficientes de regresión respectivos para cada variable se obtuvieron con el programa Microsoft Excel, versión 2013.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de forraje

En el Cuadro 3 se muestran los rendimientos de materia seca de dos variedades de alfalfa cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno 2021-2022. 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 $5,111 \text{ kg MS ha}^{-1}$, seguido por Corte Temprano (CTE) con $3,976$ y Corte Medio (CME) $4,261 \text{ kg MS ha}^{-1}$, presentando las menores producciones. Independientemente del intervalo de corte, no se presentaron diferencias ($p > 0.05$) en el promedio entre variedades, con promedios de $4,619$ y $4,280$ en Cuf-101 y Premium, respectivamente.

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca (kg MS ha^{-1}) de dos variedades de alfalfa cosechadas a diferentes intervalos de corte en invierno, en el Sureste de Coahuila, México

Intervalo de corte	Variedades		Promedio	EEM
	Cuf-101	Premium		
CTE	4264 ^{Aa}	3688 ^{Aa}	3976 ^B	239
CME	4278 ^{Aa}	4245 ^{Aa}	4261 ^B	946
CTA	5316 ^{Aa}	4906 ^{Aa}	5111 ^A	1036
Promedio	4619 ^a	4280 ^a	4449	559
EEM	545	540	152	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media, CTE= Corte Temprano (5 semanas), CME= Corte Medio (6 semanas) y CTA= Corte Tardío (7 semanas).

Se observó que conforme aumentó el intervalo entre cortes, se incrementa el rendimiento promedio de materia seca por hectárea. Al respecto Mendoza *et al.*, (2008), en su estudio dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferente frecuencia de corte señala que los mayores rendimientos estacionales se registraron al cosechar la alfalfa cada 6 y 7 semanas, mientras que los menores rendimientos se registran cada 3 y 4 semanas. Los menores rendimientos pueden explicarse debido a que al cosechar con mayor frecuencia a la planta, se ocasiona que se agoten las reservas de carbohidratos ocasionando la desaparición de la especie deseada (Mendoza *et al.*, 2008). Por su parte Cadena (2009), reportó que a, una mayor intensidad de corte, se observa mayor pérdida de plantas reduciéndose el rendimiento de forraje, por lo que la alfalfa cosechada a una frecuencia de corte de 5 semanas, se obtiene un mayor rendimiento de hasta 3,300 kg MS ha⁻¹, aseverando que el rendimiento depende de la frecuencia de corte y de la estación. Por su parte, Carmona (2021), observó que la variedad Premium, en estación primavera, obtiene mejores rendimientos a la sexta semana.

4.2 Composición botánica – morfológica

En el Cuadro 4 se observan las aportaciones en porcentaje de la variedad de alfalfa Cuff-101 y Premium, cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación invierno 2021-2022. Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), en la aportación entre componentes dentro de los intervalos de corte, específicamente en los tallos, en los cuales en el CTA registró la mayor aportación con 52 % y la menor el CTE con 36 %. En los demás componentes no se encontró diferencia ($p > 0.05$). Por su parte, en los intervalos de corte si se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$). En el CTE (54%) y CME (53%) el componente hoja fue el que registró un mayor porcentaje de aporte al rendimiento de materia seca, mientras que el menor o nulo porcentaje fue para el material muerto, la inflorescencia y maleza. Por último, en el CTA el componente que mayor aportación obtuvo fue el tallo con 52 %, mientras que la inflorescencia y maleza fueron las menores con una nula aportación. En promedio, la hoja fue el mayor aportador con 51 %, seguido por el tallo con 42 %, maleza con 1 % e inflorescencia con nula presencia

($p < 0.05$). Por su parte, en la var. Premium, no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) en la aportación de cada componente entre intervalos de corte, solo en la comparación de los componentes dentro de cada intervalo de corte. En el CTE y CME el componente hoja fue el que mayor aportación tuvo con 55 % y 53 % respectivamente, mientras que la inflorescencia y la maleza fueron las que registraron mínima o nula aportación en ambos intervalos. En el CTA el componente hoja y tallo registraron los mayores porcentajes con 49 % y 46 %, mientras que el material muerto, la inflorescencia y la maleza fueron los menores aportadores con 5 %, 0 % y 0 % respectivamente. En el promedio por componente, la hoja con un 52 %, seguido por el tallo con 42 %, el material muerto con 5 %, la maleza con 1 % y la inflorescencia con 0 %. En promedio de ambas variedades, la hoja tuvo mayor aportación en el CTE con 55 %, sin tener diferencias con el resto de los tratamientos ($p > 0.05$), por su parte el tallo tuvo mayor presencia en el CTA con 49 %. La inflorescencia tuvo nula presencia en ambos tratamientos y la maleza solo en el CTE (2%).

En el Cuadro 5 se observa el rendimiento de la composición botánica-morfológica expresada en kg MS ha^{-1} de la variedad Cuf-101 y Premium de cada componente en los intervalos de corte. El tallo fue el único componente que presentó diferencias entre los intervalos de corte ($p < 0.05$). En el CTA se registró el mayor rendimiento con $2,727 \text{ kg MS ha}^{-1}$, mientras que los de menor en el CME y CTE con $1,897$ y $1,705 \text{ kg MS ha}^{-1}$. Así mismo, en lo que respecta a los componentes de cada intervalo de corte, también hubo diferencias ($p < 0.05$). En todos los IC, los componentes, hoja y tallo fueron los de mayor rendimiento con un promedio de $2,190$ y $2,110 \text{ kg MS ha}^{-1}$. El material muerto, la maleza e inflorescencia fueron los más bajos sin diferencias estadísticas entre ellos ($p > 0.05$). Entre tratamientos (IC) dentro de cada componente solo el tallo fue mayor en el CTA ($2,727 \text{ kg MS ha}^{-1}$). De la misma forma, en Premium se encontró que la mayor producción se registró en hoja y tallo en todos los intervalos, con promedios de $2,073$ y $1,879 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respectivamente. No obstante, el material muerto y maleza, con 207 y $120 \text{ kg MS ha}^{-1}$, se presenta en mayor proporción que en la variedad CUF101. El CTA registró mayor cantidad de tallo con $2,296 \text{ kg MS ha}^{-1}$, mientras que el CME $1,799$, y el CTE $1,542 \text{ kg MS ha}^{-1}$. El CTE registró la menor cantidad de material muerto 92 kg MS ha^{-1} , y el CME

el mayor con 308 kg MS ha⁻¹: El resto de los componentes no presentaron diferencias (p>0.05). Independientemente de la variedad, en promedio la hoja y el tallo fueron mayores en todos los intervalos de corte. El corte tardío, mostro la mayor cantidad de hoja y tallo con 2,325 y 2,511 kg MS ha⁻¹.

Cuadro 4. Composición Botánica Morfológica (%) de dos variedades de alfalfa cosechadas a diferentes intervalos de corte en invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Componentes	Intervalos de corte			Promedio	EEM
	CTE	CME	CTA		
Variedad Cuf-101					
Hoja	54 ^{Aa}	53 ^{Aa}	44 ^{Ba}	51 ^A	4.2
Tallo	36 ^{Bc}	39 ^{Bb}	52 ^{Aa}	42 ^B	0.9
M.M.	8 ^{Ca}	8 ^{Ca}	4 ^{Ca}	7 ^C	5.0
Inflorescencia	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Da}	0 ^D	0.0
Maleza	2 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Da}	1 ^D	2.0
EEM	4	3	1	1	
Variedad Premium					
Hoja	55 ^{Aa}	53 ^{Aa}	49 ^{Aa}	52 ^A	2.6
Tallo	38 ^{Ba}	41 ^{Ba}	46 ^{Aa}	42 ^B	4.0
M.M.	5 ^{Ca}	6 ^{Ca}	5 ^{Ba}	5 ^C	2.5
Inflorescencia	0 ^{Da}	0 ^{Da}	0 ^{Ba}	0 ^D	0.0
Maleza	2 ^{Da}	0 ^{Da}	0 ^{Ba}	1 ^D	1.5
EEM	1	1	3	1	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente (p>0.05). EEM = Error Estándar de la Media, COPM= Componente, CTE= Corte Temprano (5 semanas), CME= Corte Medio (6 semanas) y CTA= Corte Tardío (7 semanas). M.M.= Material Muerto.

Cuadro 5. Composición Botánica-Morfológica (kg MS ha⁻¹) de dos variedades de alfalfa, cosechadas a diferentes intervalos de corte (IC) en invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Componente	Intervalos de corte			Promedio	EEM
	CTE	CME	CTA		
Variedad Cuf-101					
Hoja	2158 ^{Aa}	2107 ^{Aa}	2305 ^{Aa}	2190 ^A	282
Tallo	1705 ^{Ab}	1897 ^{Ab}	2727 ^{Aa}	2110 ^A	267
M.M.	258 ^{Ba}	252 ^{Ba}	218 ^{Ba}	243 ^B	153
Inflorescencia	0 ^{Ba}	0 ^{Ba}	0 ^{Ba}	0 ^B	0
Maleza	143 ^{Ba}	21 ^{Ba}	65 ^{Ba}	76 ^B	178
Promedio	852	855	1063	923	
EEM	235	281	269	210	
Variedad Premium					
Hoja	1897 ^{Aa}	1978 ^{Aa}	2346 ^{Aa}	2073 ^A	298
Tallo	1542 ^{Ab}	1799 ^{Ab}	2296 ^{Aa}	1879 ^A	127
M.M.	92 ^{Bb}	308 ^{Ba}	221 ^{Bab}	207 ^B	65
Inflorescencia	0 ^{Ba}	0 ^{Ca}	0 ^{Ba}	0 ^B	0
Maleza	158 ^{Ba}	160 ^{BCa}	44 ^{Ba}	120 ^B	174
Promedio	737	849	981	855	
EEM	153	84	191	93	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p>0.05$). EEM = Error Estándar de la Media, CTE= Corte Temprano (5 semanas), CME= Corte Medio (6 semanas) y CTA= Corte Tardío (7 semanas). M.M.= Material Muerto.

Por su parte Mendoza *et al.*, (2010), al evaluar las diferentes frecuencias de corte en variedad San Miguelito encontró que el componente tallo tuvo una mayor contribución que los demás componentes en todas las estaciones del año, este autor también mencionó que el componente hoja tuvo contribuciones similares al tallo, donde se observó que está obtuvo mayores rendimientos en la estación invierno. Mientras que el

material muerto tuvo un valor moderado, debido a que mientras más contribución tenga los tallos, mayor será el porcentaje de material muerto, esto se debe a la reducción de las frecuencias de corte. Independientemente de la estación del año, la mayor contribución de hoja suele darse cuando las frecuencias de corte son más continuas (3 y 4 semanas), indicando que entre más cortos sean las frecuencias de corte, mayores serán los rendimientos de hoja y menores serán los rendimientos de tallo y material muerto. En la estación invierno, el componente hoja es el que más aportación tiene (Mendoza *et al.*, 2010). Por su parte Hernández-Garay y Martínez (1997), mencionaron que la calidad nutritiva de cualquier especie aumenta conforme aumento el porcentaje de hoja, aunque para ello deben aumentarse los cortes, pero no es muy recomendable debido a que causan el desaparecimiento de las especies perennes. Mientras tanto Vázquez (2021) observó que el tallo tuvo el mayor aporte al rendimiento con casi el 50% del total, indicando que entre más largos sean las frecuencias de corte, mayores serán los aportes de este componente. Por su parte, Guevara-Jaime (2021), registró valores muy altos del componente tallo en variedad Premium, indicando que entre más largas sean las frecuencias de corte, mayores serán los rendimientos de tallo y de material vegetativo muerto.

Las mayores contribuciones de hoja ocurren cuando la alfalfa se cosecha cada 4 y 5 semanas (Mendoza *et al.*, 2008). En la estación invierno el componente de mayor aporte es la hoja, debido a que los cortes frecuentes aumentan la calidad nutritiva de la especie, debido a sus altos porcentajes de este componente (Hernández-Garay y Martínez 1997). Moran-Espinoza (2021) mencionó que conforme aumente la edad de la planta y se disminuyan las frecuencias de corte, el componente tallo será el que mayor aportación tenga por encima de la hoja. Por otra parte, la contribución del tallo al rendimiento tiene una relación inversa con el valor nutritivo, debido a que al aumentar el porcentaje del tallo y disminuir el de hoja, se obtendrá un forraje con muy poca digestibilidad y con un menor contenido de proteína cruda, aumentando también la cantidad de fibra y la del material vegetativo muerto (Bouton, 2001). Señala también Vázquez (2021) en estación primavera una comparación entre la hoja y el tallo, donde a los 28 y 42 DDR, estos hicieron sus mayores aportaciones, mientras que a los 28 y 42

DDR, el componente que mayor aportó fue el tallo, comprobando lo que mencionaba Mendoza *et al.* (2008), sobre que, al reducir las frecuencias de corte, se incrementarán la contribución de los tallos. Vázquez (2021) también mencionó que los componentes que menor aportación tuvieron fueron la maleza y la inflorescencia. Por su parte, Mendoza *et al.* (2010), indicó que las mayores cantidades de material muerto se presentan cuando las frecuencias de corte se reducen. Al igual que esto, la cantidad de tallos también tienden a incrementarse. Por su cuenta, Rojas-García (2017) encontró al analizar en su experimento que el mayor aporte de malezas en las parcelas de alfalfa sucedía cuando la densidad de plantas de alfalfa era menor. Comprobando lo que mencionó Mendoza *et al.* (2010), frecuencias de corte frecuentes hacen desaparecer las especies deseables.

4.3 Relación hoja-tallo

En el Cuadro 6 se presenta la relación de la hoja respecto al tallo (R: H/T) de dos variedades de alfalfa, cosechadas en invierno. Si presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) dentro de los intervalos de corte de ambas variedades y en los promedios de cada intervalo. En la variedad Cuff-101, el CTE registró una mayor relación H/T con un valor de 1.7, en contra parte el CTA registró una menor relación (0.9). Mientras que para la variedad Premium, la mayor relación se presentó en el CTE con 1.6 y la menor relación en el CTA con 1.1. En lo que respecta al promedio entre intervalos, el CTE presentó una mayor relación de H/T de 1.6, en tanto que el CME y CTA registraron una menor relación de H/T con 1.2 y 1.0 respectivamente, lo que significa que la hoja y el tallo produjeron similarmente la misma cantidad de materia seca.

La mayor relación hoja/tallo se obtuvo cuando los intervalos de corte son más severos (3 y 4 semanas). Mendoza (2010) reportó que un aumento en los intervalos de corte, hará que la relación hoja tallo sea menor, ocasionando una mayor cantidad de tallos. Rojas (2011) al evaluar diez variedades de alfalfa encontró que la relación hoja/tallo fue mayor en estaciones como otoño-invierno con 1.5. Cruz (2011) indicó que conforme aumenta la edad de rebrote de la alfalfa hay un incremento en los tallos, el material

muerto y una disminución de la cantidad de hoja, ocasionando que la relación hoja/tallo también tienda a disminuir.

Cuadro 6. Relación hoja-tallo (R:H/T) de dos variedades de alfalfa cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Intervalo de corte	Variedades		Promedio	EEM
	Cuff-101	Premium		
CTE	1.7 ^{Aa}	1.6 ^{Aa}	1.6 ^A	0.38
CME	1.2 ^{ABa}	1.2 ^{ABa}	1.2 ^{AB}	0.04
CTA	0.9 ^{Ba}	1.1 ^{Ba}	1.0 ^B	0.14
Promedio	1.3 ^a	1.3 ^a	1.3	0.14
EEM	0.25	0.13	0.16	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media, CTE= Corte Temprano (5 semanas), CME= Corte Medio (6 semanas) y CTA= Corte Tardío (7 semanas).

4.4 Altura de la planta

En el Cuadro 7 se aprecia la altura de la planta de dos variedades de alfalfa Cuff-101 y Premium, estimadas por el método de la regla y el plato. Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el promedio entre las dos variedades, intervalos por variedad y promedio entre intervalos, medidas con la regla. En promedio, la variedad Cuff-101 logró una mayor altura de 26 cm, mientras que la variedad Premium fue de 24 cm. En lo que respecta entre los intervalos de corte en la variedad Cuff-101, el CTA registró una mayor altura con 34 cm, seguido del CTE con una menor altura de 15 cm. Mientras que en la variedad Premium el CTA y CME fueron los que registraron una mayor altura con 31 y 26 cm respectivamente, mientras que el CTE fue el que obtuvo la menor altura con 14 cm. Entre el promedio de intervalos de corte, el CTA fue el de mayor altura con 32.5 cm, y el

CTE el de menor con 14.5 cm. Por tanto, el rendimiento de materia seca y la altura, se incrementan cuando la frecuencia de cortes es mayor a 35 DDR (Muslera y Ratera, 1991).

Al respecto, Montes (2014), encontró una mayor altura en estación invierno a la séptima semana de rebrote (61.2 cm), por su parte, Cruz (2020) para la variedad Premium en estación verano, utilizando el método de la regla, encontró la mayor altura cuando esta fue cosechada a las 7 semanas (67 cm), y la menor altura cuando se registró a la primera semana (11 cm). Esto nos indica que la altura de la alfalfa es un indicativo en su rendimiento como se mencionó anteriormente, concluyendo así que para lograr mejores rendimientos es necesario reducir las frecuencias de corte.

La altura estimada 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 también 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 presentó la menor altura con 5 cm.

Las mayores alturas se registraron tanto en el CTA como en el CME, indicando que, para lograr una mayor altura y rendimiento, es necesario aumentar el intervalo entre cortes. Según las recomendaciones de Ramos y Hernández (1970), se sugiere que el mayor rendimiento de alfalfa se obtiene al realizar los cortes cuando las alturas de las plantas alcanzan sus valores máximos, con un intervalo de corte promedio de 40 días. Asimismo, Rivas *et al.*, (2005) al evaluar cinco variedades de alfalfa, encontró que el mayor rendimiento de MS por corte sucedió en el mes de julio y agosto. Mientras que Hernández-Garay *et al.*, (1992), en su investigación reportaron la mayor altura cuando los cortes fueron cada 8 semanas. Finalmente, Enríquez *et al.*, (2006) señaló que obtuvo mayores rendimientos en diferentes variedades de alfalfa coincidiendo así con las mayores alturas, indicando que existe una correlación directa entre la altura y el rendimiento del forraje. Cabe mencionar que frecuencias de corte menores a 5 semanas

afectan al rendimiento y a su vez a la altura. Esto es debido a una serie de factores que influyen en el desarrollo y crecimiento de la planta.

Cuadro 7. Altura de alfalfa (cm) de dos variedades estimadas por el método de la regla y plato cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Intervalo de corte	Variedades		Promedio	EEM
	Cuff-101	Premium		
Método Regla				
CTE	15 ^{Ca}	14 ^{Ba}	14.5 ^C	1.2
CME	28 ^{Ba}	26 ^{Aa}	27.0 ^B	1.7
CTA	34 ^{Aa}	31 ^{Aa}	32.5 ^A	1.4
Promedio	26 ^a	24 ^b	25.0	0.4
EEM	1.4	2.5	1.6	
Método Plato				
CTE	5 ^{Ca}	5 ^{Ba}	5 ^B	0.4
CME	11 ^{Ba}	11 ^{Aa}	11 ^A	0.8
CTA	13 ^{Aa}	11 ^{Aa}	12 ^A	1.4
Promedio	9 ^a	9 ^a	9	0.8
EEM	0.4	1.2	0.5	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media CTE= Corte Temprano (5 semanas), CME= Corte Medio (6 semanas) y CTA= Corte Tardío (7 semanas).

4.5 Porcentaje de luz interceptada

En los porcentajes de luz interceptada de dos variedades de alfalfa, no se presentaron diferencias significativas entre variedades de corte ($p < 0.05$), no así dentro de cada variedad y promedio ($p < 0.05$; Cuadro 8). En ambas variedades la mayor luz

interceptada fue en el CTA y CME con promedios de 76 y 86 %, respectivamente. El CTE fue el que registró el menor porcentaje con 51 y 59 % para Cuf-101 y Premium. Por lo anterior, se mostró una tendencia a incrementar el porcentaje de luz interceptada a mayor intervalo de corte. Al respecto, Mendoza (2010), obtuvo en la variedad San Miguelito en respuesta a diferentes frecuencias de corte, un valor relativamente alto de 90% en RI cuando está se cosechó cada 42 y 49 DDR. Por su parte, Barbón-Huesca (2019) en estación primavera reportó en la variedad Premium que a medida que aumenta el porcentaje de RI también lo hacen las variables de área foliar y la altura de la planta. Esto indica que estas variables están relacionadas entre sí. Por su cuenta Mendoza *et al.*, (2008), observó que los mayores porcentajes de RI se presentaron al cosechar la alfalfa entre las 6 y 7 semanas, con un promedio de 90%, y los menores porcentajes fueron para las 3 y 4 semanas con 48%, concluyendo que conforme incrementan las frecuencias de corte disminuyen el rendimiento de forraje, ocasionando una disminución del AF y a su vez de la RI. De acuerdo con Da Silva y Hernández (2010), consignan que cuando las praderas perennes, tropicales y templadas, interceptan el 95% de la radiación sobre ellas es el momento óptimo para su cosecha.

Cuadro 8. Luz interceptada (%) por la alfalfa con sus dos variedades cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Intervalo de corte	Variedades		Promedio	EEM
	Cuf-101	Premium		
CTE	51 ^{Ba}	59 ^{Ba}	55 ^B	2.85
CME	75 ^{Aa}	77 ^{Aa}	76 ^A	2.16
CTA	87 ^{Aa}	84 ^{Aa}	86 ^A	3.34
Promedio	71 ^a	73 ^a	72	0.70
EEM	4.29	3.71	3.48	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p>0.05$). EEM = Error Estándar de la Media CTE= Corte Temprano (5 semanas), CME= Corte Medio (6 semanas) y CTA= Corte Tardío (7 semanas).

4.6 Área Foliar por tallo

En el Cuadro 9 se observa el área foliar por tallo de dos variedades de alfalfa, donde no se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$), entre las variedades, dentro de cada intervalo de corte y, por tanto, en el promedio contrario a lo observado en la comparación de los intervalos de cortes dentro de cada variedad y promedios ($p < 0.05$). En Cuf-101 y promedio, el CTA registró una mayor área foliar de 74.5 y 68.3 $\text{cm}^2 \text{ tallo}^{-1}$, mientras que en Cuf-101 el CTE y CME presentaron los menores valores con 42.1 y 53.3 $\text{cm}^2 \text{ tallo}^{-1}$, respectivamente. La variedad Premium no registró diferencias ($p \geq 0.05$) entre los intervalos de corte. Lo anterior muestra que, aunque no estadísticamente en el caso de la var. Premium, a mayor intervalo de corte, el área foliar por tallo se incrementa. Se ha registrado que cuando la alfalfa es cosechada en intervalos de 4 y 5 semanas, el IAF es menor que cuando es cosechada de 6 y 8 semanas, indicando que entre mayor sean las frecuencias de corte, mayores serán los IAF, así como la cantidad de luz interceptada y tasa de crecimiento.

Cuadro 9. Área foliar ($\text{cm}^2 \text{ tallo}^{-1}$) de dos variedades de alfalfa, cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México

Intervalo de corte	Variedades		Promedio	EEM
	Cuff-101	Premium		
CTE	42.1 ^{Ba}	49.7 ^{Aa}	45.9 ^B	5.00
CME	53.3 ^{Ba}	58.9 ^{Aa}	56.1 ^{AB}	5.28
CTA	74.5 ^{Aa}	62.1 ^{Aa}	68.3 ^A	3.87
Promedio	56.6 ^a	56.9 ^a	56.8	0.43
EEM	6.96	9.58	7.30	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media CTE= Corte Temprano (5 semanas), CME= Corte Medio (6 semanas) y CTA= Corte Tardío (7 semanas).

Al respecto Mendoza *et al.*, (2010), al estar evaluando diferentes entre las frecuencias de corte en alfalfa de la variedad San Miguelito, observó que los mayores índices de área foliar por tallo se presentan conforme se reduce la frecuencia de corte. Mientras que Hernández-Garay (1992) obtuvo una mayor área foliar cuando se cosechó entre 6 y 8 semanas, concluyendo que entre más largas sean las frecuencias de corte, mayor será los índices de área foliar. Mientras tanto Villegas (2004), al evaluar dos variedades de alfalfa, reportó que el incremento del IAF aumentará conforme aumente la tasa de crecimiento y la edad del rebrote, hasta así alcanzar un máximo.

V. CONCLUSIONES

No hay diferencias en el rendimiento de forraje entre las variedades Cuf-101 y Premium. La hoja es el principal componente de rendimiento de forraje al cosechar la alfalfa a 35 y 42 días de rebrote, sin embargo, a dejar una semana más de crecimiento a los 49 días de rebrote, el tallo se convierte en el componente más representativo del rendimiento total, seguido por la hoja, maleza, material muerto e inflorescencia. La altura, luz interceptada y área foliar, siguen la misma tendencia al rendimiento, inverso a la relación hoja:tallo a menores días de rebrote se incrementa.

VI. LITERATURA CITADA

- AGPSEMILLAS, (2019).** Semillas y forrajes. <https://www.agpsac.com/forrajes.php>
- AGRO ACTIVO, (2020).** Alfalfa Cuf-101 leguminosa. <https://agroactivocol.com/producto/material-vegetal/alfalfa-cuf-101-leguminosa-copia/>
- Álvarez-Vázquez, 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-Vázquez, P., Hernández-Garay, A., Mendoza-Pedroza, S. I., Rojas-García, A. R., Wilson-García, C. Y., Alejos-de la Fuente, 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>
- ANSO, (2011).** Enfermedades y plagas de la alfalfa. <http://www.satanso.com/noticia.php/es/Enfermedades-plagas-Alfalfa/56>
- 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
- Barbón-Huesca, J. F. (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 diferentes edades de rebrote..pdf](#)
- Bouton, J. (2001).** Alfalfa. In: Gomide JA, Mattos WRS, da Silva SC (eds) Proc. XIX International Grassland Congress, Sao Pedro, Sao Paulo Brazil. 11– 21(February 2001). FEALQ, Piracicaba SP Brazil, 545- 547.

Bustamante-Martínez, E., Hernández-Pérez, M. I., Loaiza-Ruíz, R. A. (2016). Manual de Bioensayos y Laboratorios de fisiología Vegetal. Accelerating the world's Research. 82 p.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54466488/Manual_de_Laboratorio_Fisiologia_vegetal_2016-07-13_1-libre.pdf?1505768472=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMANUAL_DE_BIOENSAYOS_Y_LABORATORIOS_DE_F.pdf&Expires=1685400831&Signature=CLy-XfMXPew6zqK-bLL34kJKK13Nh4D3N5ON9IGkHGroGQeJuJ8v~ai5rl~y4KM2deL~baBDoUOnrY5WqpCHtJ4bJDQ~NPzqvTvA4viNBm894bbXTKz9RU19u9iTsrW6iHQ7qJkGMFfGhoG6EtVIX6m7hEVRnHXMc4CJvLeAAAtA4iHFOAeWGKb45D3Hu3KyktxG01Jk5CL5xRP0r5go4tBot8fiRxEEPYNsWpgp64ICaExt5eUlxnqe4DrFii2UmScMSQRrRiPaC8gtlsTQeHyTiAGj9adbdE7c8kCSzsiUPqTklUf7qyfhr0y7QXvkNuDv-2q8BSU438E6~MceGg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Cadena-Villegas, S. (2009). Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en respuesta a diferentes frecuencias de cosecha (Tesis de maestría, Colegio de Posgraduados). 78 p. [Mendoza, 2011. Rendimiento de alfalfa a diferentes alturas de corte..pdf](#)

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.

Carmona-Canseco, 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. [Carmona, 2021. Comportamiento productivo de alfalfa \(Medicago sativa L.\) a diferentes edades de rebrote...pdf](#)

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), 58 p. [Castro, 2020. TESIS FINAL. Comportamiento productivo de alfalfa \(Medicago sativa L.\), a diferente edad de cosecha en la estacion de primavera.pdf](#)

- Castroviejo, S., Delgado, I. (2000).** Botánica (*Medicago sativa* L.). Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA), 15 p.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=BxnxDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=Castroviejo+2000+ra%C3%ADces+nodos&ots=2IOP3JxQzu&sig=P4W2a qKTMUEjzbGRoGsNSabWJxw#v=onepage&q=Castroviejo%202000%20ra%C3%ADces%20nodos&f=false>
- 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. PP. 95-104.
- Chen, J. S., F. L. Tang, R. F. Zhu, C. Gao, G. L. Di, and Y. X. Zhang. (2012).** Effects of cutting frequency on alfalfa yield and yield components in Songnen Plain, Northeast China. Afr. J. Biotechnol. 11: 4782-4790.
- 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
- 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., & Chocarro, G. C. (2020).** La alfalfa. Universitat de Lleida. 364 p.

- Duarte, (2002).** Como implantar bien una pastura de alfalfa. www.viarural.com.ar (fecha de consulta 15, abril, 2022).
- 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>
- Flores, D. F, (2015).** La alfalfa (*Medicago sativa*): origen, manejo y producción. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona., <https://jdc.edu.co/revistas/index.php/conexagro/article/view/520>.
- Ghimire, R., Norton, J. B., & Pendall, E. (2014).** Alfalfa-grass biomass, soil organic carbon, and total nitrogen under different management approaches in an irrigated agroecosystem. *Plant and soil*, 374(1):173-184.
- Guaytarilla, N., y Caden, F. I. (2005).** Respuesta de la fertilización con boro en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) Santa Rosa de Cusubamba-Cayambe. La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, (4). Pp. 67-70.
- Guevara-Jaime, 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](#)
- 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., Pérez, P. J. y Hernández, G. V. A. (1992).** Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia*. 2:131-144.
- 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 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>
- Hodgson, J. (1990).** *Grazing Management. Science into Practice*. Longman Scientific and Technical. Harlow, England. 204 p.

- Horrocks, R. D. and Vallentine, J. F. (1999).** Harvested Forages. Academic Press. Oval Road, London. United State of America. 426 p.
- INIFAP, (2022).** Producción de semilla de Alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo. <https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/Content?/=4177>
- 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.
- Karn, J. F., Berdahl, J. D. & Frank, A. B. (2006).** Nutritive Quality of four perennial grasses as affected by species, cultivar, maturity and plant tissue. Agron. J. 98: 1400-1409.
- Lemaire, G. (2001).** Ecophysiology of grasslands. Aspects of forage plant population in grazed swards. In: Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil. pp: 39-40
- León, E. (2003).** Pastos y Forrajes, Producción y Manejo. (Folleto pastos y forrajes). Universidad Central. 251 p.
- Melvin, G. (2001).** Annual Rangeland Forage Quality. Rangeland Management Series. Agriculture and Natural Resources. University of California. Publication 2008. Pp. 1-13. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LAMxlidy0oUC&oi=fnd&pg=PA6&dq=related:allDf4TmuxsJ:scholar.google.com/&ots=ekHyw4mdH&sig=heb0lnOrCAu7nkw9ZWe6qbdZOF#v=onepage&q&f=false>
- Mendoza-Pedroza, 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-Elos, M., Mosqueda-Villagómez, C., Rangel-Lucio, J. A., López-Benítez, A., Rodríguez-Herrera, S. A., Latournerie-Moreno, L., Moreno-Martínez, 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-Pedroza, S. I., Hernández-Garay, A., Pérez-Pérez, J., Quero-Carrillo, A. R., Escalante-Estrada, J. A. S., Zaragoza-Ramírez, J. L., Ramírez-Reynoso, 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>
- Montes, C. F. J. (2014).** Análisis del proceso de producción y dinámicas de crecimiento para incrementar la productividad en dos leguminosas forrajeras. IPN, Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca: 96 p. http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER_CIIDIROA/X/211/Montes%20Cruz%20F.pdf?sequence=1
- Morales, A. J., Jiménez, V. J. L., Velasco, V. V. A., Villegas, A. Y., Enríquez, del V. J. R. y Hernández-Garay, A. (2006) a.** 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. [Moran , 2021. Efecto del riego en el comportamiento productivo de la alfalfa \(Medicago sativa L.\) en la estación de verano.pdf](#)
- Muslera, P. E. y Ratera, G. 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>
- Osterreich y Schweiz, (1885).** Flora Von Deutschland. Biblioteca de Ciencias Naturales. Madrid, España. <https://bibdigital.rjb.csic.es/en/records/item/14296-flora-von-deutschland-osterreich-und-der-schweiz-zweite-vermehrte-und-verbesserte-auflage-band-i?offset=4>

- 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-Madrigal, R., Rosales-Esquinca, M. Rincón-Espinosa, P., Hernández-Gómez, E., & Garrido-Ramírez, 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
- 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. Pp. 15. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780429061547-9/resources-along-silk-road-central-asia-lagochilus-inebrians-bunge-turkestan-mint-medicago-sativa-alfalfa-oimahmad-rahmonov-david-zaurov-buston-islamov-sasha-eisenman>
- Ramos, S. A. y Hernández, X. E. (1970).** Ecología de la alfalfa en México. COTECOCA y Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 49 p.
- 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.
- Rivas, J. M. A., López, C. C., Hernández-Garay, 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-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-García, A. R., Mendoza-Pedroza, S. I., Maldonado-Peralta, M. A., Álvarez-Vázquez, P., Torres-Salado, N., Cruz-Hernández, A., Vaquera-Huerta, H., Joaquín-Cansino, 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-García, A. R., Mendoza-Pedroza, S. I., Maldonado-Peralta, M. A., Álvarez-Vázquez, P., Torres-Salado, N., Cruz-Hernández, A., Vaquera-Huerta, H., Joaquín, Rivas-Jacobo, M. A., López-Castañeda, C., Hernández-Garay, A., Pérez-Pérez, 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-García, A. R., Torres-Salado, N., Joaquín-Cansino, S., Hernández-Garay, A., Maldonado-Peralta, M. A., Sánchez-Santillán, 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., & 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.
- Santacoloma, L. E., Granados, J. E., Aguirre, S. E. (2015).** Comportamiento agronómico, nutricional y contenido de taninos de la leguminosa *Lotus corniculatus* como efecto de la fertilidad del suelo. Revista Ciencia Animal, 1(9), 189-208.
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1088&context=ca>
- 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, 102(9): 8546-8558.
- Skinner, R. H., J. A. Morgan and J. D. Hanson. (1999).** Carbon and nitrogen reserve remobilization following defoliation: nitrogen and elevated CO₂ effects. Crop Science. 39:1749-1756.
- 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. 65 (2): 157-164

- 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 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-Galindo, 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-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>
- Vera-Zayas, 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-Garay, 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.
- 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>
- 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.
- 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: 173-188.
- Zaragoza, R. J. L., Martínez, H. P. A., Castrellón, J. L., Cadena, A, y Huerta, A. (1992).** Rendimiento de forraje de 14 variedades de alfalfa en tres localidades de México. Resúmenes del IX Seminario Científico Nacional Hispanoamericano de Pastos y Forrajes de la Estación Experimental “Indio Harvey”. Cuba.
- Zhang, Q., Liu, J., Liu, X., Li, S., Sun, Y., Lu, W., & Ma, C. (2020).** Optimizing water and phosphorus management to improve hay yield and water-and phosphorus- use efficiency in alfalfa under drip irrigation. Food science & nutrition, 8(5): 2406-2418.
- 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

Anexo 1. Rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹) de dos variedades de alfalfa cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Intervalo de corte	Variedades		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Cuff-101	Premium				
CTE	4264 ^{Aa}	3688 ^{Aa}	3976 ^B	0.1	239	840
CME	4278 ^{Aa}	4245 ^{Aa}	4261 ^B	0.9	946	3324
CTA	5316 ^{Aa}	4906 ^{Aa}	5111 ^A	0.8	1036	3640
Promedio	4619 ^a	4280 ^a	4449	0.6	559	1966
Sig.	0.086	0.196	0.002			
EEM	545.0	540.5	152.5			
DMS	1586	1573	443.7			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p > 0.05$). Sig= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, CTE= Corte Temprano, CME= Corte Medio y CTA= Corte Tardío.

Anexo 2. Composición Botánica-Morfológica (%) de dos variedades de alfalfa, cosechada a diferentes intervalos de corte (IC) en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Componente	Intervalos de Corte			Promedio	Sig.	EEM	DMS
	CTE	CME	CTA				
Variedad Cuf-101							
Hoja	54 ^{Aa}	53 ^{Aa}	44 ^{Ba}	51 ^A	0.1	4.2	12.3
Tallo	36 ^{Bc}	39 ^{Bb}	52 ^{Aa}	42 ^B	0.0	0.9	2.8
M.M.	8 ^{Ca}	8 ^{Ca}	4 ^{Ca}	7 ^C	0.8	5.0	14.6
Inflorescencia	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Da}	0 ^D	0.0	0.0	0.0
Maleza	2 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Da}	1 ^D	0.5	2.0	5.8
Suma	100	100	100	100			
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001			
EEM	4.3	3.5	0.9	1.5			
DMS	12.1	9.8	2.4	4.2			
Variedad Premium							
Hoja	55 ^{Aa}	53 ^{Aa}	49 ^{Aa}	52 ^A	0.2	2.6	7.6
Tallo	38 ^{Ba}	41 ^{Ba}	46 ^{Aa}	42 ^B	0.3	4.0	11.7
M.M.	5 ^{Ca}	6 ^{Ca}	5 ^{Ba}	5 ^C	0.6	2.5	7.3
Inflorescencia	0 ^{Da}	0 ^{Da}	0 ^{Ba}	0 ^D	0.0	0.0	0.0
Maleza	2 ^{Da}	0 ^{Da}	0 ^{Ba}	1 ^D	0.4	1.5	4.4
Suma	100	100	100	100			
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001			
EEM	1.6	1.5	3.4	0.8			
DMS	4.5	4.4	9.7	2.4			
Promedio							
Hoja	55 ^{Aa}	53 ^{Aa}	47 ^{Aa}	52	0.04	2.2	6.3
Tallo	37 ^{Bb}	40 ^{Bb}	49 ^{Aa}	42	0.01	2.2	6.5
M.M.	6 ^{Ca}	7 ^{Ca}	4 ^{Ba}	6	0.68	2.5	7.3
Inflorescencia	0 ^{Da}	0 ^{Da}	0 ^{Ba}	0	0.00	0.0	0.0
Maleza	2 ^{CDa}	0 ^{Da}	0 ^{Ba}	1	0.22	0.9	2.6
Suma	100	100	100	100			
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001				
EEM	2.1	1.9	1.7				
DMS	6.0	5.3	4.8				

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p>0.05$). Sig= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, CTE= Corte Temprano, CME= Corte Medio y CTA= Corte Tardío. M.M.= Material Muerto.

Anexo 3. Composición Botánica Morfológica (kg MS ha⁻¹) de dos variedades de alfalfa, cosechados a diferentes intervalos de corte (IC) en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Componente	Intervalos de Corte			Promedio	Sig.	EEM	DMS
	CTE	CME	CTA				
Variedad Cuf-101							
Hoja	2158 ^{Aa}	2107 ^{Aa}	2305 ^{Aa}	2190 ^A	0.13	282	821
Tallo	1705 ^{Ab}	1897 ^{Ab}	2727 ^{Aa}	2110 ^A	0.03	267	778
M.M.	258 ^{Ba}	252 ^{Ba}	218 ^{Ba}	243 ^B	0.94	153	447
Inflorescencia	0 ^{Ba}	0 ^{Ba}	0 ^{Ba}	0 ^B	0.00	0.00	0.00
Maleza	143 ^{Ba}	21 ^{Ba}	65 ^{Ba}	76 ^B	0.82	178	518
Promedio	852	855	1063	923			
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001			
EEM	235	281	269	210			
DMS	663	792	759	593			
Variedad Premium							
Hoja	1897 ^{Aa}	1978 ^{Aa}	2346 ^{Aa}	2073 ^A	0.31	298	867
Tallo	1542 ^{Ab}	1799 ^{Ab}	2296 ^{Aa}	1879 ^A	0.01	127	372
M.M.	92 ^{Bb}	308 ^{Ba}	221 ^{Bab}	20 ^B	0.07	65	190
Inflorescencia	0 ^{Ba}	0 ^{Ca}	0 ^{Ba}	0 ^B	0.00	0.0	0.00
Maleza	158 ^{Ba}	160 ^{BCa}	44 ^{Ba}	120 ^B	0.91	174	508
Promedio	737.8	849	981.4	855.8			
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001			
EEM	153	84	191	93			
DMS	432	237	540	265			
Promedio							
Hoja	2027 ^{Ab}	2043 ^{Ab}	2325 ^{Aa}	2132	0.01	81	238
Tallo	1623 ^{Ab}	1848 ^{Ab}	2511 ^{Aa}	1995	0.01	156	455
M.M.	175 ^{Ba}	280 ^{Ba}	220 ^{Ba}	132	0.52	68	198
Inflorescencia	0 ^{Ba}	0 ^{Ba}	0 ^{Ba}	000	0.00	0.0	0.0
Maleza	150 ^{Ba}	90 ^{Ba}	55 ^{Ba}	98	0.77	105	306
Suma	3975	4261	5111				
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001				
EEM	162	159	134				
DMS	459	451	378				

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p>0.05$). Sig= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, CTE= Corte Temprano, CME= Corte Medio y CTA= Corte Tardío. M.M.= Material Muerto.

Anexo 4. Relación hoja-tallo de dos variedades de alfalfa cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Intervalo de corte	Variedades		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Cuff-101	Premium				
CTE	1.7 ^{Aa}	1.6 ^{Aa}	1.6 ^A	0.7	0.39	1.4
CME	1.2 ^{ABa}	1.2 ^{ABa}	1.2 ^{AB}	0.1	0.04	0.1
CTA	0.9 ^{Ba}	1.1 ^{Ba}	1.0 ^B	0.3	0.14	0.5
Promedio	1.3 ^a	1.3 ^a	1.3	0.6	0.14	0.5
Sig.	0.06	0.08	0.04			
EEM	0.2	0.1	0.1			
DMS	0.7	0.4	0.4			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p > 0.05$). Sig= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, CTE= Corte Temprano, CME= Corte Medio y CTA= Corte Tardío.

Anexo 5. Altura de planta (cm) de dos variedades de alfalfa estimada por dos métodos, cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Intervalo de corte	Variedades		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Cuf-101	Premium				
Método de la Regla						
CTE	15 ^{Ca}	14 ^{Ba}	14.5 ^C	0.31	1.22	4.3
CME	28 ^{Ba}	26 ^{Aa}	27 ^B	0.23	1.77	6.2
CTA	34 ^{Aa}	31 ^{Aa}	32.5 ^A	0.28	1.47	5.1
Promedio	26 ^a	24 ^b	25	0.04	0.40	1.4
Sig.	0.0006	0.0079	0.0012			
EEM	1.4	2.5	1.6			
DMS	4.2	7.4	4.7			
Método del Plato						
CTE	5 ^{Ca}	5 ^{Ba}	5 ^B	0.1	0.41	1.4
CME	11 ^{Ba}	11 ^{Aa}	11 ^A	0.3	0.82	2.8
CTA	13 ^{Aa}	11 ^{Aa}	12 ^A	0.5	1.41	4.9
Promedio	9 ^a	9 ^a	9	0.6	0.82	2.8
Sig.	<.0001	0.0270	0.0004			
EEM	0.41	1.29	0.52			
DMS	1.2	3.8	1.5			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p > 0.05$). Sig= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, CTE= Corte Temprano, CME= Corte Medio y CTA= Corte Tardío.

Anexo 6. Luz interceptada (%) por la alfalfa de dos variedades cosechadas a diferentes intervalos de corte, en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Intervalo de corte	Variedades		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Cuff-101	Premium				
CTE	51 ^{Ba}	59 ^{Ba}	55 ^B	0.1	2.8	10.0
CME	75 ^{Aa}	77 ^{Aa}	76 ^A	0.1	2.1	7.5
CTA	87 ^{Aa}	84 ^{Aa}	86 ^A	0.5	3.3	11.7
Promedio	71 ^a	73 ^a	72	0.1	0.7	2.4
Sig.	0.003	0.008	0.003			
EEM	4.2	3.7	3.4			
DMS	12.4	10.8	10.1			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p>0.05$). Sig= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, CTE= Corte Temprano, CME= Corte Medio y CTA= Corte Tardío.

Anexo 7. Área foliar en $\text{cm}^2 \text{ tallo}^{-1}$ de alfalfa de dos variedades cosechadas a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno, en el Sureste de Coahuila, México.

Intervalo de corte	Variedades		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Cuff-101	Premium				
CTE	42.1 ^{Ba}	49.7 ^{Aa}	45.9 ^B	0.486	5.00	17.5
CME	53.3 ^{Ba}	58.9 ^{Aa}	56.1 ^{AB}	0.440	5.28	18.5
CTA	74.5 ^{Aa}	62.1 ^{Aa}	68.3 ^A	0.048	3.87	13.6
Promedio	56.6 ^a	56.9 ^a	56.8	0.005	0.43	1.5
Sig.	0.02	0.48	0.09			
EEM	6.9	9.5	7.3			
DMS	20.2	27.9	21.2			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren estadísticamente ($p>0.05$). Sig= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, CTE= Corte Temprano, CME= Corte Medio y CTA= Corte Tardío.