

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



**Estado productivo de dos variedades de alfalfa a cuatro años de  
establecida en el Sureste de Coahuila, México**

Por:

**ALEJANDRO VIDAL ONTIVEROS MENDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre, 2024.

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

Estado productivo de dos variedades de alfalfa a cuatro años de  
establecida en el Sureste de Coahuila, México

Por:

**ALEJANDRO VIDAL ONTIVEROS MENDEZ**

TESIS PROFESIONAL

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

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



---

Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez  
Director



---

Dr. Josué Israel García López  
Co-director

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre del 2024.

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

Estado productivo de dos variedades de alfalfa a cuatro años de  
establecida en el Sureste de Coahuila, México

Por:

**ALEJANDRO VIDAL ONTIVEROS MENDEZ**

TESIS PROFESIONAL

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

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez  
Director



Dr. Josué Israel García López  
Co-director



Dr. Neymar Camposeco Montejo  
Asesor



Dr. Ochoa Espinoza José Javier  
Asesor



MC Pedro Carrillo López  
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre del 2024.

## DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre, 2024.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Estado productivo de dos variedades de alfalfa a cuatro años de establecida en el Sureste de Coahuila, México**". es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

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

ALEJANDRO VIDAL ONTIVEROS MENDEZ

Nombre



Firma

## RESUMEN

El presente estudio se evaluó el comportamiento productivo de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en su cuarto año de establecimiento, manejadas bajo intervalos de cortes fijos estacionalmente. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento de Materia Seca (RMS), Altura de la planta (AP) con el método del plato y regla, Intercepción Luminosa (IL), Peso de Hoja por Tallo (PHT), Número de tallos (NT), y Composición Botánica-Morfológica (CBM). Se hizo un análisis estadístico con el PROC GLM del SAS, 2009 y una comparación de medias de prueba Tukey ( $p < 0.05$ ). Independientemente del intervalo de corte, solo la IL se presentaron diferencias entre variedades, siendo superior la Premium a la Cuf-101 con 50 vs 41 % IL ( $p < 0.05$ ), así mismo, en el RMS y PHT, pero sin marcar diferencia estadística ( $p > 0.05$ ). En los intervalos de corte, ambas variedades se vieron favorecidas por una frecuencia de defoliación ligera de 35 días de descanso en primavera y verano, 42 días en otoño y 49 días en invierno, para las variables RMS, AP, IL y PHT. En contraste, el intervalo de corte no afectó a AR y NTC. La hoja y el tallo, fueron los componentes que mayor aporte hicieron al rendimiento total de forraje en ambas variedades, sin ser afectados por el intervalo de corte. En conclusión, bajo las condiciones del sureste de Coahuila, la variedad Premium y un intervalo de corte superior a lo recomendado en la literatura, muestra mejor comportamiento productivo.

**Palabras clave:** *Medicago sativa* L., composición botánica morfológica, intervalos de corte, ciclo de producción, rendimiento.

## ABSTRACT

This study evaluated the productive performance of two varieties of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in their fourth year of establishment, managed under fixed cutting intervals seasonally. A randomized block experimental design was used, with three repetitions. The variables evaluated were: Dry Matter Yield (DMY), Plant Height (PH) with the plate and ruler method, Light Interception (LI), Leaf Weight per Stem (LWS), Number of Stems (NT), and Botanical-Morphological Composition (BMC). A statistical analysis was made with the PROC GLM of SAS, 2009 and a comparison of means by Tukey test ( $p < 0.05$ ). Regardless of the cutting interval, only the LI showed differences between varieties, being Premium superior to Cuf-101 with 50 vs 41 % LI ( $p < 0.05$ ), likewise, in the DMY and LWS, but without marking statistical difference ( $p > 0.05$ ). In the cutting intervals, both varieties were favored by a light defoliation frequency of 35 days of rest in spring and summer, 42 days in autumn and 49 days in winter, for the variables RMS, AP, LI and PHT. In contrast, the cutting interval did not affect AR and NTC. The leaf and stem were the components that made the greatest contribution to the total forage yield in both varieties, without being affected by the cutting interval. In conclusion, under the conditions of southeastern Coahuila, the Premium variety and a cutting interval higher than that recommended in the literature, shows better productive performance.

**Keywords:** *Medicago sativa* L., morphological botanical composition, cutting intervals, production cycle, yield.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Agradezco, por darme la oportunidad y dicha de existir, por estar en los momentos más difíciles de mi vida, por brindarme salud, paciencia, fortaleza, sabiduría y la perseverancia para poder alcanzar mis objetivos profesionales.

### **A MI “ALMA TERRA MATER” LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

Por haberme aceptado formar parte de ella, por ser mi segundo hogar al abrirme las puertas de sus instalaciones para poder seguir preparándome y desarrollarme de forma profesional.

### **A MIS PADRES**

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

### **A MI ESPOSA E HIJO**

**Andrea y Byron** que sin su motivación, sacrificio, apoyo, fe, alegría e inspiración no me hubiera titulado en el tiempo debido.

## **A MIS HERMANAS**

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

## **AL DR. PERPETUO ALVARES VÁZQUEZ**

Quien me brindó su amistad, tiempo y confianza, por haberme aceptado y asesorado en este proyecto de tesis, y así terminar el último escalón de la carrera, así como a mis asesores; **Dr. Josué Israel García López, Dr. Neymar Camposeco, y al Dr. José Javier Ochoa Espinoza**, que sin duda hicieron valiosas aportaciones para que este trabajo se presentara lo mejor posible.

## **A TODOS MIS DOCENTES DE LA CARRERA**

Por enseñarme todo lo que sé y más que eso, guiarme para crecer como persona y profesionalista.

## **AL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y RENOVABLES**

Por prestarme sus instalaciones durante este proceso. Así como a los trabajadores de campo, ya que de una u otra forma me brindaron su apoyo para la realización de este proyecto. Por su dedicación, orientación y sabiduría impartida a lo largo de mi carrera universitaria. Cada clase, conferencia y conversación con mis profesores ha sido una oportunidad invaluable para aprender y crecer tanto intelectual como personalmente. Por prestarme sus instalaciones durante este proceso. Así como a los trabajadores de campo, ya que de una u otra forma me brindaron su apoyo para la realización de este proyecto.



## **A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE AULA**

Por el apoyo y los buenos momentos que compartimos durante nuestra estancia en la universidad. Mis especiales agradecimientos a **Rafael, Javier, Adair** quienes me apoyaron en el trabajo de campo y laboratorio.

## **A MIS AMIGOS Y CONOCIDOS**

Que han llegado a mi vida a lo largo de este trayecto y que han sido partícipes de este gran logro. Gracias por sus consejos, apoyo y palabras de aliento que me motivaron para seguir adelante. Que de una u otra forma me han motivado y apoyado para seguir luchando por mis objetivos personales.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES: ALEJANDRO ONTIVEROS SAUCEDO Y AMALIA MENDEZ MENCHACA**

Este logro es para ustedes, quienes han sido mi inspiración, mi apoyo incondicional y mi ejemplo a seguir a lo largo de este viaje académico. Sus sacrificios, su inquebrantable fe en mí y su constante apoyo han sido mi mayor motivación para alcanzar esta meta. Este logro no solo es un reflejo de mi esfuerzo, sino también de su dedicación y amor hacia mí. Gracias por ser mis pilares, por creer en mis sueños y por estar siempre a mi lado en cada etapa de mi vida. Quienes son mi motivación para seguir adelante y me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que siempre están presentes para apoyarme en todos los sentidos.

### **A MIS ESPOSA E HIJO: ANDREA MONSERRAT OLVERA MORALES Y BYRON VIDAL ONTIVEROS MENDEZ**

Quienes me han brindado apoyo y sabiduría a lo largo de mi vida. Cada logro alcanzado en mi trayectoria es también un tributo a su influencia positiva en mi formación. Que sin duda alguna son el motor de mi vida y gracias a ellos e alcanzado grandes logros y me seguiré esforzando para darles lo mejor.

### **A MIS HERMANAS**

Porque a pesar de las altas y bajas, siempre han estado a mi lado, alentándome y motivándome a alcanzar mis metas. Este logro es tan suyo como mío, y les dedico este trabajo con profundo agradecimiento y cariño. de una u otra forma han sido un apoyo para alcanzar este objetivo en especial **ALEJANDRA** que sin duda alguna ha sido indispensable en este proceso.

## **A MIS TÍOS Y PRIMOS**

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

## **Y A TODA LA BOLA DE ENVIDIOSOS Y PROFESORES**

Que pensaron que nunca iba a lograr nada en la vida, que siempre iba a ser uno más del montón, gracias a todas sus malas críticas y malas caras me llevo a estar a donde estoy y lo que he logrado y en lo que me he convertido.

## ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS .....	2
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
2.2 Descripción taxonómica .....	3
2.3 Descripción morfológica .....	4
2.4 Adaptabilidad de la especie .....	8
2.5 Importancia del cultivo.....	8
2.6 Descripción de las variedades .....	9
2.6.1 Variedad Premium .....	10
2.6.2 Var Cuf-101.....	10
2.7 Rendimiento estacional del forraje .....	11
2.8 Factores que influyen en el crecimiento y producción de forraje.....	12
2.8.1 Radiación solar .....	12
2.8.2 Temperatura.....	13
2.8.3 Humedad .....	14
2.8.4 Suelo.....	15
2.8.5 Plagas y enfermedades del cultivo de alfalfa .....	16
2.9 Factores que afectan el rebrote de los forrajes .....	17
2.9.1 Meristemos de crecimiento .....	18

2.9.2	Reservas de carbohidratos .....	19
2.9.3	Disponibilidad de agua.....	19
2.9.4	Frecuencia e intensidad de corte .....	21
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
3.1	Descripción del área experimental .....	22
3.2	Metodología experimental .....	22
3.4	Variables evaluadas .....	23
3.4.1	Rendimiento de forraje .....	23
3.4.2	Composición botánica – morfológica (CBM).....	23
3.4.3	Relación: hoja/tallo .....	24
3.4.4	Altura de la planta.....	24
3.4.5	Radiación solar interceptada.....	25
3.4.5	Peso de tallo individual .....	25
3.4.6	Peso de hoja por tallo .....	26
3.5	Análisis estadístico.....	26
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>27</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>39</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.).....	4
<b>Cuadro 2.</b> Plagas y enfermedades del cultivo de alfalfa.....	17
<b>Cuadro 3.</b> Manejo de defoliaciones de dos variedades de alfalfa (Premium y Cuf-101), durante cuatro años de establecidas, en el Sureste de Coahuila, México .....	23
<b>Cuadro 4.</b> Valores promedio de dos variedades de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) a cuatro años de establecidas, en el Sureste de Coahuila, México.....	28
<b>Cuadro 5.</b> Variables analizadas (kg MS ha <sup>-1</sup> ) en dos variedades de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) a cuatro años de establecidas, cosechada a diferentes intervalos de corte dependiendo de la estación (Cuadro 3), en el Sureste de Coahuila, México .....	45
0	
<b>Cuadro 6.</b> Composición Botánica-Morfológica (kg MS ha <sup>-1</sup> ) en dos variedades de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) a cuatro años de establecidas, cosechada a diferentes intervalos de corte dependiendo de la estación (Cuadro 3), en el Sureste de Coahuila, México.....	51
<b>Cuadro 7.</b> Composición Botánica-Morfológica (%) de dos variedades de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) a cuatro años de establecidas, cosechada a diferentes intervalos de corte dependiendo de la estación (Cuadro 3), en el Sureste de Coahuila, México .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características morfológicas de la alfalfa.....	7
Figura 2. Var premium de alfalfa (Portillo, 2024).....	10
Figura 3. Var Cuf-101 de alfalfa (Nielson y Lehman, 1977).....	11
Figura 4. Valores promedio de dos variedades de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) a cuatro años de establecidas, en el Sureste de Coahuila, México. CLI= Corte ligero (21 días), COP= Corte óptimo (28 días), CSE= Corte severo (35 días).....	31
Figura 5. Composición morfológica de dos variedades de alfalfa a cuatro años de establecida y manejada bajo diferentes intervalos de corte estacionales CLI = Corte ligero, COP = Corte óptimo, CSE = Corte severo. RMST = Rendimiento de materia seca total.....	37

## I. INTRODUCCIÓN

La industria lechera en México se ha desarrollado en gran escala, de tal forma, que ahora se tiene el problema de abastecer de forraje de calidad para sostener su ritmo de producción y crecimiento. Ante esto, la alfalfa presenta alternativas de solución, pues es un cultivo que posee alta capacidad productiva, y alta producción de forraje todo el año. Se adapta a diferentes condiciones edáficas, fija en el suelo grandes cantidades de nitrógeno atmosférico, mejorando la estructura del mismo, con lo cual ayuda a su mejor aireación y drenaje. Es uno de los cultivos forrajeros más importante, debido a su alto valor nutricional que aporta hacia el ganado, ofrece alta calidad de nutrientes, por lo que, se considera de excelente calidad forrajera. La composición nutricional de la alfalfa oscila entre un 22 % de contenido proteico y un 70 % de digestibilidad. Así mismo, es aceptada por el ganado, de fácil manejo, por tanto, se utiliza principalmente para la alimentación del ganado bovino lechero y para la elaboración de alimentos concentrados para diferentes especies, así como aves, caballos, cerdos, entre otros debido a su alta producción (Barrera, 2005).

Hay que destacar en cuanto a su manejo, que la cosecha de alfalfa se produce de manera ininterrumpida a lo largo del año, siendo mayor en el periodo abril – septiembre. Su persistencia promedio es de tres años, debido al interés de realizar una alta frecuencia de cosecha, 9 a 11 cortes por año (Améndola *et al.*, 2005). El nivel más bajo de reservas de la planta generalmente ocurre alrededor de dos a tres semanas después de la defoliación, cuando las plantas alcanzan 15 a 20 cm de altura, por lo que en esta etapa no se aconseja el pastoreo o corte. A partir de este momento, y en la medida que las plantas continúen su crecimiento vigoroso, las reservas en la raíz se recuperan rápidamente (Dianti, 2017). Sin embargo, al igual que en la mayoría de las plantas destinadas para forraje, el rendimiento productivo de estas se ve influenciado por las condiciones abióticas y bióticas de cada estación. Por lo tanto, para llevar a cabo esta investigación se plantearon los siguientes objetivos.



## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo general

- Determinar el comportamiento de dos variedades de alfalfa al finalizar su ciclo de producción de cuatro años, y ser manejadas bajo intervalos de corte fijos definidos estacionalmente.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Evaluar el rendimiento de biomasa y sus componentes morfológicos de las variedades Premium y Cuf-101 de *Medicago sativa* L., cosechadas a diferentes intervalos de corte.
- ✓ Estimar la altura de la planta, peso de hoja por tallo individual, número de tallos, interceptación luminosa y rendimiento de la materia seca, de las variedades Premium y Cuf-101 de *Medicago sativa* L., a intervalos de corte definidos estacionalmente.

## 1.2 HIPÓTESIS

- ❖ Al menos una de las variedades será superior a la otra en el comportamiento productivo a cuatro años de establecidas.
- ❖ La hoja será el componente que mayor aporte hará al rendimiento total de materia seca, seguida por el tallo, material muerto y maleza.
- ❖ Un intervalo óptimo de 28 días para primavera y verano, 35 en otoño y 42 en invierno favorecerá el buen comportamiento de las variedades de alfalfa.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen

Es originaria del Imperio Persa, abarcando países como Turquía, Siria, Irán, Irak, Afganistán parte de Pakistán y Cachemira. Los persas la cultivaban para dar de comer a los caballos. Existen escritos romanos que relatan con abundante detalle, la importancia, cultivo y forma de explotación de la alfalfa, pues era un complemento de gran relevancia para el mantenimiento de los animales. No obstante, al caer el Imperio Romano, la siembra desapareció de Europa (Alvarez, 2024). Por otro lado, según (Sitio Argentino de Producción Animal, 2014). Se originó en la zona del Cáucaso, Turquestán, pasando a la Mesopotamia (hoy Irán) y Siberia. En excavaciones arqueológicas se encontraron rastros que indicaban que hacía más de 3.300 años ya se utilizaba como alimento para el ganado. Nombre común en América del Norte para "alfalfa", 1845 del español *alfalfa*, anteriormente *alfalfez*, según fuentes ibéricas, proviene del árabe *al-fisfisa* "alimento fresco". Watkins dice que en última instancia proviene de un compuesto antiguo iraní *\*aspa-sti-* "alfalfa" (Harper, 2023).

### 2.2 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 (Mielga *et al.*, 2005).

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de la alfalfa (*Medicago sativa* L.).

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

Fuente: (Delgado Serna, 2021).

### 2.3 Descripción morfológica

La morfología botánica es la ciencia que estudia la forma de las plantas, abarcando tanto la morfología general como la experimental. La primera incluye principalmente a la organografía, que es la descripción de la forma de los distintos órganos vegetales (Sanderson y Wedin, 1989).

**Semilla:** El fruto, que recibe en este caso el nombre de legumbre, da origen a las semillas. Estas poseen generalmente forma arriñonada y color amarillento, pero también se pueden encontrar semillas angulares y de coloración que varía desde la verde oliva a distintas tonalidades de marrón (Figura 1a). Las semillas, en estado maduro, tienen aproximadamente 1-2 mm de longitud por 1-2 mm de ancho y 1 mm de espesor. Están constituidas por el funículo, el tegumento (testa), el embrión y el albumen (Figura 1b). El funículo es el que mantiene unida la semilla al fruto; al secarse, se desprende y forma una cicatriz llamada hilio. El tegumento o testa es la 3ª capa externa que rodea al embrión y le brinda protección, siendo además el responsable del color de la semilla.

A medida que el desarrollo de la parte aérea de la plántula continúa, el talluelo se alarga y expone a los cotiledones por encima de la superficie del suelo (Figura 1c). Posteriormente, la plántula exhibe primero una hoja unifoliada y luego las hojas trifoliadas, también llamadas “verdaderas” (Figura 1g).

**Raíz:** En general, el sistema radical de la alfalfa es robusto y profundo, y su función principal es la absorción de agua. Si no existen impedimentos en el perfil de suelo, la raíz puede alcanzar los 2 a 5 metros en solo 2 a 4 años de vida (Figura 1f), de modo que la posibilidad de extraerla de las capas profundas del suelo le ha conferido a la alfalfa su reputación de tolerante a la sequía. La raíz principal de la planta emerge cerca del hilio y de ella puede o no partir un variado número de raíces secundarias o laterales. El sistema radical de la alfalfa puede clasificarse en cuatro tipos generales: raíz pivotante o típica (axonomorfa), ramificada, rizomatosa y rastrera (Espinosa *et al.* 2007). En alfalfas sin reposo invernal (GRI 8-11) mayoritariamente se observa la presencia de una raíz pivotante sin muchas ramificaciones.

**Tallo:** El tallo primario es cuadrado en su sección transversal y presenta estomas y pelos. No solo tiene crecimiento primario, sino que también posee un crecimiento secundario que da origen a un eje leñoso o porción perenne que forma parte de la corona. En su parte herbácea presenta nudos desde donde nacen las hojas. El número de los tallos depende de la edad y vigor de la planta y puede llegar hasta 20 (Figura 1h). El crecimiento de los tallos es inducido por su utilización (pastoreo o corte) o por un nuevo ciclo fisiológico de crecimiento (Haagenson *et al.*, 2003).

**Corona:** A medida que el desarrollo de la planta continúa, el conjunto de la parte basal de tallos nuevos y viejos forma, entre la parte aérea y la raíz, una estructura que recibe el nombre de corona (Figura 1i). Más adelante, en la planta adulta, la corona incluirá la porción perenne de los tallos. Además de su constitución morfológica es conveniente resaltar la importancia funcional de la corona como estructura almacenadora de sustancias de reserva y sede de yemas a partir de las cuales se producirán los rebrotes de la planta.

**Hoja:** Las hojas se unen al tallo por el pecíolo y son usualmente trifolioladas, vale decir que se componen de tres folíolos peciolulados. Los folíolos son normalmente oblongos u obovados, pero se pueden encontrar formas desde redondeadas a obovado-oblongas e incluso lineales (Figura 1j). Si bien la hoja trifoliada es la situación normal, se pueden encontrar hojas con 4 (tetrafoliadas), 5 (pentafolioladas) o más folíolos y que – por ello– reciben el nombre genérico de hojas multifolioladas (Figura 1k). Mucho más raros son los casos de hojas con folíolos divididos en lóbulos, o con colores distintos al verde (moteadas, amarillas, etc.).

**Flor:** La flor se desarrolla cuando el ápice del tallo pasa del estado de crecimiento vegetativo al reproductivo. Este cambio, que se llama transición, comienza con la aparición de una protuberancia en la axila del primordio foliar, adyacente al ápice del tallo. De cada primordio se origina una inflorescencia en forma de racimo simple (Figura 1l y 1m). La flor es generalmente de color púrpura, con extremos que van desde el violeta claro al morado oscuro. También se pueden encontrar flores blancas, azuladas, amarillas y variegadas, que son mezclas de colores o tonalidades que van cambiando a medida que la flor se desarrolla (Burkart, 1952).

**Fruto:** El fruto de alfalfa es del tipo legumbre o vaina, monocarpelar, seco e indehiscente, generalmente alargado y comprimido, con las semillas 52 alineadas en la hilera ventral. La vaina, por encorvamiento, desarrolla una espiral que generalmente posee 1 espira con autofecundación y 3 a 5 vueltas con fecundación cruzada (Alfalfa, 2005) (Figura 1n). La dirección de la espira puede ser dextrógira (en sentido horario) o levógira (en sentido antihorario). Cada fruto contiene un número variable de semillas arriñonadas: 2-3 con autofecundación y alrededor de 9 semillas con fecundación cruzada (Echeverría *et al.*, 2022).



**Figura 1.** Características morfológicas de la alfalfa. **a)** Formas y colores de semilla. **b)** Partes de la semilla de alfalfa (Ibañes, 1977). **c)** Germinación de la semilla (Gómez *et al.*, 2022). **d)** Primeras etapas de desarrollo vegetativo, **e)** Raíces de alfalfa de 2 años (Basigalup, 2007). **f)** Distintos tipos de raíces de alfalfa: Adaptado de (Goplen *et al.*, 1980). **g)** Tallos con nudos (Teuber *et al.*, 2017). **h)** Fases iniciales de la formación de la corona (Telkamp, 1981). **i)** Diferentes partes constitutivas de coronas (Stewart, 1926). **j)** Distintas formas de folíolos en hojas trifolioladas (Hijano *et al.*, 2001). **k)** Hojas multifolioladas (Pipit-Muliyah *et al.*, 2020). **l)** Inflorescencia de la alfalfa (Haedo *et al.*, 2022). **m)** Algunos colores de flor de alfalfa (Ramírez-Navarro *et al.*, 2020). **n)** Distintos momentos en la evolución del fruto (Chen *et al.*, 2024).

## **2.4 Adaptabilidad de la especie**

La alfalfa es una especie que se adapta a una gran variedad de climas, encontrándose praderas de este forraje en altitudes comprendidas entre 700 y 4000 m, con temperaturas que oscilan entre los 15 a 25 °C en el día y de 10 a 20 °C en la noche (Flores, 2015). Se considera a esta leguminosa, como una especie de días largos, y en aquellas regiones en donde el fotoperiodo es mayor a 12 horas, su floración es más abundante (Jo, 2015). Tiene una baja tolerancia al encharcamiento, en cambio, muestra resistencia a la sequía debido a su sistema de raíces que le permite acceder al agua en profundidades significativas. Al igual que todas las plantas leguminosas, requiere una cantidad notable de calcio y magnesio para su desarrollo (Kyrkby y Römheld, 2007). El pH ideal para esta planta es de entre 6.5 y 7.0, en caso de presentar un pH más ácido es recomendable aplicar calcio. Puede experimentar fases de inactividad durante los períodos de sequía, solo retomando su crecimiento cuando las condiciones de humedad vuelven a ser propicias para su desarrollo. Como en el caso de las otras leguminosas puede desarrollar en su sistema radicular una simbiosis con bacterias *Rizobium* que le permiten hacer uso directo del nitrógeno del aire para la síntesis de proteína (Dammer, 2006).

## **2.5 Importancia del cultivo**

La alfalfa es un gran cultivo de gran importancia, debido a su gran cantidad de proteínas, fibra, vitaminas y minerales; así como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo conservacionista de la fauna. Además de la importante reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo y para los siguientes en las rotaciones de las que forma parte (Cedeño y Carrero, 2019). Al ser este un forraje que se adapta a diferentes tipos de climas áridos, semiáridos y templados. Tiene presencia en diferentes estados de la república mexicana (Uddin *et al.*, 2020). Los principales estados productores del país son Chihuahua, Coahuila, Durango, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Puebla, en todos los estados mencionados, utilizan sistema de riego (de la Cruz, y Lozada, 2018).

## 2.6 Descripción de las variedades

La decisión más importante que un productor de forraje tiene que tomar, es la elección de la o las variedades las cuales presenten la mejor adaptación y que reúnan los requerimientos nutricionales del animal. Se han realizado varias pruebas para evaluar su comportamiento en diferentes regiones del mundo, debido a que el rendimiento y calidad de las leguminosas forrajeras son afectados fácilmente por factores ambientales. Es indudable que, para aproximarse al potencial productivo, el productor deberá complementar las buenas características varietales con un adecuado sistema de manejo del cultivo (Rebuffo *et al.*, 2017). Los cultivares de *Medicago sativa* L. se clasifican de acuerdo con su reposo invernal, una característica genética que le permite mantenerse en estado latente durante el periodo de bajas temperaturas y heladas invernales, previa acumulación de reservas de carbohidratos en la raíz y corona que facilitarán el posterior rebrote en la primavera.

**Tipo sin latencia:** Los cultivares sin latencia tienen posibilidades de crecer todo el año, aunque las mayores tasas de crecimiento se obtienen en primavera, cuando las condiciones ambientales son más favorables. Están especialmente recomendados para el pastoreo directo, son de corona chica y menor persistencia que los otros grupos. Ej. Monarca SP INTA.

**Tipo latencia intermedia:** Los cultivares con latencia intermedia tienen menores tasas de crecimiento en invierno y la floración es más tardía. Están recomendados tanto para pastoreo directo como para hacer reservas de heno. Las plantas son de corona grande y mayor persistencia que los tipos sin latencia. **Tipo con latencia:** Los cultivares con latencia invernal producen menos forraje en otoño y prácticamente nada en invierno, ya que el rendimiento se concentra en primavera y verano. Responden a los días cortos disminuyendo el crecimiento, con tallos más cortos y hojas más pequeñas, transformándose en una planta rastrera, de forma arrosetada. Son de corona grande, buena persistencia, y floración tardía (Alverto, 2024).



### 2.6.1 Variedad Premium

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



**Figura 2.** Var premium de alfalfa (Portillo, 2024).

### 2.6.2 Var Cuf-101

Desarrollada en USA. Buena adaptación en valles interandinos del Ecuador principalmente, sobre 3000 msnm; prospera bien en climas secos y desérticos (Oñate, 2019). 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 (Montecillo y Ciencias, 2011). 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 3.** Var Cuf-101 de alfalfa (Nielson y Lehman, 1977).

## **2.7 Rendimiento estacional del forraje**

El desarrollo de las plantas es un incremento irreversible en su tamaño y peso mediante la formación de nuevo tejido, ya sea en tallos, hojas o raíces, a lo largo del tiempo. Este proceso, también conocido como el incremento en la masa de la planta, se puede describir como un fenómeno cuantitativo, expresado en términos de aumento de longitud o diámetro del cuerpo vegetal, así como en peso. Siendo resultado de diversas interacciones del clima con las especies vegetales, suelo y prácticas de manejo (Rojas *et al.*, 2019).

Las diversas variedades de alfalfa presentan combinaciones únicas de caracteres genéticos, y su rendimiento potencial tiende a manifestarse de manera diferente según las condiciones ambientales específicas en las que se desarrollen. No hay una variedad adecuada para todas las condiciones de producción, la selección adecuada de una variedad depende de las combinaciones de factores climáticos, edáficos, prácticas de manejo y el método de aprovechamiento de la pastura, ya sea a través de corte o pastoreo (Maruniak, 1966). El desarrollo y rendimiento de las plantas forrajeras, se determinan a través de la cantidad de forraje producido. Además, se destaca que el incremento de la temperatura incide en la respiración de la planta, resultando en un doble aumento de la producción de anhídrido carbónico por cada 10 °C que aumenta la 9 temperatura. Esta tendencia se mantiene efectiva hasta llegar a los 45 °C, promoviendo

así el aumento en la formación de materia orgánica en la planta. Hay diversos factores que influyen en la magnitud del crecimiento de una pradera, como la frecuencia y severidad de cosecha, crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, prácticas de fertilización, tipos de suelo y clima (Valencia *et al.*, 2019).

Las hojas desempeñan un papel muy importante en el crecimiento de la planta, siendo la luz un factor determinante. La cantidad de hojas influye directamente en la capacidad de la planta para interceptar la luz solar. Cuantas más hojas tenga, mayor será la cantidad de luz capturada, lo que resulta en un mejor crecimiento y rendimiento de la MS, al igual que la disponibilidad de nutrientes y agua (Villegas *et al.*, 2006).

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

### **2.8.1 Radiación solar**

La producción de biomasa total es una función de la radiación solar fotosintéticamente activa incidente (RFAinc), de la eficiencia con la que el cultivo la intercepta y la eficiencia con que la planta utiliza la energía interceptada (EUR) para convertirla en materia seca. Tanto la eficiencia de intercepción como la RFA interceptada (RFAint) tienen una relación directa con el Índice de Área Foliar (Guzmán *et al.*, 2007). De igual manera la variación estacional en la producción de forraje se atribuye a la radiación solar. En climas templados, la mayor producción se encuentra en verano, debido a que en esta estación la cantidad de radiación solar es mayor y permite un mayor crecimiento de la planta (Morales *et al.*, 2006).

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

Por otro lado la pérdida de la cobertura vegetal trae como consecuencia el aumento de la radiación solar que llegan al dosel modificando la temperatura y humedad atmosférica del suelo impactando sobre los procesos germinativos, de crecimiento y desarrollo de plantas heliófilas (Padrón *et al.*, 2020).

### **2.8.2 Temperatura**

La alfalfa detiene su crecimiento cuando la temperatura es menos 12° C. Por esta razón, se debe tener en cuenta que se necesita un número suficiente de días para permitir el desarrollo de su tercera hoja trifoliada, antes que la alfalfa detenga su crecimiento por falta de temperatura. En nuestras condiciones, si se optara por una siembra de otoño, debería efectuarse, al menos, con 25-30 días de anticipación a la presencia de las primeras heladas. Es decir, desde mediados de marzo hasta los primeros días de abril. La velocidad con que la semilla de alfalfa absorbe agua y se hincha, así como la rapidez con que aparecen la radícula y el hipocótilo, son marcadamente afectadas por la temperatura. A una temperatura constante de 5°C, se obtiene un 50% de la germinación a los 9 días postsiembra. En cambio, a 20°C la mitad de la germinación se obtiene a los 2 días postsiembra. El crecimiento de postemergencia de la alfalfa, se ve favorecido con temperaturas entre 20° y 30°C, lo cual da como resultado una rápida expansión de las primeras hojas trifoliadas. A las seis semanas de crecimiento, las temperaturas más bajas, entre 15-20°C, son más favorables para la alfalfa (Soto, 2001).

La germinación de la semilla de alfalfa comienza a temperaturas de 2 a 3 °C, siempre que las condiciones ambientales lo permitan. A medida que la temperatura aumenta, el proceso de germinación se acelera, alcanzando su punto óptimo entre 28 y 30 °C. Temperaturas superiores a 38 °C resultan letales para las plántulas. Algunas variedades de alfalfa son capaces de tolerar temperaturas muy bajas, llegando incluso hasta los -10 °C. La temperatura media anual para la producción forrajera se sitúa alrededor de los 15 °C, con un rango óptimo de 18 a 28 °C, dependiendo de las diferentes variedades (Baldrich, 2008).

### 2.8.3 Humedad

La alfalfa se clasifica dentro del grupo de las plantas C3, las cuales se destacan por tener baja eficiencia en el uso del agua. Se requieren de 700 a 800 kg de agua para producir un kg MS (de Muslera *et al.*, 1983). Para el crecimiento de las plantas, la humedad que se encuentra disponible en el suelo tiene gran influencia para poder realizar los procesos metabólicos. Tanto la falta como el exceso de agua pueden generar estrés hídrico en las plantas, evitando que desarrolle bien su crecimiento y los distintos procesos a realizar (Aranjuelo *et al.*, 2011). El exceso de humedad reduce la capacidad de aireación del suelo, resultando en un sistema radical amarillento y plantas con coronas pequeñas. Un suelo excesivamente húmedo puede ocasionar daños a las plántulas y pérdidas debido a diversos patógenos. Si esta condición persiste durante períodos prolongados o se encuentra el cultivo en plena estación productiva, los rendimientos se ven afectados negativamente, debido al alto porcentaje de plantas que mueren al no poder respirar adecuadamente a través de las raíces (Muslera *et al.*, 1983).

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

Por otro lado, en el norte de México los requerimientos de agua para el cultivo de alfalfa son de 1.40 m por año, pero se aplica una lámina de agua de 2.5 m, lo que representa una extracción adicional de 352 millones de  $m^3$ , si se considera la superficie destinada a este cultivo (Medina-García *et al.*, 2020). En el Valle de Cuatrociénegas, Coahuila, México, los cultivos de alfalfa absorben gran parte del agua de sus acuíferos y a esto se atribuye la sequedad de las lagunas de esta área natural protegida; por consiguiente, el uso ineficiente del agua de riego en la alfalfa es el principal factor

relacionado con el abatimiento del manto acuífero, cuyo descenso anual es de 2.1 a 7.0 m al año (Laredo-Alcalá *et al.*, 2023).

#### **2.8.4 Suelo**

El cultivo de la alfalfa se desarrolla óptimamente en suelos profundos, sanos y bien drenados. En estas condiciones, la planta puede ofrecer cosechas abundantes, incluso en climas con escasa precipitación. Al describir las características botánicas de la alfalfa, se hace hincapié en su extenso sistema de raíces, lo que la hace resistente a la sequía. Durante períodos de escasez, la planta tiene la capacidad de extraer el agua necesaria de las capas más profundas del suelo. La alfalfa no es aconsejable en suelos menos de 60 centímetros de profundidad (Undersander *et al.*, 2023). La profundidad de arraigamiento de la alfalfa determina requisitos básicos que debe cumplir el suelo para tener aptitud para la alfalfa. Su profundidad debe ser de más de un metro, siendo imprescindible la ausencia de capas impermeables de tosca que impidan la penetración de las raíces y que, por otra parte, dificulten el drenaje interno, manteniendo el nivel freático en invierno a menos de 60 cm de la superficie del suelo. La mayor profundidad radicular que alcance la alfalfa, al no tener impedimento para su desarrollo, le permitirá explorar un mayor volumen de suelo para obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo, y lograr una mejor tolerancia a la sequía, que se traducirá en altos niveles de producción. Una capa freática en el ámbito de las raíces produce asfixia de éstas, provocando muerte por pudrición. Ello se traduce en bajo rendimiento y debilitamiento de las plantas y, por ende, una mayor susceptibilidad a enfermedades radicales y foliares (Soto., *et al* 2000).

La producción en suelos salinos representa un desafío global, especialmente en regiones áridas y semiáridas. Estos suelos tienen menor fertilidad y afectan la calidad de los cultivos. El cambio climático agrava estos problemas, creando escenarios que requieren estrategias de manejo para la sostenibilidad agrícola. La alfalfa, principal leguminosa forrajera en Argentina por sus características nutricionales, no solo fija nitrógeno atmosférico, sino que también mejora el suelo y es esencial para la producción

sostenible. Dada la naturaleza perenne de este cultivo y las fluctuaciones espaciales de las sales en el suelo. La selección de plantas tolerantes al estrés salino durante la germinación y la emergencia de plántulas favorece el establecimiento en suelos problemáticos (Medina-García *et al.*, 2020).

Esta especie requiere de un pH del suelo de 6.5 a 7.5, ya que valores inferiores a 5.8 afectan su capacidad de la absorción de nutrientes, mientras que niveles superiores a 8.5 favorecen la aparición de enfermedades en el suelo. El pH ideal para el crecimiento de la alfalfa es de 7.2, ya que valores más bajos (ácidos) generan complicaciones en la nodulación de *Rhizobium meliloti*, un proceso que no ocurre con pH por debajo de 5.0, disminuyendo significativamente su eficiencia en la fijación de nitrógeno atmosférico, afectando la absorción de iones de calcio, así como se incrementa la toxicidad debido a la presencia de iones de aluminio y manganeso. El rendimiento de la especie depende mucho del factor suelo, en terrenos pesados la profundidad está comprendida entre 1.0 y 1.25 m, en terrenos ligeros o arenosos la profundidad se recomienda no exceda los 2.5 m (Asiva. N, 2015).

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

La alfalfa, como cultivo, tiene una duración en el suelo de entre 3 y 5 años, y en ocasiones puede extenderse incluso por un período más prolongado. Esto propicia un ambiente estable para que los artrópodos se establezcan, se alimenten y se reproduzcan en el cultivo. A pesar de la frecuente cosecha de la alfalfa, este fenómeno persiste. Existen diversos grupos funcionales, algunos de ellos herbívoros, entre los cuales solo unos pocos podrían considerarse plagas potenciales, capaces de ocasionar pérdidas económicas en la producción del cultivo (Orloff y Putnam, 2004).

**Cuadro 2.** Plagas y enfermedades del cultivo de alfalfa

(Hongos, bacterias y virus)	
Nombre científico	Nombre común
<u><i>Rhizoctonia violacea, R. solani</i></u>	Mal vinoso
<u><i>Uromyces striatus</i></u> -	Roya de la alfalfa
<u><i>Pseudopeziza medicaginis</i></u>	Viruela de las hojas
<u><i>Verticillium albo-atrum</i></u>	Verticilosis
<u><i>Sclerotinia trifoliorum</i></u>	Podredumbre blanca
<u><i>Peronospora trifoliorum</i></u>	Mildio de la alfalfa
<u><i>Erysiphe polygoni</i></u>	Oidio de la alfalfa
<u><i>Colletotrichum trifolii</i></u>	Antracnosis
Plagas	
( <i>Sminturus viridis</i> )	pilguilla
( <i>Aphis medicaginis</i> , <i>A. laburni</i> , <i>Terioaphis maculata</i> , <i>T. trifoli</i> , <i>Acyrtosiphon pisum</i> )	pulgones
( <i>Phytonomus variabilis</i> )	Gusano verde
( <i>Colaspidema atrum</i> )	Gusano negro o cuca
( <i>Apion pisi</i> , <i>A. apricans</i> )	Apión
( <i>Contarinia medicaginis</i> , <i>Asphondylia miki</i> , <i>Dasyneura medicaginis</i> , <i>D. ignorata</i> )	Mosca de la alfalfa
( <i>Frankliniella</i> sp.)	Trips
( <i>Tetranychus</i> sp.)	Ácaros
( <i>Ditylenchus dispaci</i> , <i>Pratylenchus penetrans</i> , <i>Meloidogine</i> sp., <i>Trichodorus</i> sp.)	Nemátodos

Fuente: (Flores Delgado, 2015).

## 2.9 Factores que afectan el rebrote de los forrajes

El rebrote de los forrajes se refiere a la aparición y acumulación progresiva de nuevo material a nivel del suelo después de haberse llevado a cabo una cosecha completa (Chapman y Lemaire, 1993). La capacidad que posee una pradera para



producir materia seca, depende de la disponibilidad de nutrientes, agua y, principalmente, del grado de intercepción de la radiación solar por la lámina foliar (Horrock *et al.*, 1999), con el aumento de la cantidad de hojas, se tiene una mayor intercepción de luz, pero las hojas en los estratos inferiores reciben menor intensidad y calidad de luz, por lo que provocan la reducción del crecimiento o de la tasa de asimilación neta; por ello, el mayor rendimiento de los forrajes, coincide con el mayor índice de área foliar y la mayor masa foliar verde (A. Rojas *et al.*, 2016). Numerosos elementos influyen en la capacidad de rebrote, entre los cuales se incluyen factores climáticos, reservas de carbohidratos, hormonas, disponibilidad de nutrientes, área foliar para la fotosíntesis y la competencia entre las plantas. La actividad fotosintética disminuye cuando las plantas son despojadas de sus hojas, y la cantidad y tipo de tejido removido se ven afectados, disminuyendo así su capacidad de rebrote (Briske, 1991). Para alcanzar un desarrollo óptimo de la planta después de la defoliación, se le consideran como objetivos que incluyan la restauración y el mantenimiento del crecimiento homeostático, siempre y cuando la planta disponga de los recursos necesarios para ser utilizados de manera equilibrada, adaptándose a sus requerimientos específicos (Mendoza Pedroza, 2008). Sin embargo, (Alcántar González *et al.*, 2022) consignaron que la adquisición de recursos ambientales (luz, CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad), depende de la proporción de hojas, tallos y raíces de las plantas que, mediante los procesos fisiológicos de fotosíntesis, absorción de agua y nutrimentos, crecimiento y desarrollo, determinan la productividad de las plantas y su rebrote.

### **2.9.1 Meristemos de crecimiento**

Adelaido *et al.* (2019) mencionan que después de una cosecha, el rebrote de las especies forrajeras ocurre por traslocación de carbohidratos de raíces y base de tallos, a los meristemos de crecimiento; de esta manera, en algunas especies, los cortes severos reducen considerablemente la disponibilidad de carbohidratos, provocando que la tasa de rebrote sea lenta y que la pradera sea invadida por maleza. Por su parte, (Garcidueñas, 1993) reportó que el rebrote rápido se debe a la presencia de regiones celulares de las plantas, formados por células que, perpetuamente, son embrionarias, pero cuya multiplicación y diferenciación se forma del resto de los tejidos. Según Asagir

*et al.* (2003) afirma que se puede distinguir entre meristemos primarios, de los que depende el crecimiento de longitud y meristemos secundarios, que producen engrosamiento de tallos y raíces. 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, que son capaces de producir auxinas, necesarias para promover el desarrollo de nuevo tejido foliar y radicular.

### **2.9.2 Reservas de carbohidratos**

De acuerdo con Heitschmidt *et al.* (1991) las reservas de carbohidratos, la cantidad y tipo de tejido removidos (tejido remanente y meristemos de crecimiento), son los factores más importantes, que determinan el impacto de la defoliación en la planta y las características que regulan su posterior recuperación. Las reservas de carbohidratos y nitrógeno (N), en varias partes de la planta, han sido consideradas, tradicionalmente, una fuente importante de nutrimentos para iniciar el rebrote después de una defoliación (Garcidueñas *et al.*, 1985). El crecimiento inicial, con frecuencia, depende de la movilización de reservas de N y Carbohidratos no estructurales (CNE) almacenadas en raíces y coronas. El grado con el cual la movilización de CNE y N contribuyen al rebrote, depende de las concentraciones internas y externas de CO<sub>2</sub> y del suministro de N (Skinner *et al.*, 1999). La utilización de carbohidratos de reserva en el proceso de rebrote está influenciada por la severidad de la cosecha, la capacidad fotosintética de las hojas remanentes y las condiciones ambientales para la fotosíntesis durante el crecimiento. A medida que se produce el rebrote de la alfalfa, las reservas de carbohidratos disminuyen, coincidiendo con la generación de la nueva parte aérea. El desarrollo de la alfalfa también está condicionado por la cantidad y tamaño de las yemas presentes en el área foliar remanente (Oñate, 2019).

### **2.9.3 Disponibilidad de agua**

En la alfalfa la humedad disponible del suelo influye, mayormente, en el crecimiento de plántulas. Una buena disponibilidad de humedad en el suelo, durante el estado de

plántula es importante, pero los excesos de humedad reducen la aireación del suelo y pueden resultar en 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 (Alonso Rivera, 2007). La alfalfa requiere administración hídrica de forma fraccionada, ya que sus necesidades varían a lo largo del ciclo productivo. Los cultivos establecidos, como norma general, deben recibir de 1100 a 1200 mm ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, ya sea, en forma de riego o de lluvias (Allen, 2006). La humedad, son suficientes de 600 a 700 mm anuales de lluvias bien repartidas. La alfalfa requiere la administración hídrica de forma fraccionada, ya que sus necesidades varían a lo largo del ciclo productivo. Si el aporte de agua está por 10 11 encima de las necesidades de la alfalfa disminuye la eficiencia de la utilización del agua disponible. El aporte de agua en caso de riego por inundación es de 1.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. En riego por aspersión será de 880 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Bonifaz, 2018). Se considera que para producir un kg de MS por planta de alfalfa se necesitan 700 a 800 kg de agua, mientras que los cereales de invierno (cebada y trigo) solamente precisan de 500 a 600, y el maíz y trigo de 300 a 350 kg (Muslera *et al.*, 1983).

La cantidad de agua utilizada por la planta está condicionada por diversos factores, entre los que se incluyen el desarrollo del cultivo, la sanidad de la planta, la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua en el suelo. Durante el establecimiento del cultivo, se favorece la infiltración del agua superficial hacia el subsuelo, gracias a las raíces que actúan como canales de transporte (Guo *et al.*, 2019). La alfalfa genera una elevada generación de forraje, lo que implica la necesidad de cantidades significativas de agua para permitir que las raíces se extiendan hasta una profundidad de hasta tres metros. Se estima que, para lograr una producción adecuada de forraje, se requieren entre 450 y 500 mm de agua en climas frescos de montaña, mientras que, en climas cálidos, áridos y desérticos, el rango se sitúa entre 1,200 y 1,400 mm (Duarte, 2002). El uso del sistema de riego por goteo (RGS) permite un ahorro de agua entre el 30% y el 50% en comparación con métodos como el riego de aspersión e inundación. En este sistema se aplica agua en volumen bajo, evitando pérdidas por evaporación directa del suelo y percolación profunda. Durante la aplicación del riego por goteo, se busca mantener la

capa superior del suelo prácticamente seca, con el objetivo de reducir la evaporación directa y prevenir la proliferación de malezas (Wang *et al.*, 2018).

#### **2.9.4 Frecuencia e intensidad de corte**

Hodgson, (1979) consigna que, para el manejo de especies forrajeras, y maximizar su productividad, se requiere conocer su comportamiento ante la cosecha periódica por corte o pastoreo. La frecuencia y severidad de cosecha de las plantas forrajeras determinan el rendimiento de forraje por unidad de superficie y la contribución de cada especie forrajera. Se entiende por frecuencia de cosecha al intervalo en tiempo entre un corte y el siguiente, o bien el número de cortes realizados en una pradera en un período de tiempo determinado, generalmente, en una estación o durante todo el año (Spedding, 1971). El lapso de tiempo entre un corte y el siguiente se define como la frecuencia de corte aplicada a la planta. Del mismo modo, la cantidad total de cortes efectuados en un periodo específico se determina para establecer el rendimiento de forraje por unidad de superficie (Mendoza-Pedroza, 2008). Para lograr una producción adecuada de alfalfa, es esencial prestar atención tanto al buen rendimiento como a la persistencia elevada. Esto permitirá obtener forraje de alta calidad en cantidades superiores, y al mismo tiempo, asegurar una mayor durabilidad en las praderas (Teixeira *et al.*, 2009). Los cortes de alfalfa requieren de un balance entre la calidad, rendimiento y persistencia de la pradera. El corte para heno, en un estado temprano (final de botón e 18 inicios de floración), es más alto en los componentes de calidad, es más apetecible y su consumo es mayor, que el del heno más maduro; así mismo, los cortes, varían entre y dentro de las etapas fenológicas de la planta y se relacionan con las condiciones climáticas y el uso de forraje. En general, el estado ideal entre las necesidades de calidad y rendimiento de forraje, son cortas cuando éstas están cambiando del estado vegetativo con abundante hoja, al reproductivo. El período final de botón a inicio de floración, resulta en una aceptable producción de alta calidad alimenticia (Valencia *et al.*, 2019).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área experimental

La investigación fue realizada durante la estación de invierno (14 de enero del 2023 al 11 de febrero del 2023, 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 1,786 m.s.n.m. El clima del lugar es templado semiseco, con una temperatura promedio de 18 °C. Durante los inviernos, se experimentan condiciones extremas, promediando temperaturas máximas que superan los 18 °C, aunque se registran mínimas que descienden por debajo de los 0 °C. El promedio anual de precipitación en la zona es de 340 mm ( Red Universitaria Observaciones Admosfericos, 2024).De acuerdo con los resultados de laboratorio, el suelo presentó una textura migajón arcilla- arenoso, con una densidad aparente de 1.25 g cm<sup>3</sup>, pH 7.38, conductividad eléctrica, 0.530 MS/cm y un porcentaje de materia orgánica del 3.026 %.

#### 3.2 Metodología experimental

El estudio se llevó a cabo en nueve parcelas de 9 m<sup>2</sup>, (3 x 3 m) experimentales el 13 de enero de 2023. Dichas parcelas tenían cuatro años de establecidas (5 de febrero de 2019-13 de enero de 2023). La siembra fue realizada con el método de voleo, con una densidad de siembra de 22 kg SPV ha<sup>-1</sup>. Se llevaron a cabo riegos cada 15 días a capacidad de campo. Se estudiaron las variedades Premium y Cuf-101 de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Cada variedad estuvo sometida a tres intervalos de cosecha: Corte severo (CSE), Corte Óptimo (COP) y Corte Ligero (CLI), considerando el COP como testigo, de acuerdo con la literatura citada (Mendoza-Pedroza, 2008). Los intervalos de corte (días de rebrote) considerados fueron de acuerdo con la estación a una intensidad de 5 cm de altura residual (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Manejo de defoliaciones de dos variedades de alfalfa (Premium y Cuf-101), durante cuatro años de establecidas, en el Sureste de Coahuila, México.

Estación	Intervalo de corte		
	CSE	COP	CLI
Primavera	21	28	35
Verano	21	28	35
Otoño	28	35	42
Invierno	35	42	49

Intervalos de cosecha: Corte Severo (CSE), Corte Optimo (COP) y Corte Ligero (CLI), considerando el COP como testigo.

### **3.4 Variables evaluadas**

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

El rendimiento de forraje determinó cosechando la vegetación existente dentro de un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup> (50 x 50 cm), seleccionado al azar en cada repetición. El corte de planta se realizó a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. El forraje obtenido en cada intervalo de corte se colocó en bolsas de papel previamente etiquetadas. Después, el material fue sometido a un proceso de secado en una estufa de aire forzado de tipo POM246F SERIAL No. P6-800, a una temperatura de 55 °C durante un periodo de 72 horas hasta alcanzar un peso constante, de esta manera se registró el peso correspondiente de biomasa, con lo cual se determinó el rendimiento por unidad de superficie (kg MS ha<sup>-1</sup>).

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

La composición botánica y morfológica se estipulo utilizando una submuestra de aproximadamente un 10 % del forraje utilizado para el rendimiento de forraje, agrupando por cada componente, en hoja, tallo, material muerto, inflorescencia y maleza. Cada

componente se situó por separado en bolsas previamente etiquetadas para someterla a un secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C hasta obtener peso constante. Para tener un peso más exacto, se utilizó una báscula analítica para pesar las muestras, secas de cada uno de los componentes botánico-morfológicos, teniendo registrado estos pesos, se calculó la composición botánica-morfológica y el aporte de rendimiento decada componente en porcentaje y kg MS ha<sup>-1</sup>, utilizando las siguientes formulas:

$$CM (\%) = \frac{[\text{Peso total del componente}]}{\text{Peso total de la CM}} \times [100]$$

$$\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} = \frac{[\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} \text{ componente}^{-1}]}{\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1}} \times [100]$$

### 3.4.3 Relación: hoja/tallo

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

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

Donde:

R = Relación:hoja/tallo.

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

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

### 3.4.4 Altura de la planta

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

### 3.4.5 Radiación solar interceptada

Para la determinar el porcentaje de luz interceptada se empleó el uso de la barra light o sensor de quantum de 70 cm de longitud, modelo PS-100, Apogee, Inst, Utah, USA, la cual se emplea de manera horizontal y con una orientación de norte – sur donde debe estar 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 las 12:00 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 el dosel, 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. Con los registros de estas lecturas se calculó el porcentaje de luz interceptada por repetición, utilizando la siguiente formula:

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

Dónde:

% LI = Porcentaje de luz interceptada.

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

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

### 3.4.5 Peso de tallo individual

Se tomaron muestras representativas de 10 tallos por repetición, los cuales fueron separados de las hojas y colocados en bolsas de papel identificadas. Luego, se sometieron a un proceso de secado, hasta que alcanzaron su peso constante. Se procedió a registrar el peso de los diez tallos, dividiendo después entre diez para obtener el peso por tallo individual en gramos de materia seca por tallo ( $\text{g MS tallo}^{-1}$ ).



### 3.4.6 Peso de hoja por tallo

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

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

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

Donde:

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

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

### 3.5 Análisis estadístico

Se aplicó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones para evaluar y comparar los intervalos de cosecha en el rendimiento productivo de las variedades de alfalfa Premium y Cuf-101. Se realizó un análisis ANOVA mediante el procedimiento GLM de SAS (Statistical Analysis System Versión 9.0 para Windows; SAS Institute, Cary NC. USA) y una comparación de medias con la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ).

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

Donde:

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

$\mu$  = Media general de la población estudiada

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

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

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.4 Variables productivas

En el Cuadro 3, se presentan los resultados de las variables evaluadas en dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivadas en el sureste de Coahuila, México a diferentes intervalos de cosecha, en la estación de invierno, dónde sólo se presentó diferencia ( $p < 0.05$ ; Tukey) en la variable de intercepción luminosa (IL), dónde la var. Premium con 50 % fue superior a la var Cuf 101 la cual solo registro un 41% de IL. Respecto a las demás variables no presentaron diferencias estadísticas entre variedades ( $p > 0.05$ ; Tukey). Por lo anterior, se pudo observar que no afecto al final del ciclo de producción, el intervalo de corte al RMS, AP, IL, PHT y NTC. En contraste con, Grandón *et al.* (2007) los primeros siete días de rebrote (DDR) con  $0.768 \text{ ton MS ha}^{-1}$ , fueron son menores al resto de los cortes. El mayor rendimiento de forraje se presentó a los 35 DDR con  $3.5 \text{ ton MS ha}^{-1}$ , siendo estadísticamente similar a los días 28, 42, y 49 días de rebrote. Donde se obtiene un promedio general de  $2.2 \text{ ton Ms ha}^{-1}$ . De igual manera, observaron un incremento del rendimiento a medida que aumentó la edad de rebrote de la planta. lo que indica que un corte severo (cortes a menores días de rebrote) si afecta la producción de materia seca. Por otra parte Rivas *et al.* (2020) obtuvieron un rendimiento de materia seca anual donde no mostro diferencias entre especies y entre años, donde otras variedades fueron las de mayor rendimiento anual. Los resultados de rendimiento de materia seca anual muestran que los mayores valores de biomasa se registraron en el primer año de establecida la pradera, para el segundo año, se observó una disminución en el rendimiento de materia seca de forraje que se recuperó en el tercer año. El RMS de las praderas va decayendo con el paso de los años. Por otro lado Álvarez-Vázquez *et al.* (2018) plantea que la var Cuf-101 tiene menores rendimientos ( $8020 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ), hasta un 81 % menos que otras variedades, estipulando, que independiente de la variedad, el rendimiento estacional mayor se presenta en verano ( $3508 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) con una tendencia: verano (33 %) > primavera (26 %) > invierno (21

%) > otoño (20 %). Este comportamiento dependió de la relación directa y estrecha entre el rendimiento de forraje y las temperaturas óptimas para el crecimiento de la alfalfa.

**Cuadro 4.** Valores promedio de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas, en el Sureste de Coahuila, México.

Variable	Variedad		P<0.05	EEM	DMS
	Premium	Cuf-101			
RMS (kg MS ha <sup>-1</sup> )	1387 <sup>a</sup>	1201 <sup>a</sup>	0.68	405	1423
AP (cm)	6 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	0.64	0.7	2.0
AR (cm)	19 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	0.31	2.5	8.5
IL (%)	50.6 <sup>a</sup>	41.6 <sup>b</sup>	<0.0001	0.0	0.0
PHT (g MS hoja tallo <sup>-1</sup> )	0.25 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.33	0.04	0.1
NTC	8 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	0.58	2.4	8.6

Letras minúsculas iguales en cada fila, no muestran diferencias significativas (Tukey;  $p>0.05$ ). EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia mínima significativa, RMS= Rendimiento de Materia Seca. AP= Altura plato. AR= Altura regla. IL=Intercepción luminosa. PHT= Peso de hoja por tallo individual. NTC = Número de tallos por corona.

En el Cuadro 4, se presentan las variables productivas de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivadas en el sureste de Coahuila, México a diferentes intervalos de cosecha, en la estación de invierno. Se registraron diferencias estadísticas entre intervalos de corte ( $p<0.05$ ; Tukey), pero no entre variedades ( $p>0.05$ ; Tukey). El mayor rendimiento de materia seca, altura de planta, intercepción luminosa y peso de hoja por tallo, se mostró en el intervalo de corte tardío (35 días) en ambas variedades de alfalfa evaluadas, con un rendimiento de 2215 kg MS ha<sup>-1</sup> en la var Premium mientras que en la var Cuf 101 se obtuvo un rendimiento de 2207 kg MS ha<sup>-1</sup>, en la altura de plato (AP) y altura de regla (AR) la var Premium obtuvo de 9 cm de (AP) y 30 cm (AR) mientras que la var Cuf 101 logró obtener un poco menos de altura que fue de 8 cm (AP) y 27 cm (AR), en la intercepción luminosa (IL) la var Premium registró un 83 % (IL) y la var Cuf 101 obtuvo un 68 % (IL), de igual manera en el peso de hoja por tallo individual (PHT g

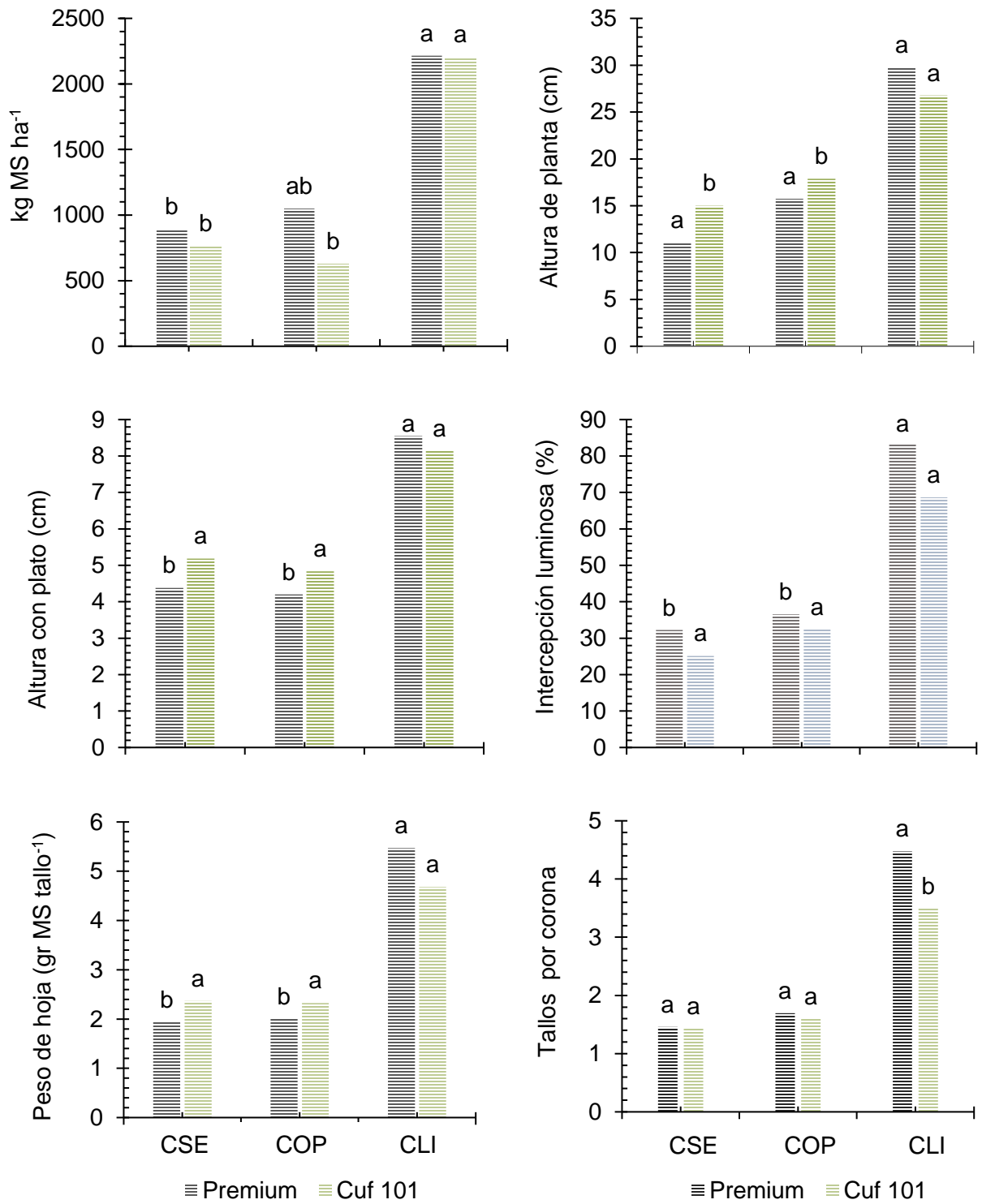
MS tallo-1), la var premium fue la que obtuvo mayor rendimiento que fue de un 5.4g, por otro lado la var Cuf 101 obtuvo un 4.6g. En el corte óptimo (COP; 28 días) se registró un número mayor de tallos (NT) en la var Premium que fue de 10.5 g de tallos, pero por la var Cuf 101 la que más registro (NT) fue en corte temprano (CLI; 21 días) con la cantidad de 13 g de tallos.

A sí mismo, (Salazar Rosales, 2023), dice que conforme aumenta el intervalo entre cortes, se incrementa el rendimiento promedio de materia seca por hectárea. A su vez, 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. Por su parte (Rosales, 2023), reporta 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<sup>-1</sup>, aseverando que el rendimiento depende de la frecuencia de corte y de la estación. Por su parte, se observó que la variedad Premium, en estación primavera, obtiene mejores rendimientos a la sexta semana.

Por otro lado, (Villar Hernández, 2014) reporta que la variedad Cuf 101 presenta un menor rendimiento anual con 13,350 kg Ms ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Independientemente de las variedades evaluadas, el mayor rendimiento estacional de forraje se registró en verano, seguido de primavera, otoño e invierno. Mientras tanto, en un diseño experimental (Iñigo Ayeche, 2023), describió que las variedades más productivas en cinco años han sido SO- VRANA y ARAGÓN. Por el contrario, la que menos rendimiento ha generado es la var GALAXIE MAX y FELICIA, ambas de ecotipo europeo. La producción se concentró en los meses de marzo a octubre mayoritariamente. Cada año se realizaron cinco cortes, a excepción de 2018 y 2019 en los que se hicieron seis cortes. Todas las variedades des siguen el mismo patrón en producción, teniendo

en el primer año un escaso rendimiento debido a la implantación del cultivo. En 2019, en su tercer año, alcanzan la máxima producción casi todas las variedades por cada año de cada variedad, así como la producción total en los cinco años.

Por su parte Vilcara *et al.* (2023) destaca que la altura de planta es un recurso importante para la toma de decisiones en el manejo de los pastos en los diversos sistemas de producción pecuaria existentes de su país. Donde muestra las alturas medias de planta de las tres variedades de alfalfa, así como la desviación estándar y el coeficiente de variación de las alturas. Se observa que WL450 con 32,75 cm alcanzó la mayor altura, respecto a WL350 y Hortus 410 ( $p < 0,05$ ). Los valores de la altura de planta fueron similares a los reportados por (Cubas-Leiva *et al.*, 2022), quienes realizaron un ensayo Respecto a la materia seca, los mayores rendimientos fueron significativamente mayores en las variedades WL450 y WL350 con respecto a la variedad Hortus 401 ( $p < 0,05$ ). Estos valores fueron ligeramente superiores a los reportados por Cubas-Leiva *et al.* (2022) y Álvarez-Vázquez *et al.* (2018), quienes sostienen que las condiciones ambientales, y en especial la época del año, influyen en el rendimiento de las variedades.



**Figura 4.** Valores promedio de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas, en el Sureste de Coahuila, México. CLI= Corte ligero (21 días), COP= Corte óptimo (28 días), CSE= Corte severo (35 días)

En la Figura 4, se presentan las variables productivas de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) cultivadas en el sureste de Coahuila, México a diferentes intervalos de cosecha, en la estación de invierno. Se registraron diferencias estadísticas entre intervalos de corte ( $p < 0.05$ ; Tukey), pero no entre variedades ( $p > 0.05$ ; Tukey). El mayor rendimiento de materia seca, altura de planta, intercepción luminosa y peso de hoja por tallo, se mostró en el intervalo de corte tardío (35 días) en ambas variedades de alfalfa evaluadas, con un rendimiento de 2215 kg MS ha<sup>-1</sup> en la var Premium mientras que en la var Cuf 101 se obtuvo un rendimiento de 2207 kg MS ha<sup>-1</sup>, en la altura de plato (AP) y altura de regla (AR) la var Premium obtuvo de 9 cm de (AP) y 30 cm (AR) mientras que la var Cuf 101 logro obtener un poco menos de altura que fue de 8 cm (AP) y 27 cm (AR), en la intercepción luminosa (IL) la var Premium registro un 83 % (IL) y la var Cuf 101 obtuvo un 68 % (IL), de igual manera en el peso de hoja por tallo individual (PHT g MS tallo<sup>-1</sup>), la var premium fue la que obtuvo mayor rendimiento que fue de un 5.4g, por otro lado la var Cuf 101 obtuvo un 4.6g. En el corte temprano (COP; 28 días) se registró un número mayor de tallos (NT) en la var Premium que fue de 10.5g de tallos, pero por la var Cuf 101 la que más registro (NT) fue en corte temprano (CLI; 21 días) con la cantidad de 13g de tallos.

A sí mismo, Salazar R. (2023), menciona que conforme aumenta el intervalo entre cortes, se incrementa el rendimiento promedio de materia seca por hectárea. A su vez, 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. Por su parte (Rojas *et al.*, 2019), reporta 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<sup>-1</sup>, aseverando que el rendimiento depende de la frecuencia de corte y de la

estación. Por su parte, se observó que la variedad Premium, en estación primavera, obtiene mejores rendimientos a la sexta semana.

Por otro lado (Villar Hernández, 2014), reporta que la variedad Cuf-101 presenta un menor rendimiento anual con 13,350 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Independientemente de las variedades evaluadas, el mayor rendimiento estacional de forraje se registró en verano, seguido de primavera, otoño e invierno. Mientras tanto, en un diseño experimental (Iñigo Ayechu, 2023), describe que las variedades más productivas en cinco años han sido SO- VRANA y ARAGÓN. Por el contrario, la que menos rendimiento ha generado es la var GALAXIE MAX y FELICIA, ambas de ecotipo europeo. La producción se concentró en los meses de marzo a octubre mayoritariamente. Cada año se realizaron cinco cortes, a excepción de 2018 y 2019 en los que se hicieron seis cortes. Todas las variedades des siguen el mismo patrón en producción, teniendo en el primer año un escaso rendimiento debido a la implantación del cultivo. En 2019, en su tercer año, alcanzan la máxima producción casi todas las variedades por cada año de cada variedad, así como la producción total en los cinco años.

Por su parte Vilcara *et al.* ( 2023), destaca que la altura de planta es un recurso importante para la toma de decisiones en el manejo de los pastos en los diversos sistemas de producción pecuaria existentes de su país. Donde muestra las alturas medias de planta de las tres variedades de alfalfa, así como la desviación estándar y el coeficiente de variación de las alturas. Se observa que WL450 con 32,75 cm alcanzó la mayor altura, respecto a WL350 y Hortus 410 ( $p < 0,05$ ). Los valores de la altura de planta fueron similares a los reportados por (Vilcara y Passoni, 2023), quienes realizaron un ensayo Respecto a la materia seca, los mayores rendimientos fueron significativamente mayores en las variedades WL450 y WL350 con respecto a la variedad Hortus 401 ( $p < 0,05$ ). Estos valores fueron ligeramente superiores a los reportados por (Echeverría *et al.*, 2022) y (Álvarez-Vázquez *et al.*, 2018), quienes sostienen que las condiciones ambientales, y en especial la época del año, influyen en el rendimiento de las variedades.



## 4.2 Composición botánica-morfológica

En la Figura 5 registra los valores obtenidos en kg MS ha<sup>-1</sup> de los componentes botánicos-morfológicos evaluadas en 2 variedades de alfalfa (*Medicago Sativa L.*) cultivadas en el sureste de Coahuila, México. En diferentes intervalos de frecuencia, en la estación de invierno 2023. En cuanto a los aportes obtenidos en kg MS ha<sup>-1</sup> se registraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ; Tukey) en la contribución de cada componente entre los intervalos de cosecha. En los datos obtenidos, los componentes que obtuvieron los mayores rendimientos, fue la hoja en el CSE que registro 1121 kg MS ha<sup>-1</sup> y el tallo en el CSE en el que obtuvo 975 kg MS ha<sup>-1</sup> esto en la var Premium, mientras que en el material muerto (M.M) se registraron los mismos valores para el COP y CSE con 118 kg MS ha<sup>-1</sup>, en la maleza el resultado para ambos intervalos de corte fue nula (0), por lo que no se encontraron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ; Tukey). Por otro lado en la var Cuf-101 se reportaron de igual manera los valores más altos en el CSE, donde la hoja reporto 1183 kg MS ha<sup>-1</sup> y el tallo 939 kg MS ha<sup>-1</sup> y los valores más bajos obtenidos fueron los componentes de material muerto (MM) donde en el CSE se registró 85 kg MS ha<sup>-1</sup> y por ultimo sólo en la maleza en el CLI presento 1 kg MS ha<sup>-1</sup>.

En cuanto a (Laureano Ortiz, 2022), en la composición del rendimiento en kg MS ha<sup>-1</sup>, de cada componente botánico-morfológico, contrario a la alfalfa la hoja y el tallo no difirieron ( $p > 0.05$ ), con 3,365 y 2,897 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los componentes que menos aportaron fueron el material vegetativo muerto, inflorescencia y maleza. La mayor producción de hoja en ambas estaciones se produjo en la alfalfa con 3,614 y 3,116 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mientras que la menor en el genotipo de Lotus 226796 con 1,345 y 827 kg MS ha<sup>-1</sup>. Así mismo, la alfalfa también produjo la mayor cantidad de tallo respecto a los genotipos de *L. corniculatus* con 3,115 y 2,679 kg MS ha<sup>-1</sup> para otoño e invierno al igual que el genotipo 226796 produjo la menor producción con 526 y 226 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En el caso del material vegetativo muerto, los valores oscilaron entre 52 kg MS ha<sup>-1</sup> en invierno para la alfalfa 226 kg MS ha<sup>-1</sup>. La mayor presencia de maleza se registró en la alfalfa con 37 kg Ms ha<sup>-1</sup> en invierno, en otoño sólo

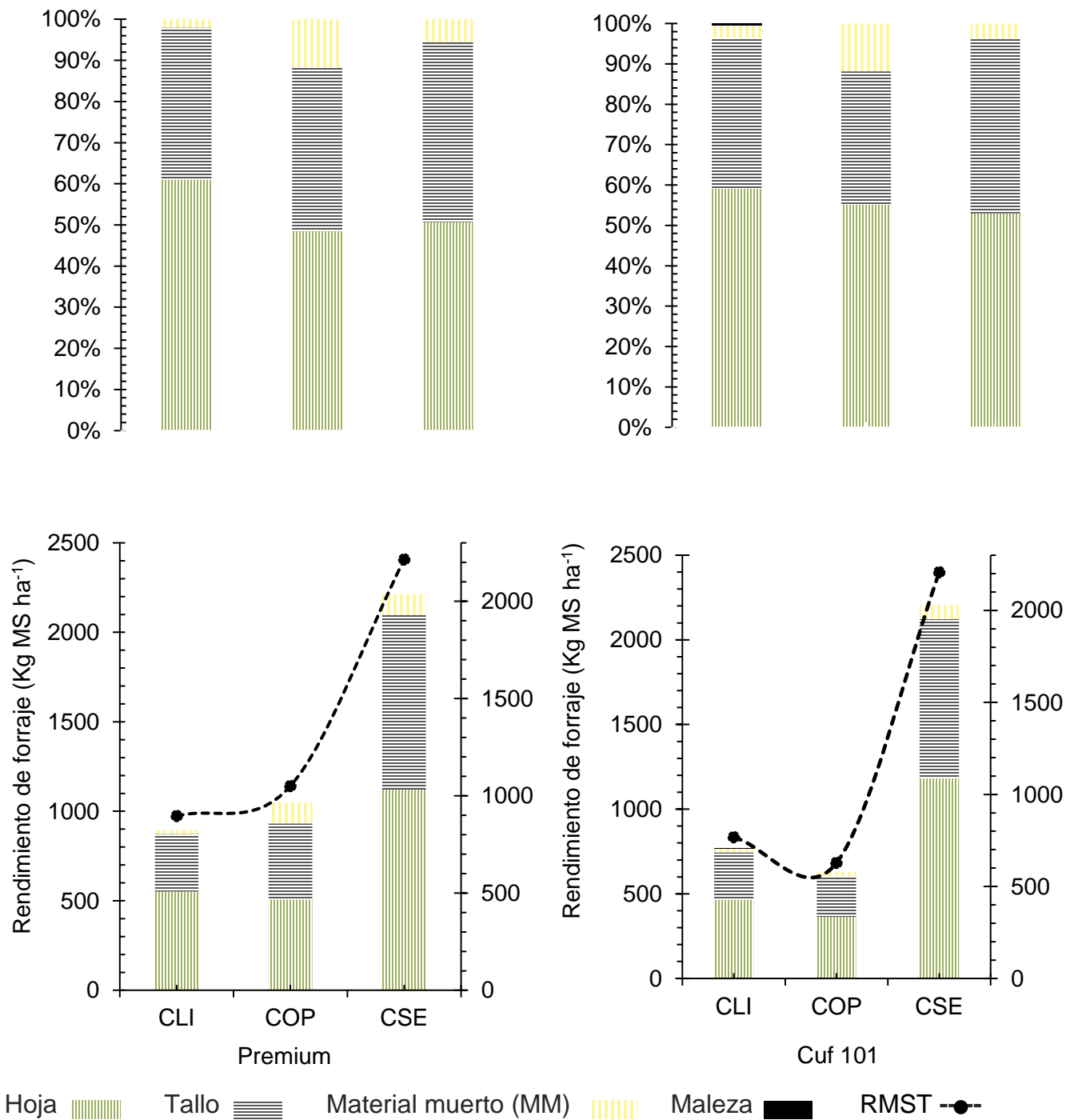
el genotipo 255301 presentó 4 kg MS ha<sup>-1</sup>, en el resto de los cultivares la producción fue nula al igual que la inflorescencia en todos los cultivares y estaciones.

Según (Fernandez, 2023), observa que la tendencia en el crecimiento donde la variedad cuf-101 registra que en las tres primeras semanas tiene un rebrote mayor o más rápido después de la cosecha a diferencia de la variedad patriarca. A medida que pasa el tiempo con los volúmenes emitidos por las cintas, la variedad cuf-101 detiene su crecimiento, pero la variedad patriarca continua con la misma velocidad de crecimiento. Esto nos da a entender que la variedad cuf-101 retiene el crecimiento para poder incrementar en el desarrollo de las hojas, lo que se puede comprobar en el rendimiento de materia verde y materia seca. Por otra parte, Recabado *et al.* (2008), destaca que los elevados niveles de  $\beta$ - caroteno (precursores de la vitamina A) influyen en la producción de materia seca de hojas y tallos las cuales son gran alimento para el ganado. Se atribuye a la asimilación fotosintética de cada planta y la humedad presente en el suelo la cual proporciona beneficios sobre los tejidos del follaje (hoja y tallo) manteniéndose turgente, verde y grande lo cual refleja la calidad del forraje.

En la Figura 5 registra las aportaciones en porcentajes de los componentes botánicos-morfológicos evaluadas en 2 variedades de alfalfa (*Medicago Sativa L.*) cultivadas en el sureste de Coahuila, México. Cosechados a diferentes intervalos de corte en la estación de invierno 2023. En cuanto a los porcentajes obtenidos se registraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ; Tukey) en la contribución de cada componente entre los intervalos de cosecha. En los datos obtenidos, los componentes que obtuvieron los mayores rendimientos, fue la hoja en el CSE que registro 51% y el tallo en el CSE en el que obtuvo 44% esto en la var Premium, mientras que en el material muerto (M.M) el COP registro el valor más alto de 12 %, y en la maleza el resultado para ambos intervalos de corte fue nula (0), por lo que no se encontraron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ; Tukey). Por otro lado, en la var Cuf 101 se reportaron los valores más altos en el CLI, donde la hoja reporto un 59 % y el tallo un 37% y los valores más bajos obtenidos fueron los componentes de material muerto (MM) donde el COP se registró 12 % y por último la maleza sólo en el CLI presento 1%.

De acuerdo con (Guevara Jaime, 2021), destaca que los cambios en la composición botánica y morfológica de alfalfa variedad Premium, para las estaciones de primavera y verano, registran diferencias estadísticas entre estaciones y entre días de rebrote ( $P < 0.05$ ), siendo en la estación de primavera en donde se alcanzaron los más altos rendimientos en promedio de hoja, al registrar 53 % en primavera y un 44 % en verano. Mientras tanto, en el componente tallo también se encontraron diferencias estadísticas entre semanas y estaciones ( $P < 0.05$ ). Registrando valores más altos para la estación de verano con 36 % en primavera y 50 % en verano, siendo en esta estación el componente con más aporte en la planta, el cual a medida que la hoja mostraba una disminución, este mostraba un crecimiento gradual a través de los días de rebrote. Así mismo, en la maleza se obtuvieron diferencias estadísticas entre estaciones y semanas de rebrote, únicamente a los 49 DDR para verano, en promedio se obtuvieron mayores resultados en primavera con un 8% y 3% en verano. El material muerto, ocupa el penúltimo lugar, obteniendo en promedio valores similares entre ambas estaciones con un 33% de diferencia, siendo mayor en primavera con 3 % y 2 % para verano.

A si mismo Veras (2022), afirma que el rendimiento de materia seca aumento por efecto de la edad de rebrote, donde la raíz fue el componente que más apporto al rendimiento, seguida por el tallo, hoja, inflorescencia, semilla, material muerto y nódulos. Donde afirma que la planta alcanzo su máxima altura a los 45 días de rebrote, sin embargo, descendió al final del estudio por la presencia de semilla que produjo un doble en la parte superior de la planta. Así mismo, la relación hoja: tallo se mantuvo a favor de la hoja hasta los 45 DDR, debido al menor peso del tallo, pero este aumento hacia el final del estudio. El área foliar, al igual que la altura tuvieron un comportamiento similar al rendimiento de materia seca. De igual manera (Barbón Huesca, 2019) plantea que la morfología de la planta cambia con la edad de la planta. Y a su vez, los componentes de la inflorescencia y material muerto se correlacionan de manera positiva con el incremento en la edad de rebrote de la especie. El componente hoja, mantuvo su aportación al rendimiento en un porcentaje de 48 y 59 %, valores mayores observados en la semana 1 y 2. Sin embargo, el tallo se incrementó conforme avanzó el experimento de un 22 a 42 y de 21 a 38 %.



**Figura 5.** Composición morfológica de dos variedades de alfalfa a cuatro años de establecida y manejada bajo diferentes intervalos de corte estacionales (Cuadro 3). CLI = Corte ligero, COP = Corte óptimo, CSE = Corte severo. RMST = Rendimiento de materia seca total.

## **V. CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones climáticas del sureste de Coahuila, México, las variedades de alfalfa Premium y Cuf 101, al finalizar un ciclo de producción de cuatro años, manejadas bajo diferentes intervalos de corte dependiendo la estación, no hubo diferencias entre ellas, pero fueron favorecidas en su productividad por un intervalo de corte ligero de 35, 35, 42 y 49 días para primavera, verano, otoño e invierno. Así mismo, el componente hoja fue el que mayor aporte hizo al rendimiento total de materia seca, seguida por el tallo, material muerto y maleza, no obstante, no se presentaron diferencias entre variedades y solo entre intervalos de corte sobresalió el corte ligero.

## VI. LITERATURA CITADA

- Adelaido, R., Sergio, I., Ana, L., Ángeles, M. D. L., Milton, J., Departamento, N., Naturales, D. R., Coahuila, R., & Autóno-, M. U. (2019).** Red clever yield (12, 11–15).
- Alcántar-González, G., Trejo-Téllez, L. I., Fernández-Pavía, L., & Rodríguez-Mendoza, M. de las N. (2022).** Elementos esenciales. Nutrición de Cultivos, 7–47. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n3/v34n3a4.pdf>
- Allen, R. G. (2006).** Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, 297 pp.
- Alonso Rivera, C. I. (2007).** Colegio de postgraduados. Modelos Bayesianos Para La Distribución de Especies Con Registros de Solo Presencias, 145. [http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez\\_Borja\\_M\\_DC\\_Fitosanidad\\_2010.pdf?sequence=1](http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1)
- Álvarez-Vázquez, P., Hernández-Garay, A., Mendoza-Padroza, S., Rojas-García, A., Wilson-García, C., & Fuente, J. A. Ia. (2018).** Producción de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) A cuatro años de establecidas. *Agrociencia*, 52, 841–851.
- Alverto Fabre, C. (2024).** alamarural. [https://almarural.com.ar/.fenologia de la alfalfa](https://almarural.com.ar/.fenologia%20de%20la%20alfalfa). citado el 11 de diciembre de 2024.
- Améndola, R., E., C. G., & Al, M. H. P. et. (2005).** Pasturas y cultivos forrajeros. <http://www.fao.org>. citado el 28 de noviembre de 2024.
- Aranjuelo, I., Molero, G., Erice, G., Avice, J. C., & 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. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq249>

- Asagir, S. T., Internacional, C., Balcarce, U. I., Aires, B., Hall, A., & Casares, C. (2003).** Fisiología Vegetal. fenología de la alfalfa. citado el 22 de noviembre de 2024.
- Asiva Noor Rachmayani. (2015).** Descripción Taxónomica de la alfalfa (*Medicago Sativa* L.). 6. citado el 29 de noviembre de 2024.
- Baldrich-chile, A. C., & Alfalfa, E. en. (2008).** Manual del alfalfero Centro de Producción en María Pinto.
- Barbón, H, f. de j. (2019).** Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferente edad de rebrote en la estación de primavera. (Vol. 44, Issue 8) [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Barrera, M, N. (2005).** Guía para el Manejo de Praderas de Alfalfa (*Medicago sativa* L.). citado el 29 de octubre de 2024.
- Basigalup, D. (2007).** El cultivo de alfalfa en la Argentina. El Cultivo de La Alfalfa En La Argentina. Ediciones INTA, 15. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-el\\_cultivo\\_de\\_la\\_alfalfa\\_en\\_la\\_argentina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-el_cultivo_de_la_alfalfa_en_la_argentina.pdf)
- BESSER, A. (2022).** Alfalfa SUPERSONIC (Premium). AGP (agrobesser.com). citado el 16 de noviembre de 2024.
- Bonifaz;, R. L. N. F. G. (2018).** Pastos y Forrajes del Ecuador. In Universidad Politécnica Salesiana. [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/Pastos Y Forrajes Del Ecuador 2021.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/Pastos_Y_Forrajes_Del_Ecuador_2021.pdf)
- Briske, D. D. (1991).** Plant response to disturbance. *Grazing Management: An Ecological Perspective.*, 85–108.
- Burkart, A. (1952).** Las leguminosas argentinas-silvestres y cultivadas (2nd ed.). BURKART, A. 1952. Las Leguminosas Argentinas - Silvestres y Cultivadas. (2.a%0A ed.). ACME%0AAgency. Ciencias Biológicas y Agronómicas. Buenos Aires, Argentina. 569 p.

**Cedeño, L., & Carrero, C. (2019).** R. Solani en alfalfa.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26703.12960>

**Chen, Y., Liu, J., & Liu, W. (2024).** Enhancing growth, quality, and metabolism of nitrogen of alfalfa (*Medicago sativa* L.) by high red–blue light intensity. *Zeitschrift Für Pflanzenernährung Und Bodenkunde.*, 186(6), 661—672.  
<http://europepmc.org/abstract/AGR/IND608165880>

**Dammer, B, M. del C. (2006).** “Adaptación de cuatro variedades de Alfalfa” *Medicago Sativo* en la zona de Cananvalle -Tabacundo, Cayambe - Ecuador 2004. *La Granja*, 5(1), 11. <https://doi.org/10.17163/lgr.n5.2006.02>

**de la Cruz Colín Lino & Lozada Hernández Ana Elisa. (2018).** Producción de semilla de Alfalfa en el Valle del Mezquital Hidalgo.

**de Muslera, P, E., & Garcia, C. R. (1983).** Praderas y forrajes : produccion y aprovechamiento. Mundi-Prensa.  
<https://books.google.com.mx/books?id=SAmwPAAACAAJ>

**de Muslera, P, E., & Ratera Garcia, C. (1983).** Praderas y forrajes: produccion y provechamiento (Mundi-Pren).

**Delgado Serna, E. N. (2021).** Universidad Nacional De San Agustin De Arequipa Arequipa. Universidad Nacional De San Agustin Arequipa, 156.  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4124>

**Dianti, Y. (2017).** Producción y calidad nutricional de la alfalfa (*Medicago Sativa*) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos estadios fenológicos. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 5–24.  
[http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB 2.pdf](http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB%202.pdf)

**Duarte, G. (2002).** Cómo implantar bien una pastura con alfalfa. *Revista de Los CREA*, 35(245), 40–46. [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_alfalfa/57-](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/57-)



implantar\_alfalfa.pdf

- Echeverría, E., Moschetti, C., Martínez, E., & Basigalup, D. (2022).** Producción de semilla de alfalfa. In Investigación, producción e industrialización de la alfalfa en Argentina.
- Espinosa, A. de, & Beatriz, N. (2007).** Diccionario bilingüe de términos de interés para para las ciencias agropecuarias, aniamles y veterinarias. (Universida). <https://biblioteca.ucel.edu.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=42614>
- Espinoza, C., y Ramos, G. (2001).** El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo
- Fernandez, C. V. (2023).** Evaluación del metodo de riego por goteo, autocompensante y turbulento en la produccion de dos variedades de alfalfa cuf-101 y patriarca (*Medicago sativa* L.) en ambiente atemperado en la estación experimental patacamaya. 82.
- Flores Delgado, D. F. (2015).** La alfalfa (*Medicago sativa* L.): origen, manejo y producción. Conexoagro, 5, 27–43.
- Garcidueñas, M. R. (1993).** Fisiología vegetal aplicada. Interamericana, McGraw-Hill. <https://books.google.com.mx/books?id=p26sAAAACAAJ>
- Garcidueñas, M. R., & Merino, M. R. (1985).** Fisiología vegetal aplicada. McGraw-Hill. <https://books.google.com.mx/books?id=WexEAAAAYAAJ>
- Gil Alavarez, I. (2024).** Origen de la alfalfa. <https://www.flores.ninja/alfalfa/>. citado el 30 de noviembre de 2024.
- Gómez, V, J. C., Salinas, L, C., Mendoza, H, E., & Vasconez ,G, G. (2022).** Germinación de la alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales. Magazine de Las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación, 7(3), 41–50. <https://doi.org/10.33262/rmc.v7i3.2677>

**Grandón, N. G., Alarcón, Y., Moreno, M. V., Arolfo, V., Odorizzi, A., Bruno, C., & Basigalup, D. H. (2007).** Diversidad genética en genotipos de alfalfa ( *Medicago sativa* L .) mediante marcadores ssr y características agronómicas. 1. [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/3930/INTA\\_CRCordoba\\_EEAManfredi\\_Grandon\\_N.\\_Diversidad\\_genetica\\_en\\_genotipos\\_de\\_alfalfa\\_%28Medicago\\_sativa\\_L.%29.pdf?sequence=1](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/3930/INTA_CRCordoba_EEAManfredi_Grandon_N._Diversidad_genetica_en_genotipos_de_alfalfa_%28Medicago_sativa_L.%29.pdf?sequence=1)

**Guevara Jaime, M. de L. (2021).** Acumulación estacional de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L), variedad Premium (Vol. 53, Issue February). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

**Guo, L., Liu, Y., Wu, G.-L., Huang, Z., Cui, Z., Cheng, Z., Zhang, R.-Q., Tian, F.-P., & He, H. (2019).** Preferential water flow: Influence of alfalfa (*Medicago sativa* L.) decayed root channels on soil water infiltration. *Journal of Hydrology*, 578, 124019. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124019>

**Guzmán, C., Spada, M., & Mombelli, J. (2007).** Eficiencia del uso de la radiación de cultivos de alfalfa de distinto grado de reposo en Córdoba, Argentina. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 2006, 1–4. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_alfalfa/83-Guzman-radiacion.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/83-Guzman-radiacion.pdf)

**Haagenson, D. M., Cunningham, S. M., Joern, B. C., & Volenec, J. J. (2003).** Autumn defoliation effects on alfalfa winter survival, root physiology, and gene expression. *Crop Science*, 43(4), 1340–1348. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1340>

**Haedo, J. P., Graffigna, S., Martínez, L. C., Torretta, J. P., & Marrero, H. J. (2022).** Estimación del servicio de polinización en un cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) mediante la cuantificación de flores disparadas. *Ecología Austral*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:253217066>

**Harper, D. (2023).** Online etymology dictionary.

<https://www.etymonline.com/es/word/alfalfa>

- Heitschmidt, R. K., & Stuth, J. W. (1991).** Grazing Management: An Ecological Perspective. Timber Press. <https://books.google.com.mx/books?id=HjzxAAAAMAAJ>
- Hijano, E., & Navarro, A. (2001).** Descripción botánica y grados de latencia. Sitio Argentino de Producción Animal, 1–3.
- Hodgson, J. G. (1979).** Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and Forage Science, 34, 11–17. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:58902470>
- Ibañes, M. del O. (1977).** La alfalfa : su cultivo y aprovechamiento / Manuel del Pozo Ibañes (Mundi-Prensa (Ed.); 2a. ed.).
- Iñigo Ayechu Urtasun. (2023).** Ensayo experimental de adaptación de variedades de alfalfa. 22–25.
- Jo, C. (2015).** “Evaluación del porcentaje de Carbono del Medicago sativa (alfalfa tropical) en Zungarococha - Iquitos.” 65.
- Kyrkby, E., & Römheld, V. (2007).** Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. Informaciones Agronomicas, 1–21.
- Laredo-Alcalá, E. I., Salinas-Gutiérrez, A., Chávez- Martínez, M. L., Meléndez-Rentería, N. P., Barrera- Martínez, C. L., Salinas-Jasso, T. A., & De León-Zapata, M. Á. (2023).** Efecto de hidrogeles biodegradables sobre la retención de humedad y la germinación de alfalfa. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 10(2), 1–11. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3133>
- Laureano-Ortiz, J. A. (2022).** Producción de Forraje de tres Genotipos de Lotus corniculatus L . en el Sureste de Coahuila , México.
- Maruniak, H. (1966).** Experimental de Aula Dei , Zaragoza , España.citado el 25 de octubre 2024.

- Medina-García, G., Echavarría-Cháirez, F. G., Ruiz-Corral, J. A., Rodríguez-Moreno, V. M., Soria-Ruiz, J., & De la Mora-Orozco, C. (2020).** Efecto del calentamiento global sobre la producción de alfalfa en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11, 34–48. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4686>
- Mendoza Pedroza, Se. I. (2008).** Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferente frecuencia de corte. 145. [http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez\\_Borja\\_M\\_DC\\_Fitosanidad\\_2010.pdf?sequence=1](http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1)
- Mielga, L. A., Sativa, M., & Agronómico, C. Y. V. (2005).** La mielga {medicago sativa L.): origen, caracterización y valor agronómico. 2, 109–129.
- Montecillo, C., & Ciencias, M. E. N. (2011).** Evaluación cuantitativa de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). 595, 2019.
- Morales, J., Luis, J., Victoria, J., Arturo, V., & Velasco, V. (2006).** Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca Effect of drip fertirrigation in 14 alfalfa varieties in the. 44(3), 277–288.
- Nielson, M. W., & Lehman, W. F. (1977).** Multiple Aphid Resistance in CUF-101 Alfalfa1. *Journal of Economic Entomology*, 70(1), 13–14. <https://doi.org/10.1093/jee/70.1.13>
- Observatorio Atmosferico, R. U. DE. (2024).** Instituto de ciencias de la atmósfera y cambio climático. <https://www.ruoa.unam.mx/index.php?page=estaciones&id=10#datos>
- Oñate, W. V. (2019).** “Fenología, Composición Química Y Manejo De Las Variedades De Alfalfa En El Cantón Riobamba.” 47–48. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2131/L02-C389-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Orloff, S., & Putnam, D. (2004).** Balancing Yield, Quality, and Persistence. citado el 22 de septiembre de 2024.

**Padrón-Chan, A., & Yam-Chin, C. (2020).** Efecto de la Radiación Solar sobre el Desarrollo Morfo-Fisiológico en Plantas Jóvenes de *Cordia dodecandra*. May, 72–77.

**Pipit Muliyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, T. (2020).** Mejoramiento de la calidad forrajera de la alfalfa. *Journal GEEJ*, 7(2), 16–18.

**Portillo, G. (2024).** Cultivo de la alfalfa. <https://www.jardineriaon.com/cultivo-de-la-alfalfa.html>. citado el 25 de noviembre de 2024.

**Ramírez-Navarro, L. A., del Viento-Camacho, A., Zorrilla-rios, J., & Palma-García, J. M. (2020).** Sustitución de *Medicago sativa* L. por hoja de *Ricinus communis* L., en ovejas gestantes. *Pastos y Forrajes*, 43, 136–143.

**Rebuffo, M, R. diego., & Restaino, E. (2017).** Tecnología en alfalfa. In *Inia* (Vol. 69). citado el 27 de noviembre de 2024.

**Rivas-Jacobo, M. A., Herrera-Haro, J. G., Hernández-Garay, A., Vaquera-Huerta, H., Alejos De La Fuente<sup>3</sup>, J. I., & Cadena-Villegas, S. (2020).** Rendimiento de cinco variedades de alfalfa durante cuatro años de evaluación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 24, 141–152. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2365>

**Rojas, A., Hernández-Garay, A., Joaquín, S., Maldonado, M., Mendoza, S., Álvarez, P., & Joaquín, B. (2016).** Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 1855–1866.

Rojas, A. R., Mendoza, S. I., Maldonado, M. de los Á., Álvarez, P., Torres, N., Cruz, A., Vaquera, H., & Joaquín, S. (2019). Forage yield and nutritional value of alfalfa at different cutting intervals. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 10(4), 849–858.

**Rojas G, A. R., Mendoza, P, S. I., Maldonado, P, M. de los Á., Álvarez, V, P., Torres S, N., Cruz, H, A., Vaquera, H, H., & Joaquín, C, S. (2019).** Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte. *Revista Mexicana de*

Ciencias Agrícolas, 10(4), 849–858. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1695>

**Salazar, R. J. P. (2023).** Efecto de intervalo de cosecha en la producción de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la estación de invierno. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

**Sanderson, M. A., & Wedin, W. F. (1989).** Phenological Stage and Herbage Quality Relationships in Temperate Grasses and Legumes. *Agronomy Journal*, 81(6), 864–869. <https://doi.org/10.2134/agronj1989.00021962008100060005x>

**Sitio Argentino de Producción Animal. (2014).** Alfalfa, un cultivo con historia. año 1860, 1–2. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar). citado el 15 de septiembre de 2024.

**Skinner, H., Morgan, J. A., & Hanson, J. D. (1999).** Carbon and nitrogen reserve remobilization following defoliation: Nitrogen and elevated CO<sub>2</sub> effects. *Crop Science*, 39.

**Soto, P. (2001).** Adaptación Y Establecimiento De Alfalfa. 11–24. citado el 25 de noviembre de 2024.

**Spedding, C. R. W. (1971).** Agricultural ecosystems. *Outlook on Agriculture*, 6(6), 242–247. <https://doi.org/10.1177/003072707100600603>

**Stewart, G. (1926).** Alfalfa-growing in the United States and Canada. Macmillan. <https://books.google.com.mx/books?id=DPpEAAAIAAJ>

**Sud, R. M., & Dengler, N. G. (2000).** Cell Lineage of Vein Formation in Variegated Leaves of the C<sub>4</sub> Grass *Stenotaphrum secundatum*. *Annals of Botany*, 86(1), 99–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1165>

**Teixeira, E., Moot, D., & Brown, H. (2009).** Modelling seasonality of dry matter partitioning and root maintenance respiration in lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. *Crop and Pasture Science*, 60. <https://doi.org/10.1071/CP08409>

**Telkamp, G. J. (1981).** Note to users. *Itinerario*, 5, 68–69.

<https://doi.org/10.1017/S0165115300023299>

**Uddin, M. E., Santana, O. I., Weigel, K. A., & Wattiaux, M. A. (2020).** Enteric methane, lactation performances, digestibility, and metabolism of nitrogen and energy of Holsteins and Jerseys fed 2 levels of forage fiber from alfalfa silage or corn silage. *Journal of Dairy Science*, 103(7), 6087–6099. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2019-17599>

**Undersander, D., Cosgrove, D., Cullen, E., Grau, C., Rice, M. E., Renz, M., Sheaffer, C., Shewmaker, G., & Sulc, M. (2023).** Alfalfa Management Guide. In *Alfalfa Management Guide*. <https://doi.org/10.1002/9780891181996>

**Valencia, J. A. G., Rivera, R. C., Aparicio, Y. V., Benítez, G. A., Oba, M. M. S., Rodríguez, J. C. C., & Sánchez, L. O. N. (2019).** Alfalfa (*Medicago sativa* L.) biomass yield at different pasture ages and cutting frequencies. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 10(2), 353–366. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4319>

**Veras Z, J. A. (2022).** Análisis de Crecimiento de Alfalfa (*Medicago sativa* L.), en el Sureste de Coahuila, México, en la Estación de Primavera, en Condiciones de Invernadero (Issue 8.5.2017) [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>

**Vilcara, E., & Passoni, F. (2023).** *Anales Científicos*. Características agronómicas y productivas de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) En la sierra central del Perú. 84(2).

**Villar, H. B. de J. (2014).** Dinámica de crecimiento y rendimiento de forraje de diez variedades de alfalfa. *Modelos Bayesianos Para La Distribución de Especies Con Registros de Solo Presencias*, 120. [http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez\\_Borja\\_M\\_DC\\_Fitosanidad\\_2010.pdf?sequence=1](http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1)

**Villegas-Aparicio, Y., Hernández-Garay, A., Martínez-Hernández, P. A., Pérez-Pérez, J., Herrera-Haro, J. G., & López-Castañeda, C. (2006).** Rendimiento De Forraje De

Variedades De Alfalfa En Dos Calendarios De Corte. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(4), 369. <https://doi.org/10.35196/rfm.2006.4.369>

**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), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195965>



## VII. ANEXOS

**Cuadro 5.** Variables analizadas (kg MS ha<sup>-1</sup>) en dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas, cosechada a diferentes intervalos de corte dependiendo de la estación (Cuadro 3), en el Sureste de Coahuila, México.

Variables	Intervalos de corte			$\bar{x}$	EEM
	CSE	COP	CLI		
	Premium				
RMS (kg MS ha <sup>-1</sup> ).	896 <sup>b</sup>	1050 <sup>ab</sup>	2215 <sup>a</sup>	1387	448
AP (cm)	4 <sup>b</sup>	4 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>	6	1.3
AR (cm)	11 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	19	3.0
IL (%)	32 <sup>b</sup>	37 <sup>b</sup>	83 <sup>a</sup>	51	13.0
PHT (g MS tallo <sup>-1</sup> )	1.9 <sup>b</sup>	2.0 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	3.13	0.11
NT	7.3 <sup>a</sup>	10.5 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	8.4	3.09
	Cuf 101				
RMS (kg MS ha <sup>-1</sup> ).	767 <sup>b</sup>	628 <sup>b</sup>	2207 <sup>a</sup>	1201	248
AP (cm)	5 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	6	3.0
AR (cm)	15 <sup>b</sup>	18 <sup>b</sup>	27 <sup>a</sup>	20	9.6
IL (%)	25 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	68 <sup>a</sup>	42	24
PHT (g MS tallo <sup>-1</sup> )	2.37 <sup>a</sup>	2.3 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.1	0.09
NTC	13 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	9 <sup>b</sup>	11.4	1.08

CLI= Corte ligero (21 días), COP= Corte óptimo (28 días) y CSE= Corte severo (35 días).  $\bar{x}$  = Promedio, EEM = Error Estándar de la Media, RMS (kg MS ha<sup>-1</sup>) = Rendimiento de materia seca. AP = Altura de plato. AR = Altura de regla. IL=Intercepción luminosa. PHT (g MS tallo<sup>-1</sup>) = Peso de hoja por tallo individual. NTC = Número de tallos por corona.

**Cuadro 6.** Composición Botánica-Morfológica (kg MS ha<sup>-1</sup>) en dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas, cosechada a diferentes intervalos de corte dependiendo de la estación (Cuadro 3), en el Sureste de Coahuila, México.

Componente	Intervalos de corte			$\bar{x}$	EEM
	CSE	COP	CLI		
Premium					
Hoja	552 <sup>Aa</sup>	507 <sup>Aa</sup>	1121 <sup>Aa</sup>	727 <sup>A</sup>	242
Tallo	552 <sup>Aa</sup>	507 <sup>Aa</sup>	1121 <sup>Aa</sup>	727 <sup>A</sup>	250
M.M	23 <sup>Bb</sup>	118 <sup>Ba</sup>	118 <sup>Ba</sup>	86 <sup>C</sup>	19
Maleza	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>C</sup>	0
Total	896 <sup>b</sup>	1050 <sup>ab</sup>	2215 <sup>a</sup>	1386	448
Sig.	0.0030	0.0243	0.0003	<.0001	
EEM	98	136	141	37	
DMS	278	386	400	106	
Cuf 101					
Hoja	466 <sup>Ab</sup>	363 <sup>Ab</sup>	1183 <sup>Aa</sup>	671 <sup>A</sup>	157
Tallo	552 <sup>Aa</sup>	507 <sup>Aa</sup>	1121 <sup>Aa</sup>	727 <sup>A</sup>	142
M.M	22 <sup>Aa</sup>	24 <sup>Aa</sup>	85 <sup>Ba</sup>	43 <sup>B</sup>	45
Maleza	1 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>B</sup>	0.6
Total	767 <sup>b</sup>	628 <sup>b</sup>	2207 <sup>a</sup>	1201	248
Sig.	0.06	0.07	0.0008	0.008	
EEM	204	150	174	155	
DMS	577	424	492	440	

Letras mayúsculas diferentes, muestran diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) representan el análisis realizado de forma vertical, mientras que las letras minúsculas iguales no presentan diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) muestran el análisis realizado de manera horizontal. CLI= Corte Ligero (21 días), COP= Corte óptimo (28 días) y CSE= Corte severo (35 días). SIG= Significancia, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima significativa, M.M = Material muerto.  $\bar{x}$ = Promedio.

**Cuadro 7.** Composición Botánica-Morfológica (%) de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas, cosechada a diferentes intervalos de corte dependiendo de la estación (Cuadro 3), en el Sureste de Coahuila, México.

Componente	Intervalos de corte			$\bar{x}$	EEM
	CSE	COP	CLI		
Premium					
Hoja	61 <sup>Aa</sup>	48 <sup>Ab</sup>	51 <sup>Ab</sup>	54 <sup>A</sup>	1.3
Tallo	37 <sup>Ba</sup>	40 <sup>Aa</sup>	44 <sup>Ba</sup>	40 <sup>B</sup>	66
M.M	2 <sup>Cb</sup>	12 <sup>Aa</sup>	6 <sup>Cab</sup>	6 <sup>C</sup>	3.0
Maleza	0 <sup>Ca</sup>	0 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Ca</sup>	0 <sup>C</sup>	0
Total	100	100	100	100	
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	
EEM	3.1	4.3	25.0	2.5	
DMS	8.9	12.2	5.5	7.0	
Cuf 101					
Hoja	59 <sup>Aa</sup>	55 <sup>Aa</sup>	51 <sup>Aa</sup>	56 <sup>A</sup>	55
Tallo	37 <sup>Aa</sup>	33 <sup>ABa</sup>	43 <sup>Aa</sup>	38 <sup>B</sup>	12
M.M	3 <sup>ABa</sup>	12 <sup>Ba</sup>	5 <sup>Ba</sup>	6 <sup>C</sup>	8.5
Maleza	1 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>C</sup>	0.5
Total	100	100	100	100	
Sig.	0.0001	0.0446	<.0001	<.0001	
EEM	6.1	14.9	1.9	4.1	
DMS	17.2	42.2	5.5	11.6	

Letras mayúsculas diferentes, muestran diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) representan el análisis realizado de forma vertical, mientras que las letras minúsculas iguales no presentan diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) muestran el análisis realizado de manera horizontal. CSE= Corte ligero (21 días), COP= Corte optimo (28 días) y CLI= Corte severo (35 días). SIG= Significancia, EEM= Error estándar de la media, DMS= Diferencia mínima Significativa, M.M = Material muerto.  $\bar{x}$ = Promedio.