

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



Por:

**Análisis de Crecimiento de Alfalfa (*Medicago sativa* L.), en el  
Sureste de Coahuila, México, en la Estación de Primavera, en  
Condiciones de Invernadero**

**JOSE ADOLFO VERA ZAYAS**

**TESIS**

Presentada Como Requisito Parcial Para  
Obtener El Título De:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, junio del 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**Análisis de Crecimiento de Alfalfa (*Medicago sativa* L.), en el  
Sureste de Coahuila, México, en la Estación de Primavera, en  
Condiciones de Invernadero**

POR:

**JOSE ADOLFO VERA ZAYAS**

TESIS PROFESIONAL

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

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

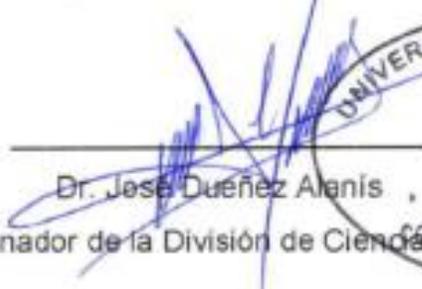
Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Neymar Camposeco Montejo  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Josué Israel García López  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Antonio Flores Naveda

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Dueñez Alanís  
Coordinador de la División de Ciencia Animal



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, junio 2022.

## DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, junio de 2022.

### DECLARO QUE:

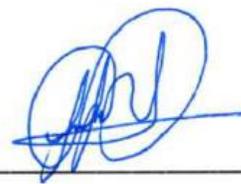
El trabajo de investigación titulado "**Análisis de Crecimiento de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Sureste de Coahuila, México, en la Estación de Primavera, en Condiciones de Invernadero**" es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones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

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

José Adolfo Vera Zayas

---

Nombre



---

Firma

## RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa más utilizada en el mundo, considerada la reina de los forrajes. El objetivo fue analizar el crecimiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Atlixco, posterior a días de rebrote (DDR), en la estación de primavera bajo condiciones de invernadero. Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Se evaluaron las variables; Rendimiento de forraje (RF), Composición Morfológica (CM), Relación Hoja:Tallo (R:H/T), Altura de la Planta (AP), Densidad de Tallos (DT), Peso de Tallo Individual (PTI), Peso de Hoja por Tallo (PHT), Relación Raíz:Parte Aérea (R:PA/R), Peso de Raíz (PR) y Área Foliar (AF). A los 90 y 15 DDR, se observó el mayor y menor rendimiento con 90 y 10 g MS planta<sup>-1</sup>. El aporte más significativo al RF fue por parte de la raíz a los 30 DDR con 53 %, seguido de tallo, hoja, inflorescencia, nódulo y semilla, con 22, 18, 4, 2, 1 % en ese orden. La AP máxima se observó a los 45 DDR con 52 cm y el menor valor a los 15 DDR con 22 cm. Así como el máximo valor para la R:H/T, se observó en 15 DDR con 1.0 y el mínimo valor en 90 DDR con 0.6, teniendo relación con el PTI, que en 15 DDR presentó 0.17 g y el máximo a 90 DDR 0.63 g MS tallo<sup>-1</sup>, con un descenso en el PHT a los 90 DDR presentando 0.39 g MS hoja tallo<sup>-1</sup>, el máximo peso registrado fue a los 75 DDR con 47 g MS hoja tallo<sup>-1</sup>. En el AF se observó el mínimo valor a los 15 DDR con 253 cm<sup>2</sup> y el máximo a los 60 DDR con 731 cm<sup>2</sup>, con un descenso a los 75 y 90 DDR, siendo 716 y 702 cm<sup>2</sup> AF tallo<sup>-1</sup>, respectivamente. El PR fue mayor a los 90 DDR con 29.1 g MS planta<sup>-1</sup>, siendo el mínimo valor a los 15 DDR con 2.2 g MS planta<sup>-1</sup>. La R:R/PA mostró un comportamiento ascendente donde el mínimo valor se registró a los 15 DDR y el máximo a los 90 DDR siendo 0.9 y 1.7 respectivamente. En conclusión, la var. Atlixco de alfalfa en condiciones de invernadero, tiene un crecimiento ascendente hasta los 90 DDR, donde va cambiando sus componentes morfológicos y la raíz aporta la mayor proporción.

**Palabras clave:** *Medicago sativa* L., componentes morfológicos, área foliar y relación raíz:parte aérea.

## ABSTRACT

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is the most used legume in the world, considered the queen of forages. The objective was to analyze the growth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Atlixco, after days of regrowth (DDR), in the spring season under greenhouse conditions. A completely randomized design with three replications was used. The variables were evaluated; Forage yield (RF), Morphological Composition (CM), Leaf:Stem Ratio (R:H/T), Plant Height (AP), Stem Density (DT), Individual Stem Weight (PTI), Weight of Leaf per Stem (PHT), Root:Aerial Part Ratio (R:PA/R), Root Weight (PR) and Leaf Area (AF). At 90 and 15 DDR, the highest and lowest yield was observed with 90 and 10 g DM plant<sup>-1</sup>. The most significant contribution to RF was from the root at 30 DDR with 53%, followed by stem, leaf, inflorescence, nodule and seed, with 22, 18, 4, 2, 1% in that order. The maximum AP was observed at 45 RDD with 52 cm and the lowest value at 15 RDD with 22 cm. As well as the maximum value for the R:H/T, it was observed in 15 DDR with 1.0 and the minimum value in 90 DDR with 0.6, being related to the PTI, which in 15 DDR presented 0.17 g and the maximum at 90 DDR 0.63 g DM stem<sup>-1</sup>, with a decrease in PHT at 90 DDR presenting 0.39 g DM leaf stem<sup>-1</sup>, the maximum weight recorded was at 75 DDR with 47 g DM leaf stem<sup>-1</sup>. In the AF, the minimum value was observed at 15 RDD with 253 cm<sup>2</sup> and the maximum at 60 RDD with 731 cm<sup>2</sup>, with a decrease at 75 and 90 RDD, being 716 and 702 cm<sup>2</sup> AF stem<sup>-1</sup>, respectively. The PR was higher at 90 DDR with 29.1 g MS plant<sup>-1</sup>, being the minimum value at 15 DDR with 2.2 g MS plant<sup>-1</sup>. The R:R/PA showed an ascending behavior where the minimum value was registered at 15 DDR and the maximum at 90 DDR being 0.9 and 1.7 respectively. In conclusion, the var. Atlixco de alfalfa under greenhouse conditions, has an ascending growth up to 90 DDR, where it changes its morphological components and the root contributes the greatest proportion.

**Keyword:** *Medicago sativa* L., morphological components, leaf area and root:aerial part ratio.

# **AGRADECIMIENTOS**

## **A DIOS**

Por guiarme en cada día, por darme la oportunidad de disfrutar de mis padres y de la vida misma, de poder entender la diferencia entre las acciones buenas y malas y tener en quien creer cuando las cosas han sido complicadas, ayudándome a culminar este camino lleno de experiencias y aprendizajes que siempre disfrute y que sin duda por siempre recordare.

## **A MI FAMILIA**

Porque sin ustedes nada de esto hubiera sido posible, gracias por todos esos regaños y enseñanzas, por siempre apoyar mis decisiones y buscar la forma de que cumplirá cada una de mis metas por enseñarme a soñar en grande pensando en siempre hacer el bien, porque nunca me han dejado solo a pesar de las ocupaciones que tuvieran, por eso y por muchas cosas más GRACIAS POR TODO.

## **A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ALMA TERRA MATER**

Gracias por hacerme sentir parte de ti, de la mejor universidad agraria de México, por todas las vivencias que pude disfrutar en tus aulas y en cada espacio, por haber puesto a personas tan buenas y agradables que dejaron aprendizajes que siempre recordare y que hoy permiten un paso importante en mi vida, diciendo siempre con orgullo “**BUITRE POR SIEMPRE**”.

## **A Dr. Perpetuo Álvarez Vásquez**

A quien admiro y respeto, porque siempre mostro interés por las inquietudes que pudiese tener, preocupándose sin tener la necesidad de hacerlo y que me hizo sentir que en el tengo a un excelente amigo, sin mencionar la confianza y tiempo que le ha dedicado este trabajo, de igual forma a su familia por todos los buenos momentos que nos han hecho pasar, haciéndonos sentir como en casa GRACIAS.

### **A mis familiares**

Laura, Silvia, Catalina, e Isaac, Carlos, Zaira, Manuel, Ximena, Janine, que siempre han estado para darme consejos y desearme lo mejor, llevo muchas cosas siempre de ustedes.

### **A mis asesores de tesis,**

Dr. Neymar Camposeco Montejo, Dr. Josué Israel García López, Dr. Antonio Flores Naveda muchas gracias por su apoyo para la realización de este trabajo.

### **A Ing. Rigoberto y Lic. Rosario**

Que me han permitido desarrollar muchas cosas, tanto personales como profesionales y que sin muchos comentarios no hubiese descubierto algunas cosas de la vida, gracias por todas las facilidades brindadas, se y siento el cariño hacia mi persona de todo corazón gracias.

### **A los hermanos de universidad**

Josafat y Vicencio que sin pensarlo se volvieron parte importante de esta etapa, que cada uno me deja diferentes cosas y que con cada uno disfrute experiencias que volvería a repetir pues siempre me mostraron apoyo en todo lo que se pudiera necesitar y que muchas veces sin pedir vinieron, por todo muchas gracias.

### **A mis amigos y compañeros**

Celia, Eleazar gracias por ese apoyo en los trabajos de campo. Diana, Yareli, Pedro, Chucho y Royer ser las personas más agradables, siempre acompañándonos, por tener con quien reír cuando no conocía a nadie y que estuvieron ahí para convivir de la forma más agradable.

### **Al Ing. Jaime Judiel González Hernández**

Que siempre me apoyo en lo que necesite y más por brindarme su amistad siempre sincera y desinteresada.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

**Leticia y Reynaldo** porque sin ustedes nada de esto sería posible, que han hecho lo imposible por darnos tiempo y cariño, que sin su presencia no sé dónde estaría en este momento, gracias por apoyarme siempre y en todo momento en lo que les eh platicado, porque sin sus sabios consejos y jalones de orejas no sería la persona que al día de hoy soy y que deseo que esos regaños sigan presentes porque nunca dejare de aprender, por enseñarme que el valor de las cosas es a base de esfuerzo y que definitivamente si su ayuda nada lograría por todo siempre, GRACIAS POR SER LOS MEJORES PADRES DEL MUNDO en toda la extensión de cada una de estas palabras.

### **A MI HERMANO**

**Aldo** que sin ti no sé qué sería, porque tengo alguien con quien compartir los triunfos y derrotas, por apoyarme siempre sin esperar nada a cambio, por tener la dicha de disfrutar a Papás juntos, y que desde luego que no busco ser un ejemplo para ti pero que me gustaría que realices todo lo que te propongas, que siempre estaré para ti en lo que necesites, GRACIAS A DIOS por ponerte en mi vida, GRACIAS hermano.

### **A MIS ABUELOS**

Que desafortunadamente se nos adelantaron en el camino, pero que siempre los llevo en mi corazón y que en cualquier momento se convierten en fuerza y esperanza. Tal vez hoy no puedan ver hasta donde hemos llegado, pero sé que desde el cielo están celebrando, gracias por darme a los mejores papás y darles las enseñanzas que nos han dado a nosotros, porque de no ser así no seríamos lo que somos.

**Ignacia (†)**

**Manuel (†)**

**Marina (†)**

**Pascual (†)**

Hasta el cielo, con mucho cariño esto es de ustedes y por ustedes.

### **A Diana Itzel Martínez Hernández**

Porque a pesar de todo siempre has estado acompañándome, apoyándome y dándome ánimos en cada sueño que tengo, sé que todo esto tampoco sería posible sin ti, gracias el tiempo, por brindarme amor, bondad, paciencia y comprensión, que me han ayudado a ir mejorando como persona, sé que aún hay muchas cosas que hacer, pero con esfuerzo se logran, hoy esto lleva mucho de ti y que este logro también es tuyo, Gracias por todo.

### **A todas las personas que siempre han estado para apoyarme**

A mis tías y tíos que han dejado cosas buenas y que siempre dando consejos acertados, que me han permitido desarrollar habilidades que ni siquiera imagine tener, desde luego a los amigos que siguen presentes, esto también es para ustedes.

# ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 HIPÓTESIS.....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Antecedentes de la alfalfa.....	3
2.2 Descripción de la especie en estudio.....	5
2.2.1 Descripción taxonómica.....	5
2.2.2 Descripción morfológica .....	6
2.3 Factores que afectan la producción de biomasa.....	7
2.3.1 Densidad de plantas .....	7
2.3.2 Variedad o material genético .....	7
2.3.3 Calidad del forraje.....	8
2.3.4 Condiciones de suelo .....	9
2.3.5 Temperatura .....	10
2.3.6 Humedad .....	10
2.3.7 Plagas y enfermedades del cultivo de alfalfa.....	12
2.4 Factores que influyen en la capacidad de rebrote .....	12
2.4.1 Frecuencia e intensidad de cosecha .....	13
2.4.2 Reserva de carbohidratos.....	14
2.4.3 Meristemas de crecimiento.....	15
2.4.4 Índice de área foliar .....	16
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
3.1 Área de estudio.....	17
3.2 Diseño experimental y tratamientos.....	18
3.3 Variables evaluadas.....	18
3.3.1 Rendimiento de forraje .....	18
3.3.2 Composición morfológica .....	19

3.3.3 Relación Hoja: Tallo (R:H/T), Peso Tallo Individual (PTI), Peso Hoja por Tallo Individual (PHI) .....	19
3.3.4 Altura de la planta.....	20
3.3.5 Relación Raíz: Parte Aérea (R:Raiz/Parte Área) .....	20
3.3.6 Peso de raíz .....	21
3.3.7 Área foliar por tallo.....	21
3.3.8 Análisis estadístico .....	22
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
4.1 Rendimiento de forraje.....	23
4.2 Composición morfológica.....	24
4.3 Altura de planta.....	27
4.4 Relación Hoja: Tallo (R:H/T), Peso Tallo Individual (PTI), Peso Hoja por Tallo Individual (PHI) .....	28
4.5 Área foliar.....	30
4.6 Peso de raíz.....	32
4.7 Relación Raíz:Parte aérea .....	33
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>36</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>46</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Producción de alfalfa (ton) a nivel nacional en el 2020, ordenados de mayor a menor superficie sembrada (ha).....	4
<b>Cuadro 2.</b> Información taxonómica de Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.).....	5
<b>Cuadro 3.</b> Rendimiento de Materia Seca (RMS), Relación Hoja: Tallo, Altura de planta y Densidad de platas (DP), determinadas en una pradera de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.), variedad Cuf-101, cosechada a diferentes días de rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México. ....	46
<b>Cuadro 4.</b> Aportación (%) de los componentes morfológicos al rendimiento total de forraje de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) variedad Atlixco, cosechada a diferentes días de rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México. ....	47
<b>Cuadro 5.</b> Aportación (kg MS planta <sup>-1</sup> ) de los componentes morfológicos al rendimiento total de forraje de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) variedad Atlixco, cosechada a diferentes días de rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México. ....	48

## INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribución de la temperatura promedio, máxima, mínima y humedad quincenal registradas en el periodo 01 de febrero al 10 de julio del 2021 (Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA UNAM-UAAAN). S = Siembra (01/02/2021), CU = Corte de Uniformización (17/04/2021). .....17
- Figura 2.** Rendimiento de materia seca (g MS planta<sup>-1</sup>) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco cosechada a diferentes días de rebrote (DDR). RMS = Rendimiento de Materia Seca. Medias con las mismas letras sobre las columnas, son estadísticamente iguales. ....24
- Figura 3.** Contribución de los componentes morfológicos al rendimiento de forraje total de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco, cosechada a diferente edad de rebrote. Literales minúsculas diferentes en cada fila y mayúsculas diferentes en cada columna son diferentes estadísticamente=Raíz, N=Nódulos, T=Tallo, H=Hoja, M.M=Material muerto I=Inflorescencia, S=semilla. ....26
- Figura 4.** Altura de planta (cm) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco cosechada a diferente edad de rebrote. Diferente letra minúscula entre cortes, indican diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).....28
- Figura 5.** Relación hoja: tallo, peso de tallo individual (PTI), peso hoja por tallo (PTH) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco cosechada a diferente edad de rebrote. Misma letra minúscula en la misma fila no son diferentes estadísticamente ( $p > 0.05$ ). ....30
- Figura 6.** Área Foliar por tallo (cm<sup>2</sup> AF tallo<sup>-1</sup>) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco cosechada a diferente edad de rebrote. Diferente literal minúscula en la misma fila son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).....31

**Figura 7.** Peso de raíz (g MS planta<sup>-1</sup>) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco cosechada a diferente edad de rebrote. Diferente literal minúscula en la misma fila son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).....33

**Figura 8.** Relación raíz: parte aérea de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco cosechada a diferente edad de rebrote. Diferente literal minúscula en la misma fila son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).....34

## I. INTRODUCCIÓN

Una alta demanda de alfalfa (*Medicago sativa L.*), en las zonas con alta producción de leche, ponen a este forraje como el de mayor utilización en las cuencas lecheras, considerando que la alta demanda de esta especie, se deben principalmente a las altas cantidades de biomasa producidas en superficies determinadas, con buen valor nutritivo, con una buena digestibilidad y con la facilidad de ser ofrecido en fresco, henificada o ensilada (Juncafresca, 1983). Este cultivo resulta ideal para establecer parcelas altamente productivas, pues su capacidad al desarrollar raíces fuertes capaces de realizar una simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno del genero *Rhizobium* capaces de fijar nitrógeno presente en la rizosfera en el suelo, manteniendo una buena fertilidad con asociaciones graminales o con una rotación de cultivos de alta demanda en nitrógeno (Lacenfield, 1998). Por tanto, el manejo de adecuado de los factores que afectan la producción es fundamental para lograr una mayor persistencia, así como la producción de forraje de calidad, una frecuencia de corte adecuada a la estación correspondiente y al conjunto de factores que influyen en la producción, determinaran el valor nutritivo alcanzable por la especie establecida (Zambrano *et al.*, 2004; Montes, 2016). Los índices de producción de la materia seca, siempre tienen influencia de los factores climáticos, edáficos, aun no existe la información adecuada y suficiente para determinar el manejo optimo por estación, para lograr estimar por regiones y por estación del año, a lo largo de las diferentes regiones del país, donde los requerimientos específicos para ganado de leche son mayores y no siempre son satisfechos por otros forrajes. Al respecto, Hernández-Garay *et al.* (1992) mencionan, que todas las especies perennes deben tener el intervalo adecuado de corte por estación, observando la velocidad de crecimiento de la planta y con esto obtener rendimientos anuales máximos, sin poner en peligro la persistencia de la especie. Por esto la necesidad del presente trabajo, para analizar el crecimiento de esta especie en el sureste de Coahuila, bajo condiciones de invernadero, donde las condiciones controladas permitirán observar el comportamiento de la especie, de forma certera.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Analizar el crecimiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Atlixco, posterior a días de rebrote, en la estación de primavera bajo condiciones de invernadero, en el Sureste de Coahuila, México

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar los cambios en los componentes morfológicos de la alfalfa var. Atlixco a diferentes días de rebrote.
- Determinar la altura de la planta, área foliar, peso de hoja y tallo individual, peso de raíz y su relación con la parte aérea a diferentes días de rebrote.

## **1.3 HIPÓTESIS**

- Los componentes mantienen una estrecha relación entre su comportamiento y la edad fisiológica de la planta.
- Cada variable se comporta diferente a diferentes días de rebrote afectando el rendimiento de forraje.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes de la alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) siendo primigenia de Irán y Asia Menor es la leguminosa forrajera más empleada por ganaderos de todo el mundo, fue introducida a América por primera vez en el siglo XVI en Sudamérica (Bouton *et al.*, 2001). Su cultivo mundial está estimado en 32 millones hectáreas aproximadamente (Álvarez, 2013) con una superficie sembrada en México de (242,973.01 ha), con una producción de (16,172,088.35 ton de forraje en verde) (CONAGUA, 2022). Por su gran versatilidad esta leguminosa perenne ha sido cultivada en la mayoría de regiones en el mundo, principalmente en climas subtropical, templados y secos (Liu *et al.*, 2015). Inicialmente siendo introducida en principio a Sudamérica y Centroamérica (Argentina, Perú, Chile y México), posteriormente ya en 1870 logro ser introducida en California, logrando una gran adaptabilidad, siendo ampliamente difundida por territorio americano (Muslera y Ratera, 1991). La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una de las principales dietas para el ganado lechero, por lo que, el cultivo de este forraje aumenta constantemente por la alta demanda, colocándose por encima de otros forrajes y llegando a ser considerada reina de los forrajes (Del Pozo, 1983).

En México el uso de esta especie, se encuentra ampliamente distribuido, de tal manera que los lugares con una mayor producción bajo sistema de riego, son Chihuahua, las cuencas lecheras, zona lagunera (Coahuila, Durango, Sonora y Baja California), Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Puebla (INIFAP, 2022). Considerando que esta especie se cultiva en un amplio rango de altitudes (700 – 2800 msnm), teniendo una buena adaptación a los suelos con buena profundidad, con un buen drenaje y en general a suelos alcalinos, teniendo complicaciones con la salinidad y un mal desarrollo en pH<5 (Hanson, 1972), se ha convertido en el forraje más utilizado alrededor del mundo, por sus excelentes aportes en proteína 22% y 70% de digestibilidad, logrando grandes resultados zootécnicos (Santamaría *et al.*, 2000; Mendoza *et al.*, 2010; Faner, 2001).

A continuación, se presenta las superficies sembradas y cosechadas, producción y el valor estimada en pesos.

**Cuadro 1.** Producción de alfalfa (ton) a nivel nacional en el 2020, ordenados de mayor a menor superficie sembrada (ha).

Entidad	Superficie		Producción (ton)	Valor Producción (miles de Pesos)
	Sembrada	Cosechada		
Chihuahua	90,181.50	90,181.50	8,146,513.05	\$5,267,496.26
Guanajuato	44,877.00	44,877.00	3,823,515.62	\$2,647,706.53
Hidalgo	43,996.00	43,996.00	4,534,168.82	\$1,442,914.57
Baja California	33,284.50	33,284.50	2,696,026.15	\$1,454,578.14
Durango	31,610.20	31,609.20	2,846,413.05	\$1,837,521.86
Sonora	26,961.04	26,961.04	2,142,082.25	\$1,216,595.94
Coahuila	19,651.95	19,651.95	1,589,081.60	\$1,104,752.88
Puebla	19,222.60	19,222.60	1,583,935.91	\$803,167.30
Zacatecas	16,424.80	16,424.80	1,439,618.47	\$753,430.85
San Luis Potosí	15,051.50	15,051.50	1,865,003.80	\$1,298,975.90
Querétaro	6,850.00	6,844.00	552,722.56	\$374,894.93
Sinaloa	6,590.20	6,590.20	389,206.62	\$241,237.17
Jalisco	6,560.90	6,560.90	621,617.78	\$367,016.08
Michoacán	6,224.90	6,224.90	371,755.94	\$295,890.44
México	6,120.10	6,120.10	507,693.37	\$166,191.42
Aguascalientes	5,191.90	5,191.90	492,399.35	\$341,792.32
Baja California Sur	4,563.00	4,559.00	600,724.40	\$203,637.08
Oaxaca	3,099.15	3,099.15	235,123.69	\$107,734.31
Tlaxcala	2,605.00	2,605.00	180,981.21	\$130,372.22
Nuevo León	2,509.60	2,509.60	162,493.85	\$108,620.49
Veracruz	292	292	14,140.45	\$6,975.36

Morelos	145.3	145.3	13,004.50	\$11,638.56
Tamaulipas	83	83	6,505.00	\$3,268.13
Nayarit	81	81	3,566.00	\$2,273.57
Guerrero	18.94	14.05	777.95	\$711.36
Ciudad de México	2.7	2.7	215.5	\$215.62
<b>TOTALES</b>	<b>392,198.78</b>	<b>392,182.89</b>	<b>34,819,286.89</b>	<b>\$20,189,609.30</b>

Fuente: SIAP, 2022.

## 2.2 Descripción de la especie en estudio

### 2.2.1 Descripción taxonómica

Es necesario conocer lo que es indispensable para el desarrollo de una buena planta, con un sistema radicular adecuado y una parte vegetativa aprovechable por el ganado, además de considerar los factores que afectan la capacidad de rebrote de la especie, para no afectar la persistencia de la pradera (Beccera, 2003; Reborá et al., 2015). Por lo que en el Cuadro 2, se presenta la información de la taxonomía de la especie alfalfa (*Medicago sativa* L.)

#### **Cuadro 2.** Información taxonómica de Alfalfa (*Medicago sativa* L.).

---

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Fabales
Familia: Fabaceae
Género: <i>Medicago</i> L., 1753
Especie: <i>sativa</i> L., 1753

---

Fuente: CONABIO (2022).

### 2.2.2 Descripción morfológica

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es considerada una especie herbácea perteneciente a la familia de las Fabáceas, con un hábito de crecimiento semierecto, erecto, llegando a tener tallos con una altura que ronda de los 60 a 100 cm de altura, con una raíz abundante de tipo pivotante, muy desarrollada en cuanto a longitud (1.5 hasta los 5 metros de longitud) lo que le permite ser resistente a las sequías, puesto que toma agua que se encuentra profunda de acuerdo a su necesidad (Muslera y Ratera, 1991). Es de características semileñosas y con raíces secundarias para la absorción de agua y nutrientes. Como todas las leguminosas presentan nódulos formados en las raíces en las que se alojan bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium ensifer meliloti*) teniendo simbiosis con la especie. La corona se ubica debajo del suelo, pero arriba de la raíz, es aquí donde se forman los rebrotes basales, que dan origen a los tallos (principales y secundarios), cuando una pradera se encuentra ya establecida los retoños presentan un mayor número de tallos con vigor de crecimiento (Soriano, 2003).

Presenta hojas trifoliadas de filotaxia alterna, pecioladas con folíolos que presentan diversas formas (oblongo a ovalado-oblongo), dentadas hacia los ápices con pocas estipulas que se encuentran adheridas al peciolo, este une al raquis con el tallo, el tamaño de los folíolos variara de acuerdo a la posición en la planta, el conjunto de folíolos forma a la hoja ya mencionada, pudiéndose confundir con otros forrajes que pertenecen al género *Medicago* y *Lotus*. Dentro de las características el haz presenta un verde más intenso que el envés (Muslera y Ratera, 1991). Los tallos son de características herbáceas, delgados sólidos y huecos, ramificados y que son el sostén de las hojas, presentando hasta 90 cm de altura, y teniendo una media por planta de 20 tallos, estos emergen de la corona donde se encuentran los rebrotes ya sea de los tallos senescentes o cuando se lleva a cabo un corte (Viteri y Vitaliano, 2019).

Con flores hermafroditas, racimos axilares simples, con un color azul a violeta, dependiendo de la variedad, con el pétalo que mayor volumen aporte llamado

estandarte y los pétalos unidos en forma de pequeñas alas llamado quilla. Siendo su fruto una legumbre indehisciente, que presenta 2 a 4 vueltas sobre sí mismo y un pliegue sobre sí mismo, con un color café cuando ya se encuentra maduro; conteniendo de 4 a 6 semillas por fruto, que a su vez poseen una forma arriñonada de color amarillo y con muy pocas reservas de nutrientes (Del Pozo, 1983).

### **2.3 Factores que afectan la producción de biomasa**

La interacción que existe entre la especie, las condiciones climáticas, suelo y su manejo influyen directamente en la producción de biomasa o materia seca, puesto que son fenómenos cuantitativos y expresables como aumento (Velasco *et al.*, 2001; Rojas, 1993).

#### **2.3.1 Densidad de plantas**

El no tener una densidad adecuada (65 – 80 plantas m<sup>-2</sup>), provocaría un desbalance, puesto que la producción de nuevos tallos y un mayor número de hojas, afectando la disponibilidad de luz en la parte inferior de la planta, pues no existe una buena entrada de luz afectando directamente la actividad fotosintética y disminuyendo la producción de biomasa foliar (Baldissera *et al.*, 2014). De acuerdo a Hodgson (1990) con un aumento en el índice de área foliar menor luz tendremos cerca del suelo y mayor tasa de crecimiento.

#### **2.3.2 Variedad o material genético**

Tener conocimiento de las condiciones en las que se establecerá una especie es de suma importancia, ya que el comportamiento que presenta cada variedad, tiene diferencias significativas de acuerdo al lugar en el que se establezcan. No habiendo variedad mejor sobre otra, sino de acuerdo a una buena elección, con criterio y conocimiento sobre las condiciones de suelo, climáticas, el fin para el cual se requiera y el manejo que se le dará a la pradera (Salinas, 2005). En la actualidad el mercado

de semillas se ve acaparado por importaciones de Estados Unidos, pero siendo estas variedades que no se adaptan adecuadamente a las condiciones de México. Los materiales introducidos son considerados de baja adaptación y persistencia pues su producción no se dio bajo las mismas condiciones donde se busca establecer (Zaragoza *et al.*, 1992); existiendo variedades que son derivadas de una selección de variedades españolas, que se adaptan mejor a los climas templados – semiáridos (Atlixco, San Miguel y Oaxaqueña), siendo estas últimas las más cultivadas en el estado de Puebla, por las características que presentan, buena relación hoja:tallo, alta resistencia a enfermedades, buena persistencia y adaptabilidad. Una buena selección pudiese ser por la dormancia, por la necesidad de producir en época invernal, ya que esta permite el crecimiento a bajas temperaturas, siendo una característica genética (Barahona *et al.*, 2021).

### **2.3.3 Calidad del forraje**

El concepto de calidad es definido como el grado en el que un forraje produce una respuesta positiva en el animal y tiene variaciones de acuerdo al tipo de forraje que se le presente al animal, el estado en el que es proporcionado y el conocimiento de todos estos factores nos beneficiaran, mejorando la calidad (Ball *et al.*, 2001). El estado fenológico en el que se encuentre la planta estará relacionado directamente con los métodos de conservación con lo que sean cultivados, así mismo con las condiciones meteorológicas al momento de corte existiendo la relación ideal para una buena calidad de forraje se presenta, cuando existe una alta presencia de hojas y un porcentaje bajo de tallos. Villalobos (2002), menciona que el forraje de buena calidad se comienza a perder cuando los animales o el corte esta demorado una vez iniciada la floración, pero considerando descansos adecuados entre corte o pastoreo (Carrete *et al.*, 2006). La madurez de la planta es considerada como el factor que afecta a la calidad del forraje, debiéndose principalmente a un descenso en el valor nutricional conforme el avance en su edad, existiendo una asociación con tendencia negativa entre calidad y madurez; con la maduración de las paredes celulares y la aparición de

lignina se reduce considerablemente la digestibilidad y bajando la calidad de la alfalfa (Nescier *et al.*, 2004; Fick y Mueller, 1989).

#### **2.3.4 Condiciones de suelo**

A pesar de ser considerada una especie con un rango amplio de condiciones para su establecimiento, es importante mencionar que los suelos profundos, con buen drenaje y con un pH neutro son las mejores condiciones para esta especie; en un exceso de agua se presentan ahogamientos, además de una severa acumulación de sales en la parte superior del suelo (Del Pozo, 1983). Los suelos profundos y bien drenados son de preferencia para la alfalfa, pues su desarrollo radicular se ve favorecido, en mención de esto, existe una relación entre la profundidad del suelo y el rendimiento de forraje (Espinoza y Ramos, 2001); cuando las condiciones edáficas no son las adecuadas no habrá una alta respuesta no importando la variedad (Salinas, 2005).

Una buena oxigenación, permitirá la expansión y desarrollo de las raíces, provocando un rendimiento adecuado, en suelos mayores a 60 cm de profundidad, se espera una producción de hasta el 100 % del estimado, no siendo así a los 40 cm donde la producción presentada es de 75 % aproximadamente (Baguet, 2001; Espinoza y Ramos, 2001). La precaución a suelos arcillosos en una etapa de establecimiento de la pradera debe ser considerada por la formación de costras solidas que retengan a las plántulas, y la baja respiración de las raíces también ponen en riesgo el desarrollo y vida de la alfalfa. Con altas concentraciones de sales se presentan desequilibrios de la raíz y la parte aérea de la planta, limitando así el potencial de producción de la alfalfa (Santamaría *et al.*, 2004), el cambio en la presión osmótica limita la absorción de nutrientes y agua, variedades con mejor desarrollo radicular, serán más resistentes a la salinidad, pero no considerando llegar a valores de pH mayores a 9.5, teniendo repercusiones en la germinación y en la producción de biomasa (Carmona, 2021; Zhang *et al.*, 2017).

El pH óptimo para la alfalfa se encuentra en un rango neutro (7.2), no siendo así en todos los estadios de la especie, ya que en la germinación puede ser hasta de 4; realizar prácticas como el encalado, resultan benéficas para la liberación de iones de calcio y estén disponibles en el suelo para ser absorbidas por la planta, reduciendo la absorción de Aluminio y Manganeso, siendo tóxicos para la especie (Soto *et al.*, 2001). Actividades importantes como la nodulación y la fijación de nitrógeno, el uso de ion calcio y la absorción de los iones de Al y Mn, son determinados por el pH en el que se encuentre el suelo (Del Pozo, 1983).

### **2.3.5 Temperatura**

El efecto temperatura juega un papel importante en el desarrollo de la alfalfa, considerada una especie de días largos presentando floración en zonas con un fotoperiodo mayor a 12 horas (Horrocks y Vallentine, 1999). La germinación está altamente relacionada con las condiciones climáticas, pues un incremento en la temperatura, en un cierto rango, aumenta la tasa de germinación y emergencia; el rango 28° - 30° es el punto óptimo para una germinación más rápida, resultando no benéficas temperaturas superiores a 38°. Temperaturas de entre 2 y 3 grados permiten el inicio de la germinación, lo que se traduce como una pausa en épocas invernales, reiniciándose cuando sucede un aumento en la temperatura (Alvares, 2013). Algunas variedades de las que se encuentran en México, presentan tolerancia a las bajas temperaturas, debido a que las necesidades de temperatura varían de acuerdo a la edad y variedad de la planta, cuando se presenta un incremento en la temperatura y se llega al rango óptimo el activo crecimiento y la producción constante se reactivan (Del Pozo, 1983).

### **2.3.6 Humedad**

Los requerimientos de humedad de esta especie, tienen una amplia relación con el crecimiento y desarrollo de la planta, cuando existe un exceso de disponibilidad en el suelo, tenemos una reducción en la aireación del suelo, comenzando con

enfermedades radiculares, coronas poco desarrolladas y con poca o nula actividad; considerado lo anterior los requerimientos de alfalfa son marcados por cada clima o zona yendo desde climas cálidos con requerimientos de 1300 milímetros anuales hasta los climas templados en los que se presentan requerimientos de 500 milímetros anuales, para los aporte por riego por inundación y aspersión se tiene un estimado de 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y 880 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> respectivamente (Duarte, 2002; INFOAGRO, 2021).

Las necesidades de humedad dependerán de las características edáficas de la zona, así mismo con la estación en la que se encuentre, ya que en invierno se reduce considerablemente la tolerancia a encharcamientos, siendo perjudicial para el crecimiento y producción. Al existir una limitación de agua. La producción de biomasa se verá reducido, aunque no frenado en su totalidad, pero si con una marcada disminución en tejidos jóvenes de crecimiento acelerado, en etapas de germinación y desarrollo (Espinoza y Ramos, 2001); la producción de nuevas hojas, tallos y raíces, que, por medio de procesos fisiológicos, una absorción y asimilación de agua y nutrientes determinaran el crecimiento y productividad de una especie.

Las mayores demandas de agua se hacen presentes cuando existe una tasa de evaporación elevada provocando una tasa de crecimiento baja y generando un cierre estomático lo que reduce la asimilación de CO<sup>2</sup> teniendo como consecuencia una reducción en la producción de biomasa (Clark y Smajstrla, 1996), el desarrollo de la parte aérea disminuyen con el aumento de un estrés hídrico lo que significaría un cambio negativo en la expansión del índice de área foliar, debido a la afectación generada a la multiplicación y crecimiento celular, teniendo hojas más pequeñas y en menor cantidad (Colabelli *et al.*, 1998) refiriéndose a la menor cantidad de energía lumínica interceptada y procesada.

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

A lo largo del año la alfalfa es afectada por diversas plagas y enfermedades, que se ajustan de acuerdo a las condiciones climáticas, por ejemplo, la presencia de afidos se hace presente en época de altas temperaturas con presencia de humedad, en caso de presentarse lluvias intensas que causen encharcamiento y facilitan la presencia de hongos y consecuentemente bacterias, generando enfermedades del complejo Damping off (*Fusarium oxysporum*, *Verticillium alboatrum*, *Phytophthora megalospora*, *Pythium* spp. *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotium rolfsii*.) (Quiroga et al., 2007). La presencia de nematodos se ve contrarrestada por la presencia de las bacterias fijadoras de nitrógeno, pero no significa que no estén presentes. Las enfermedades que generan una afectación severa a la especie son las que se presentan en la parte radicular, ya que se ve limitada la absorción de nutrientes y agua, generando pérdidas económicas al productor. La presencia y persistencia de las enfermedades dependen de las condiciones climáticas, siendo un cultivo de baja inversión se recomienda la selección de variedades resistentes y adaptadas. El uso de controles químicos se ve limitado por las pocas opciones de control; en el caso de las enfermedades foliares el panorama se torna un poco difícil por la residualidad de los productos y su rápida suministración al ganado (Espinoza y Ramos, 2001), en la actualidad el uso de pesticidas selectivos y no residuales, se convierten en opciones viables, pero aun estudiados.

### **2.4 Factores que influyen en la capacidad de rebrote**

Una planta cuenta con la capacidad de rebrotar, en la conjugación de diversos factores, pero principalmente con el remanente con el que cuente la planta y la cantidad de hojas que queden disponibles para una actividad fotosintética que dependerá de la distribución de las hojas para iniciar con un almacenaje de energía (Chapman y Lemaire, 1993); considerando a la translocación de carbohidratos de la parte radicular a los meristemas de crecimiento alojados en la corona. Chapman y Lemaire (1993) hacen mención que, al generar una acción sobre el forraje, este tendrá

un descenso en el área foliar y una alteración en los microambientes, como la penetración de luz, temperatura y la humedad disponible influenciando el crecimiento de la especie en estudio. Escalante *et al.*, (1995) mencionan que una reducción en la disponibilidad de carbono crea un desbalance, modificando el comportamiento, ya que se asigna en primer lugar al crecimiento de la parte aérea y a segundo plano el crecimiento y desarrollo de las raíces, siendo el primer proceso para la recuperación de la planta (Briske *et al.*, 1996).

#### **2.4.1 Frecuencia e intensidad de cosecha**

El periodo que existe entre cada corte o pastoreo es como se traduce la frecuencia con la que será cosechado y la severidad o intensidad como el número de cortes en este periodo (Speeding, 1971). Hernández *et al.* (1992) mencionan que un buen rendimiento y una alta persistencia en la pradera está relacionada con el manejo de estos dos factores y una calendarización para los cortes en un estado fenológico adecuado. Para que la producción de alfalfa sea la adecuada se debe poner atención en estos dos factores para así poder obtener forraje e alta calidad y en altas cantidades, además de tener una mayor persistencia en las praderas (Teixeira *et al.*, 2007). Mendoza (2008) establece que en intervalos cortos se tendrá una producción baja y presencia de especies no deseables a diferencia de aumentar el intervalo, aumentando así la producción de Biomasa, pero reducción la calidad del forraje (menor cantidad de proteína y menor digestibilidad).

El establecimiento de intervalos de corte específicos por estación será considerado de uso primordial ya que el crecimiento en alfalfa es estacional, por lo que la tasa de crecimiento es diferente, afectando el rendimiento de materia seca (Hernández-Garay y Martínez, 1997). Una cosecha con un intervalo largo y a una menor altura, favorecería un mayor rendimiento, permitiendo que la planta exprese su máxima capacidad de rebrote, teniendo en cuenta la altura adecuada no provocando la muerte de los órganos y tejidos de almacenamiento de reservas y crecimiento (Vázquez, 1978). Rivas *et al.* (2005) nos explican que se pueden obtener rendimientos

óptimos si se realizan corte de cuatro en la estación primavera-verano y de cinco a seis semanas en otoño-invierno. De igual forma Aparicio *et al.* (2006) asigna los días ideales para corte por estación, siendo 28 días en primavera- verano, 35 días para la estación de otoño y 42 para invierno, con un remanente adecuado que permita a la planta llevar a cabo actividad fotosintética y no genere un atraso en la producción de Biomasa.

#### **2.4.2 Reserva de carbohidratos**

Dentro de todos los factores que tienen efecto en la capacidad de rebrote, las reservas de carbohidratos son consideradas las más importantes, en conjunto con el tipo de tejido que fue removido, siendo los determinantes del tiempo de recuperación de una especie (Briske, 1991; Richards, 1993). La estación juega un papel importante, ya que en primavera-verano la producción de materia seca es la más elevada, pero las necesidades respiratorias aumentan por el aumento de temperatura y con esto las reservas de carbohidratos disminuye (Volenc *et al.*, 1983; Varella *et al.*, 2001).

La velocidad de recuperación de una planta está en relación con la presencia de productos energético (almidón, fructosa y otros carbohidratos) que se encuentran almacenados y que serán utilizados en actividades de crecimiento y respiración. El almacenaje comienza cuando la fotosíntesis es mayor que la respiración, sucediendo esto cuando la tasa de captación de luz es alta, siendo lo contrario cuando existe la defoliación, la respiración sobrepasa a la fotosíntesis y se hace uso de las reservas de carbohidratos para su crecimiento (Del Pozo, 1983).

El crecimiento se relaciona con la movilidad de reservas de Nitrógeno (N) y de Carbohidratos no estructurales (CNE) que se encuentran en raíces y coronas; el aporte que tengan N y CNE dependerá directamente de la concentración de Dióxido de Carbono y de un buen abasto de N (Skinner *et al.*, 1999). La frecuencia de corte afecta directamente las reservas de carbohidratos, pues con cada corte existe un descenso

en las reservas existentes en raíces y coronas afectando la persistencia de la especie (Quiroga, 1991). Esto se marca más en verano cuando una interacción de diversos factores, generan una maduración más rápida y con menor intervalos entre cortes, ocasionando la muerte e invasión de malezas, que desplazarán a la especie y reducirán la calidad y cantidad de Materia seca. De acuerdo a Viteri y Vitaino (2019) los carbohidratos que sean requeridos para el rebrote dependerán de la intensidad del corte, la actividad fotosintética de las hojas remanentes y de las condiciones climáticas (estación, temperatura, humedad) para un buen crecimiento.

### **2.4.3 Meristemas de crecimiento**

Puntos de crecimiento ubicados en regiones meristemáticas en activo de tallos, permaneciendo después de una defoliación o corte, lo que genera una estimulación y una expansión foliar; existiendo una diferenciación entre estos (primarios y secundarios), encargados de crecimiento longitudinal y engrosamiento respectivamente (Briske, 1991; Rojas, 1993). La activación de estos meristemas se ve estrechamente relacionada con un balance y aprovechamiento de auxinas y citoquininas, con el fin de desarrollar tejido nuevo foliar y radicular; Bidwell (1979) menciona que el rebrote dependerá de la existencia de meristemas en activo en los tallos.

La posición de los meristemas en cada especie dependerá directamente de su forma de crecimiento. Al respecto Richards (1993) menciona que, si el corte se encuentra por encima de las cercanías con el suelo, las especies con hábito de crecimiento erecto responderá más rápido, no siendo así cuando la especie es de hábito rastrero. La posición de los meristemas de crecimiento se encuentra a la altura del corte, por lo que el rebrote se da desde las yemas de la corona y los meristemas axilares; el tiempo requerido para la recuperación es prolongado, debido a que las yemas activas tienen un crecimiento óptimo hasta que la planta se encuentra en estado reproductivo, esto no sucede en las condiciones de pastoreo (Baguet y Bavera, 2001).

#### 2.4.4 Índice de área foliar

Siendo las hojas unos de los órganos de mayor importancia y existiendo una relación entre área foliar y presencia de hojas, levándose a cabo la fotosíntesis en este último y activando el crecimiento de la planta generado por la energía en reacciones químicas llevadas en este proceso (Horrocks y Valentine, 1999). Con una tasa de intersección de luz alta y la directa relación en el rendimiento de la alfalfa, decimos que la intercepción se regulara con la expansión del dosel, en donde hojas nuevas presentaran una mayor área foliar controlada por la adecuada temperatura (Robertson *et al.*, 2002).

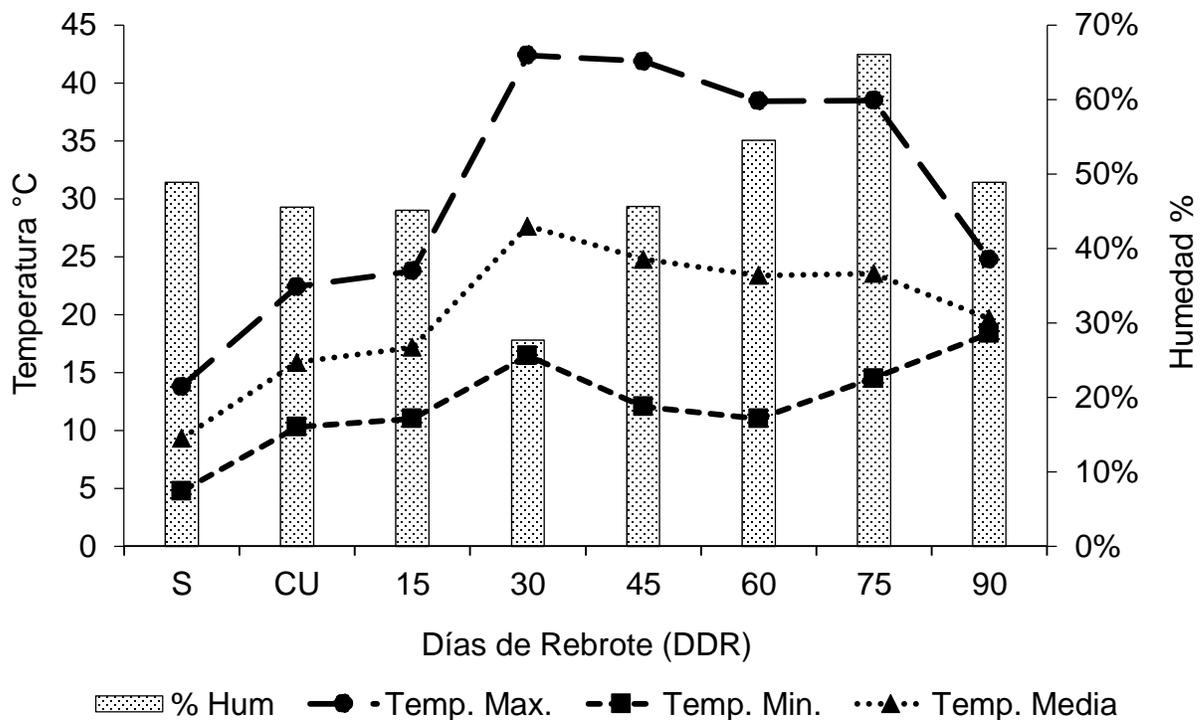
Hodgson (1990) definió al índice de área foliar (IAF) como la correspondencia entre la superficie abarcada por las hojas en una unidad de área de suelo; cuando existe un aumento en el índice de área foliar y menor sea la luz que traspasa al suelo, la producción ira en aumento, llegando a que, si la luz incidente es interceptada casi en su totalidad, la tasa de crecimiento está en un punto máximo y el índice de área foliar es el óptimo (Rojas, 2011).

La mayor cantidad de biomasa producida por forrajes corresponde a un mayor índice de área foliar y una mayor altura en las plantas (Galvis *et al.*, 2001). Por eso algunos autores mencionan que el punto óptimo para corte, es cuando existe el 95 % en intercepción lumínica, presentándose un mayor aporte de las hojas en el rendimiento y existiendo una acumulación casi nula de materia muerta (Berone, 2016).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudio

El trabajo se realizó del 01 de febrero de 2021 a 10 de julio de 2021, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en el invernadero del departamento de Recursos Naturales Renovables, ubicado en el área experimental conocida como “El Bajío”. Las coordenadas del sitio son 25° 35' 35" de Latitud Norte y 101° 03' 60" de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m. El clima es clasificado como templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremos y con una precipitación media anual de 340 mm (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN 2022).



**Figura 1.** Distribución de la temperatura promedio, máxima, mínima y humedad quincenal registradas en el periodo 01 de febrero al 10 de julio del 2021 (Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA UNAM-UAAAN). S = Siembra (01/02/2021), CU = Corte de Uniformización (17/04/2021).

Las temperaturas en el interior del invernadero se obtuvieron con un higrómetro digital modelo WS08, colocado a un metro de altura a nivel del suelo a un costado del material estudiado, donde las temperaturas máximas variaron entre 13.79° a 42.38°, las mínimas 4.75° a 18.38° y las medias fluctuaron entre 9.29° a 27.64°, mencionando que el comportamiento de humedad vario entre 27.63 % a 66.04 % (Figura 2).

### **3.2 Diseño experimental y tratamientos**

Se estableció el cultivo de alfalfa, var. Atlixco, en tubos de PVC de 4 pulgadas por 12 cm de alto (10.16 cm x 16.16 cm x 12 cm), con siembra directa el 1 de febrero de 2021 en un sustrato de tierra de monte + arena de río (1:1), con textura arena-migajón, con un pH de 7.60 y una conductividad eléctrica de 3.16 con una densidad aparente de 1.136 g cm<sup>3</sup>, materia orgánica del 4.535%, carbono orgánico de 2.630% y nitrógeno total de 6.67% (Laboratorio de suelos de la UAAAN-Saltillo), con riegos de forma directa a capacidad de campo aplicando aproximadamente 64 mm de agua de llave al inicio del experimento hasta un máximo de 90 mm hacia el final de estudio. La unidad experimental fue una planta de alfalfa con un total de 18 tubos de PVC, teniendo 54 tubos totales distribuidos en un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron cortes quincenales durante seis quincenas de rebrote. El día 17 de abril de 2021 se realizó un corte de uniformización manual, cortando el forraje a una altura de 5 cm a nivel de sustrato. De forma continua del 01 de mayo al 10 de julio se realizaron muestreos destructivos de la planta completa.

### **3.3 Variables evaluadas**

#### **3.3.1 Rendimiento de forraje**

Para determinar el rendimiento de forraje, se realizó un muestreo destructivo del material vegetal en el tubo de PVC por repetición. El material fue colocado en bolsas de papel previamente identificadas, y sometido a un secado en una estufa de aire forzado, marca Felisa Modelo FE-243A, a 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar un

peso constante, posterior se registraron los pesos de la materia seca, estimando en gramos de materia seca por (gr MS planta<sup>-1</sup>).

### 3.3.2 Composición morfológica

Las utilizadas para rendimiento de forraje, fueron tomados y separados en raíz, nódulos, hojas, tallos, material muerto, inflorescencia y semilla, y cada componente se secó en una estufa de aire forzado modelo FE-243<sup>a</sup>, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar un peso constante y se registró el peso de la materia seca, y se estimó su aportación al rendimiento total en porcentaje (%) y en gr MS Planta<sup>-1</sup>, mediante las siguientes formulas:

	CBM en %	
Peso total de la CBM	-	100 %
Peso del componente	-	<u>% del componente</u>
	CBM en gr MS Planta <sup>-1</sup>	
gr MS planta <sup>-1</sup> corte <sup>-1</sup>	-	100 %
gr MS planta <sup>-1</sup> corte <sup>-1</sup> componente <sup>-1</sup>	-	% del componente

### 3.3.3 Relación Hoja: Tallo (R:H/T), Peso Tallo Individual (PTI), Peso Hoja por Tallo Individual (PHI)

A partir de los componentes de hoja y tallo de la composición morfológica, se estimó la relación hoja: tallo mediante la siguiente formula:

$$R = H/T$$

Dónde:

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

H = Peso de la hoja (gr MS planta<sup>-1</sup>).

$T = \text{Peso del componente tallo (gr MS planta}^{-1}\text{)}$

Para el peso individual de tallo, se tomó el peso seco total de los tallos por planta y se dividió entre el número de estos. Así mismo, se tomó el peso de las hojas y se determinó el peso de hoja por tallo, mediante la siguiente formula:

$$PH * T = PHT/NTP$$

Dónde:

$PH * T = \text{Peso de hoja por tallo (g MS hoja tallo}^{-1}\text{)}$

$PHT = \text{Peso de hoja total (g MS hoja 10 tallos}^{-1}\text{)}$

$NTP = \text{Numero de tallos por planta}$

### **3.3.4 Altura de la planta**

Antes de cada muestreo se midió la altura de todas las plantas con una regla graduada de 100 cm, siendo colocada de forma vertical, con un dispositivo, mica de plástico, que se encuentra de forma perpendicular en la regla y por arriba de la parte aérea deslizando hacia abajo el dispositivo hasta tocar algún componente de la planta, registrando la altura marcada.

### **3.3.5 Relación Raíz:Parte Aérea (R:Raíz/Parte Aérea)**

Tomando los datos obtenidos en composición morfológica de raíz, se dividió entre los componentes nódulos, tallo, hoja, inflorescencia, material muerto y semilla y se estimó la relación Raíz/PA, mediante la siguiente formula:

$$R = \text{Raíz/PA}$$

Dónde:

$R = \text{Relación del peso de la raíz y nódulos, respecto los componentes aéreos (tallo, hoja, inflorescencia, material muerto y semilla).}$

Raíz = Peso de la raíz y nódulos (gr MS planta<sup>-1</sup>).

PA = Suma del peso de los componentes (tallo, hoja, inflorescencia, material muerto y semilla) (gr MS planta<sup>-1</sup>).

### **3.3.6 Peso de raíz**

Durante cada muestreo destructivo fueron separados de los demás componentes (nódulos, hoja, tallo, inflorescencia, material muerto y semilla), limpiándolas con agua para retirar el sustrato, secadas en una charola de escurrimiento y colocadas en bolsas de papel, para ser sometidas a un secado en una estufa de aire forzado, modelo Felisa FE-243A, por 72 h a 55 °C, hasta peso constante. Después de alcanzar el peso constante se registró el peso de la raíz en gramos de materia seca (g MS planta<sup>-1</sup>).

### **3.3.7 Área foliar por tallo**

Para obtener el área foliar por tallo se tomaron, las hojas totales de las plantas en fresco que fueron separadas de los tallos y puestas en hojas blancas para ser pasadas por un integrador de área foliar marca CID, Inc. Modelo CI-202 área meter de escáner, obteniendo valores en cm<sup>2</sup> totales de hojas por planta.

### 3.3.8 Análisis estadístico

Para determinar el efecto de edad de rebrote, sobre las variables evaluadas, se llevó a cabo un análisis de varianza, con un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones, con el procedimiento PROC GLM del SAS para Windows versión 9.0 (SAS Institute, 2011) y se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

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

Dónde:

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

$\mu$  = Media general de la población estudiada

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error estándar de la media

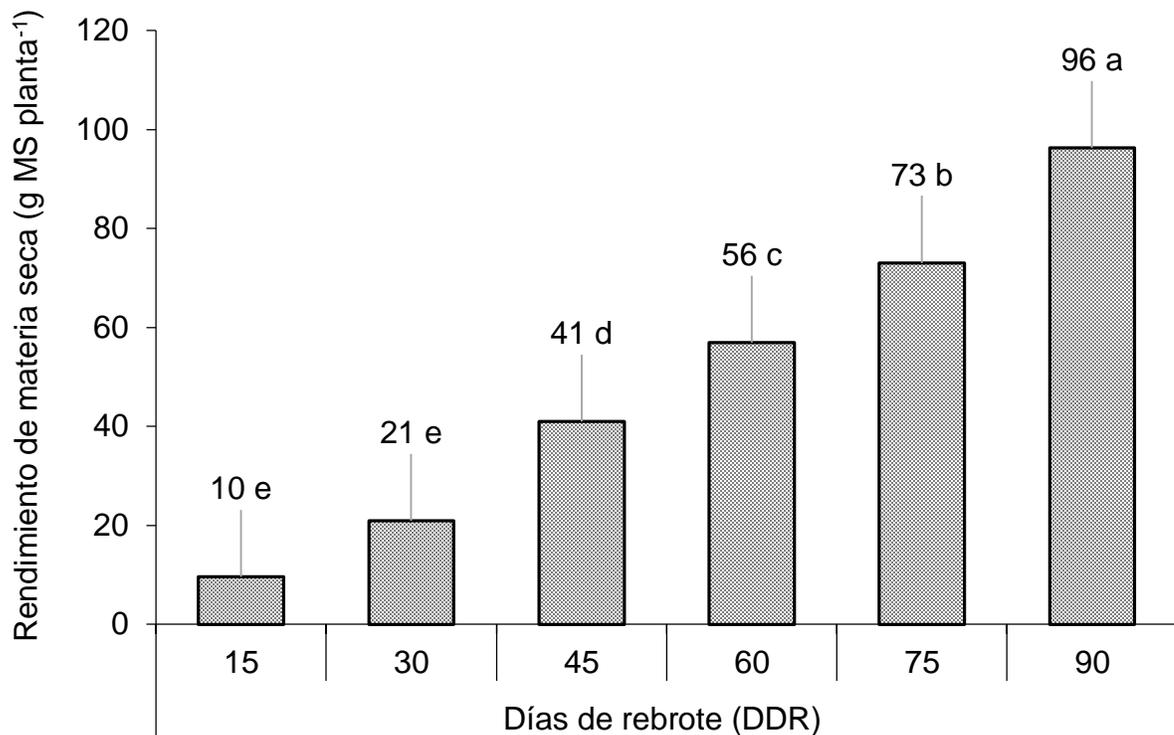
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Rendimiento de forraje

En la Figura 2 se muestran los rendimientos de forraje (g MS planta<sup>-1</sup>) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Atlixco, cosechada a diferentes días de rebrote (DDR). Se presentaron diferencias entre momentos de cosechas ( $p < 0.05$ ). Los mayores valores se mostraron a los 90 DDR con 96 g MS planta<sup>-1</sup>, y los menores rendimientos se registraron en los DDR 15 y 30 con 10 y 21 g MS planta<sup>-1</sup>. La producción de materia seca se vio afectada por la edad de la planta, a más días de rebrote mayor fue la producción de materia seca ( $p < 0.05$ ). El promedio de producción general fue de 49.61 g MS planta<sup>-1</sup> (Cuadro 2; Anexos), ya que el comportamiento fue en aumento de acuerdo al crecimiento de la planta.

Por otra parte, Luna (2020) obtuvo resultados en la variedad Atlixco, mostrando en esta un rendimiento de biomasa mayor conjuntamente con las variedades Genex, Júpiter, Oaxaca, San Miguel y Milenia, haciendo mención que en una etapa de sequía y existiendo variedades tolerantes a este tipo de estrés de corta duración y que al recibir un nuevo riego reiniciarán su producción de materia seca. Carmona (2021) encontró en la variedad Premium en condiciones de campo en la misma estación de primavera, que los rendimientos más altos se presentaron a los 42 días DDR, asemejándose a los resultados obtenidos por Vázquez (2021) bajo las mismas condiciones. Por su parte, Montes (2014) encontró en trébol blanco, en condiciones de invernadero, el máximo rendimiento de biomasa en la semana seis del estudio, teniendo similitud con los datos obtenidos por Carmona (2021) en la misma estación.

El comportamiento de estas especies forrajeras se pudiera deber a las óptimas temperaturas presentadas de entre 20 a 25 grados Celsius, lo que estimularía un recambio de tejido permitiendo una acumulación de materia seca en esta época, de acuerdo a Brock y Tilbroock (2000) la temperatura óptima para el buen desarrollo de las leguminosas es de 24° C.



**Figura 2.** Rendimiento de materia seca (g MS planta<sup>-1</sup>) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco cosechada a diferentes días de rebrote (DDR). RMS = Rendimiento de Materia Seca. Medias con las mismas letras sobre las columnas, son estadísticamente iguales.

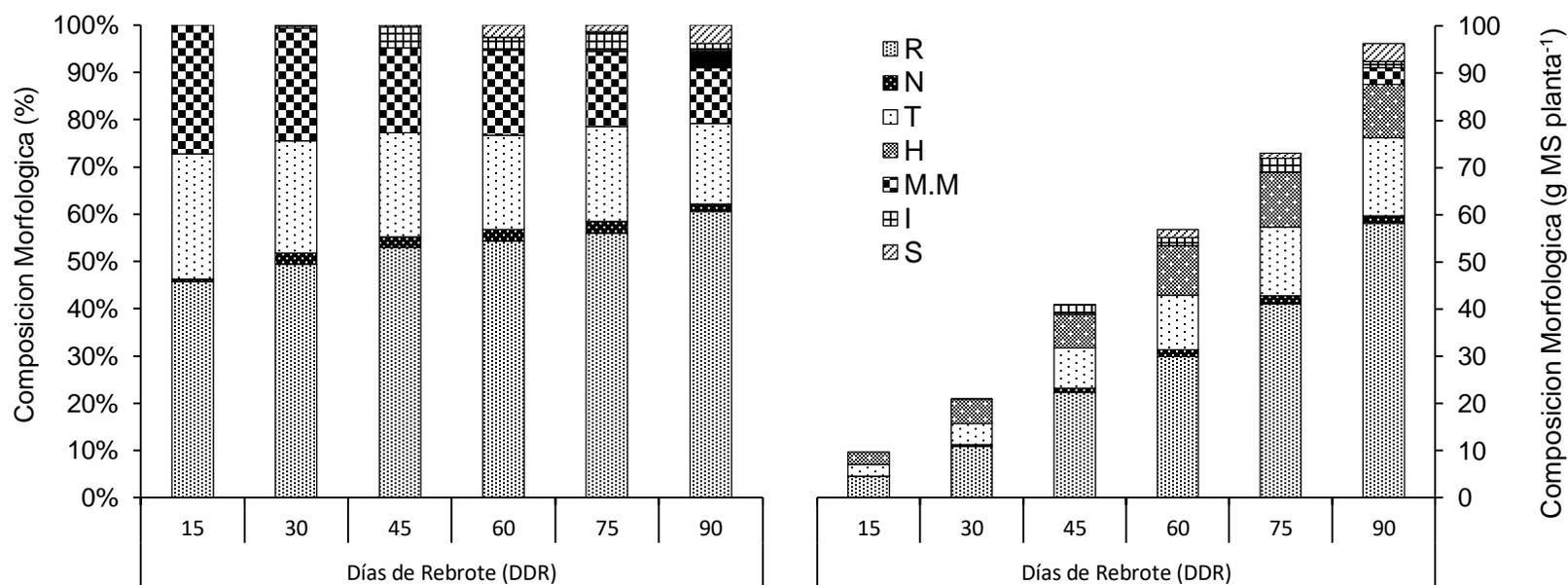
#### 4.2 Composición morfológica

El comportamiento de la composición morfológica en alfalfa variedad Atlixco, expresada en g MS planta<sup>-1</sup> y en porcentaje, se muestran en la Figura 3. En el porcentaje observamos un comportamiento con cambios significativos ( $p < 0.05$ ) durante el transcurso del experimento, donde observamos que la raíz presentó la aportación más alta iniciando en el primer muestreo (15 DDR) con 46 % y terminando con 61%. La hoja presentó un comportamiento descendente significativo ( $p < 0.05$ ), en (15 DDR) 27%, en (90 DDR) 12% lo que nos muestra un aumento en la aportación de materia seca por parte de este componente con (15 DDR) 2.6 g MS planta<sup>-1</sup>, con 11.4 g MS planta<sup>-1</sup> (90 DDR). Así mismo el tallo presentó un comportamiento similar al del

componente hoja, con un aporte de 26 % a los 15 DDR, al final del experimento presento 16% de aporte. El componente materia muerta se presentó con 4% de aporte (90 DDR); los componentes que menor aporte presentaron fueron Nódulos, Inflorescencia y Semilla; 2% en (90 DDR).

Vázquez (2021), en su experimento de campo, encontró que el mayor aporte de hoja a los 7 y 14 días fue superior al de los otros componentes, teniendo un descenso conforme los días después del rebrote aumentan, así como la presencia de inflorescencia a los 28 días, lo que concuerda con la aparición de inflorescencia en nuestros datos a los 30 DDR. Por su parte, Carmona (2021) reporto que los valores máximos de aporte a la composición fueron por parte de la hoja en los primeros días después del rebrote, existiendo una tendencia de comportamiento a la presentada en la figura 6 un aumento del aporte de los tallos y una disminución en el aporte del componente hoja, encontrado la primera presencia a los 35 días, en un rango similar a los presentados en este trabajo. No obstante, estos autores no consideraron el aporte de la raíz.

Mendoza (2008), asevera que, al reducir la frecuencia de corte, incrementa la contribución de tallos y material muerto; siendo el primero el que tiende a ser perjudicial para agregar valor nutricional al forraje disponible acumulable. De acuerdo con Hernández-Garay y Martínez (1997) en campo, los cortes con mayor frecuencia, generan calidad nutritiva en el forraje, pero disminuye a persistencia de la especie, por el agotamiento en la reserva de carbono, siendo el rebrote reiniciado por una adecuada translocación de carbohidratos. Con la aparición de inflorescencia la afectación a la digestibilidad y un adecuado contenido en la proteína cruda, existiendo una relación inversa, ya que disminuye el componente hoja, aumentando el material muerto y el contenido de fibra por tallo.



Componentes	DDR											
	15		30		45		60		75		90	
	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g
Raíz	46 <sup>Ac</sup>	4.5 <sup>Ad</sup>	49 <sup>Abc</sup>	10.8 <sup>Ad</sup>	53 <sup>Aabc</sup>	22.2 <sup>Ac</sup>	54 <sup>Aabc</sup>	29.9 <sup>Ac</sup>	56 <sup>Aab</sup>	41.0 <sup>Ab</sup>	61 <sup>Aa</sup>	58.2 <sup>Aa</sup>
Nódulos	1 <sup>Cb</sup>	0.0 <sup>Cc</sup>	2 <sup>Ca</sup>	0.5 <sup>Cbc</sup>	2 <sup>Cab</sup>	0.9 <sup>Cb</sup>	3 <sup>Ca</sup>	1.5 <sup>Ca</sup>	2 <sup>Ca</sup>	1.7 <sup>Ca</sup>	2 <sup>Dab</sup>	1.6 <sup>Da</sup>
Tallo	26 <sup>Ba</sup>	2.5 <sup>Be</sup>	24 <sup>Bab</sup>	4.4 <sup>Bde</sup>	22 <sup>Babc</sup>	8.6 <sup>Bcd</sup>	20 <sup>Babc</sup>	11.5 <sup>Bbc</sup>	20 <sup>Bbc</sup>	14.6 <sup>Bab</sup>	16 <sup>Bc</sup>	16.5 <sup>Ba</sup>
Hoja	27 <sup>Ba</sup>	2.6 <sup>Bc</sup>	24 <sup>Ba</sup>	5.1 <sup>Bbc</sup>	18 <sup>Bb</sup>	7.1 <sup>Bb</sup>	18 <sup>Bb</sup>	10.5 <sup>Ba</sup>	16 <sup>Bbc</sup>	11.5 <sup>Ba</sup>	12 <sup>Cc</sup>	11.4 <sup>BCa</sup>
Material Muerto	0 <sup>Cb</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	0 <sup>Cb</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	0 <sup>Cb</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	0 <sup>Db</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	0 <sup>Cb</sup>	0.1 <sup>Cb</sup>	4 <sup>Da</sup>	3.4 <sup>CDa</sup>
Inflorescencia	0 <sup>Cc</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	1 <sup>Cbc</sup>	0.1 <sup>Cb</sup>	4 <sup>Ca</sup>	2.0 <sup>Ca</sup>	3 <sup>Cab</sup>	1.6 <sup>Cab</sup>	4 <sup>Ca</sup>	3.0 <sup>Ca</sup>	1 <sup>Dbc</sup>	1.4 <sup>Dab</sup>
Semilla	0 <sup>Cb</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	0 <sup>Cb</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	1 <sup>Cb</sup>	0.2 <sup>Cb</sup>	2 <sup>CDab</sup>	1.7 <sup>Cab</sup>	2 <sup>Cab</sup>	1.0 <sup>Cab</sup>	4 <sup>Da</sup>	3.8 <sup>CDa</sup>

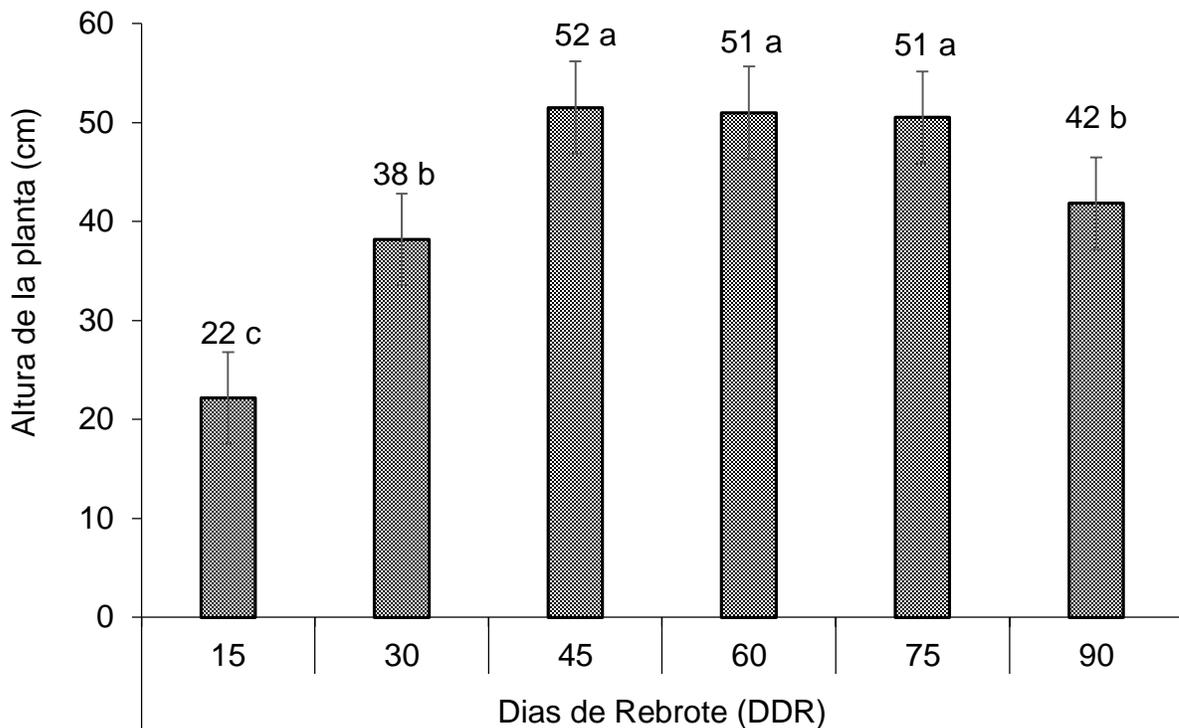
**Figura 3.** Contribución de los componentes morfológicos al rendimiento de forraje total de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlxco, cosechada a diferente edad de rebrote. Literales minúsculas diferentes en cada fila y mayúsculas diferentes en cada columna son diferentes estadísticamente. R=Raíz, N=Nódulos, T=Tallo, H=Hoja, M.M.=Material muerto I=Inflorescencia, S=semilla.

### 4.3 Altura de planta

En la Figura 4, se aprecian los cambios en la altura de las plantas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) de la variedad Atlixco, cosechada en diferente edad de rebrote. Se muestra la gráfica una tendencia creciente en relación con los DDR, donde el mayor registro se obtuvo en los 45 DDR llegando a 52 cm de altura sin mostrar gran diferencia significativa ( $p < .0001$ ) en relación con los 60 y 75 DDR que presentaron 51 y 51 cm respectivamente; teniendo una tendencia descendente en el día 90 DDR, posiblemente por la presencia de la aparición de otros componentes como la semilla que provocó un doble en la parte superior de planta (Figura 3). La mínima altura de planta se registró a los 15 DDR con un valor de 22.

Álvarez (2013) en la estación primavera reportó una media de altura para esta misma variedad de 39 cm, lo que resulta cerca de la media para nuestro estudio que se encuentra en 42 cm (Cuadro 3, Anexos). Por su parte Luna (2015) encontró la mayor altura para las variedades San Miguel y Oaxaca en la estación primavera bajo condiciones de invernadero, con medias de 60.3 y 64.4 cm respectivamente, mencionando que la altura de planta puede tomarse como un estimador de rendimiento de biomasa en alfalfa, como un método indirecto.

Montes (2014) encontró que en trébol blanco (*Trifolium repens* L.) bajo condiciones de invernadero la altura máxima se presentó en la estación primavera a los 42 días con 33.29 cm lo que significa una tendencia similar al comportamiento presentado a 45 DDR en alfalfa. Lo que nos indica que la máxima altura se presenta entre los 40 y 45 DDR e indicando el punto óptimo de corte para la estación primavera.



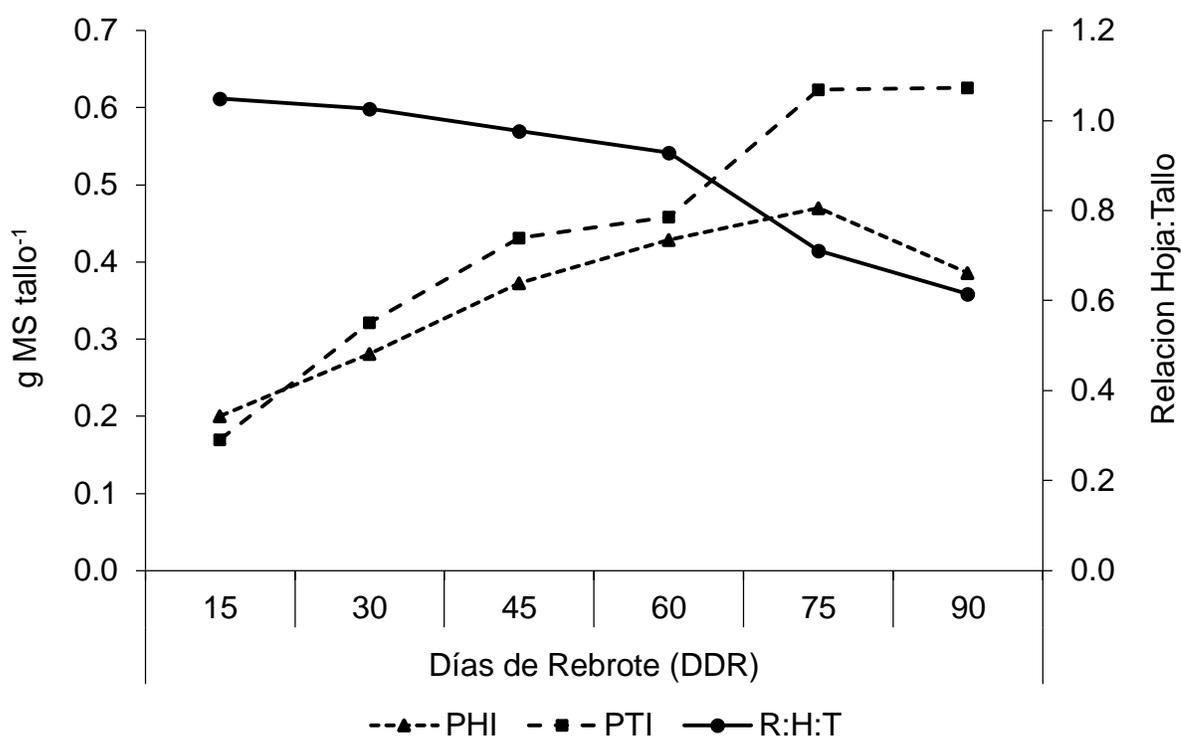
**Figura 4.** Altura de planta (cm) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco cosechada a diferente edad de rebrote. Diferente letra minúscula entre cortes, indican diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).

#### 4.4 Relación Hoja: Tallo (R:H/T), Peso Tallo Individual (PTI), Peso Hoja por Tallo Individual (PHI)

En la Figura 6 muestra el comportamiento de la Relación H: T y la relación que tiene respecto al peso de tallo y hojas por tallo por efecto de la edad de planta. Se presentó un descenso en la relación H: T, similar con el descenso del peso de hoja por tallo, y aumentando el peso de tallo individual. Se presenta la mayor R:H/T de los 15 a los 60 DDR, no presentando diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), llegando a 90 DDR con una relación de 0.6. En el PHT el comportamiento inicia con una tendencia ascendente apreciándose el punto más alto a los 75 DDR con  $0.5 \text{ g MS planta}^{-1}$ , el menor peso se aprecia en el primer muestreo con  $0.2 \text{ g MS planta}^{-1}$ , Además en este punto se aprecia

el cambio de dirección en el comportamiento de la gráfica apreciándose un descenso, en relación con la defoliación que sufre la planta conforme su edad avanza.

De acuerdo con Vázquez (2021), encontró para la variedad Cuf 101, el máximo valor para la relación H: T en los primeros 7 DDR con un valor de 1.5, a los 14 días encontró 1.0 de relación lo que concuerda con los datos obtenidos a los 15 DDR en este estudio; Álvarez (2013) en su evaluación de 10 variedades de alfalfa encontró una media para la estación de primavera de 0.9, comparado con los datos obtenidos de 0.87 en la estación primavera variedad Atlixco. Para el peso de tallo individual Cadena (2009) encontró que la estación de primavera los máximos valores se presentaron a los 42 DDR con 0.84 g MS tallo<sup>-1</sup>, teniendo una tendencia positiva de acuerdo al crecimiento de la especie. Por otra parte, Álvarez (2013) para la variedad Atlixco presentó un peso de 0.55 g a los 28 DDR, valor superior que el registrado a los 30 DDR siendo este 0.32 g. Vázquez (2021) reporta un comportamiento similar a nuestros resultados; presentando una curva de ajuste cuadrática  $R^2=0.94$  demostrando una alta correspondencia entre peso de hoja y días después del rebrote, indicando con estos datos que, a una mayor producción de hoja, existe una mayor tasa de acumulación neta en el forraje presentándose el índice máximo de área foliar (Chapman y Robson, 1992), por lo que la alta producción y el acelerado crecimiento de hoja y tallo son el resultado de las interacciones entre condiciones edáficas, temperatura, humedad, horas luz y las condiciones climáticas favorables (Difante *et al.*, 2009).



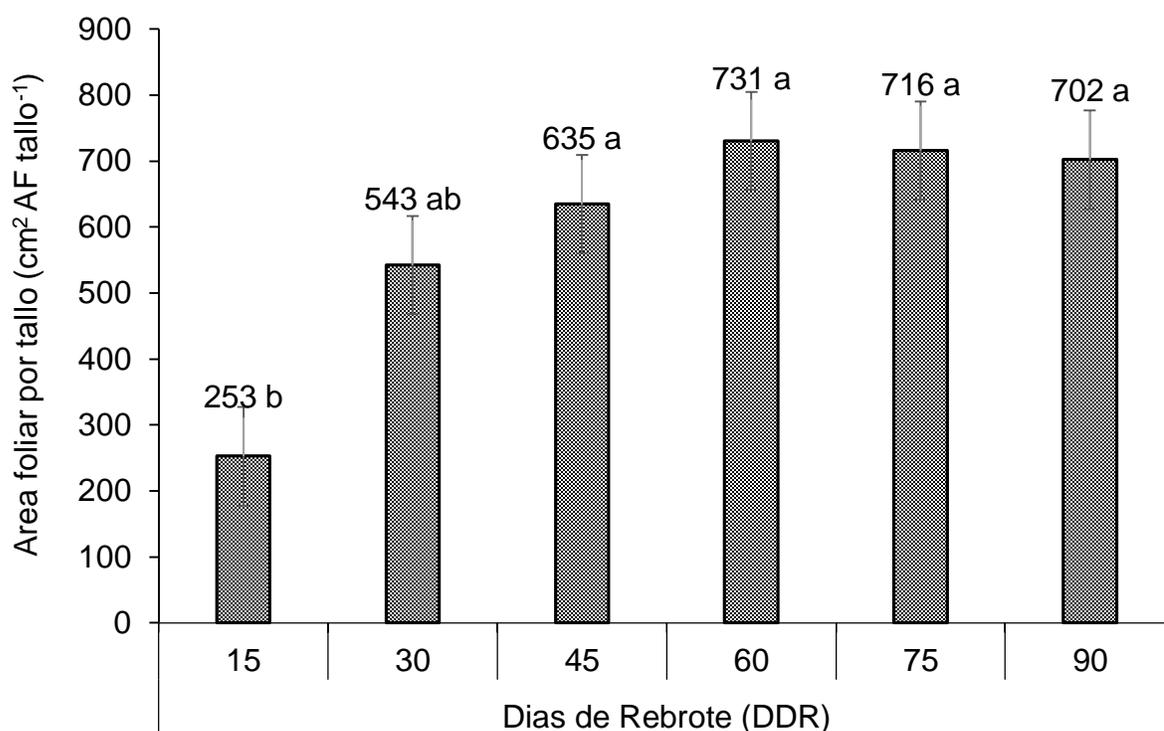
PHI	0.2 <sup>Ac</sup>	0.3 <sup>Ac</sup>	0.4 <sup>Ab</sup>	0.4 <sup>Aab</sup>	0.5 <sup>Aa</sup>	0.4 <sup>Aab</sup>
PTI	0.1 <sup>Ab</sup>	0.3 <sup>Ab</sup>	0.4 <sup>Aab</sup>	0.5 <sup>Aab</sup>	0.6 <sup>Aa</sup>	0.6 <sup>Aa</sup>
R H:T	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>ab</sup>	0.9 <sup>ab</sup>	0.7 <sup>bc</sup>	0.6 <sup>c</sup>

**Figura 5.** Relación hoja:tallo, peso de tallo individual (PTI), peso hoja por tallo (PTH) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco cosechada a diferente edad de rebrote. Misma letra minúscula en la misma fila no son diferentes estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

#### 4.5 Área foliar por tallo

Los cambios en el Área Foliar por tallo ( $\text{cm}^2 \text{AF tallo}^{-1}$ ) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco, evaluada a diferentes días de rebrote, se muestran en la Figura 6. No se muestran cambios significativos a partir de los 45 DDR ( $p > 0.05$ ), teniendo relación con el desarrollo de la planta y mostrando una tendencia similar al peso de hoja por tallo; descendente en los 75 DDR con  $716 \text{ cm}^2$  y llegando al punto máximo en los 60 DDR con  $731 \text{ cm}^2$ . El menor registro se presentó en a los 15 DDR, siendo relacionado con el remante de la defoliación, para los 90 DDR el descenso quedo en

registro de 702 relacionado con la maduración de la planta y con mayor presencia de materia muerta (Figura 3).



**Figura 6.** Área Foliar por tallo (cm<sup>2</sup> AF tallo<sup>-1</sup>) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlxco cosechada a diferente edad de rebrote. Diferente literal minúscula en la misma fila son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

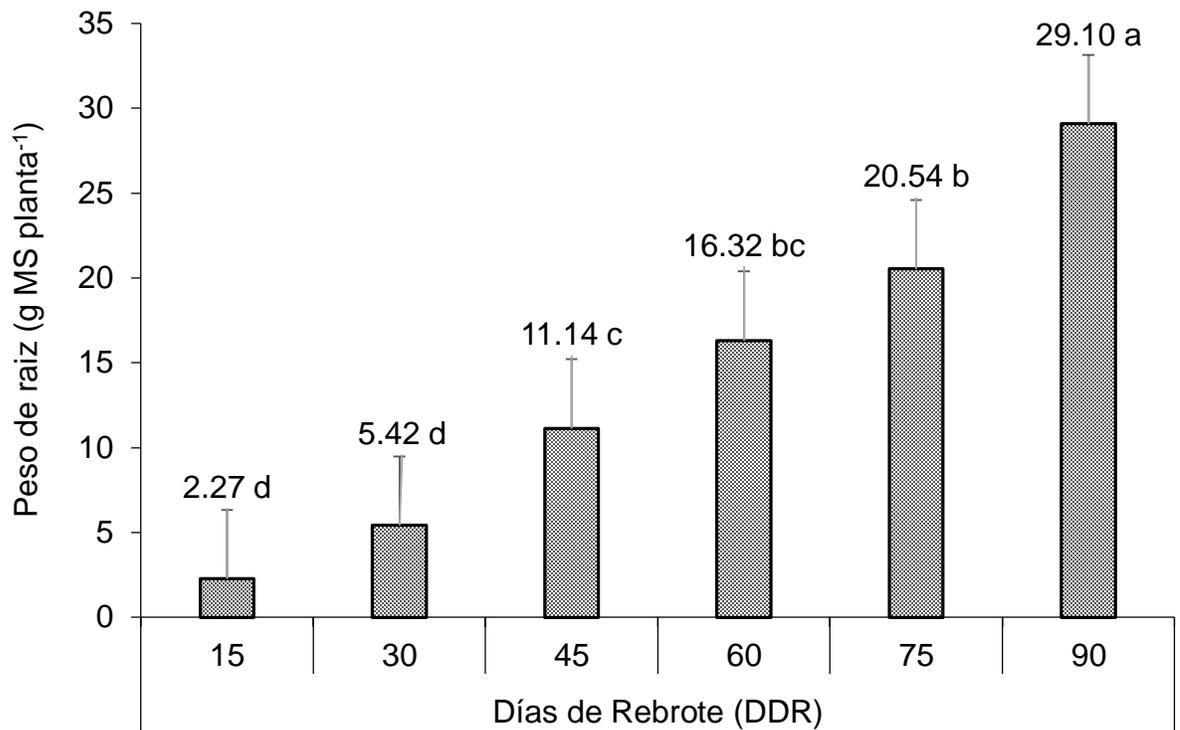
De acuerdo con Carmona (2021), el de área foliar es una fuente en la que se puede confiar para determinar el tiempo óptimo para realizar el corte; encontrando el máximo valor de área foliar en el día 42 DDR, en nuestros resultados, el comportamiento de la altura con respecto del área foliar corresponde al punto óptimo de corte. En contra parte Álvarez (2013), nos muestra que en la estación de primavera la variedad Atlxco mostro un valor por arriba de las otras variedades encontrando 3.6 cm<sup>2</sup> de área foliar por tallo. De acuerdo a Pérez *et al.* (2002) los cambios en el crecimiento están influenciados por el área foliar debido a que la fotosíntesis depende directamente de la presencia de hoja. Por su parte, Cadena (2009) encontró la mayor

área foliar por tallo, en la estación de verano, sin embargo, para la estación de primavera la media reportada a los 35 días es de 63 cm<sup>2</sup> coincidiendo con los 67.875 cm<sup>2</sup> por tallo reportado en nuestros resultados.

#### **4.6 Peso de raíz**

Los pesos de la raíz en alfalfa (*Medicago sativa L.*) var. Atlixco en función de la edad de rebrote, se registran en la Figura 7. A una mayor edad de la planta se presentó un comportamiento de forma creciente registrando una diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), lo que explica su mayor aporte al rendimiento total a mayores días de rebrote (Figura 3). Se obtuvo un valor promedio de 14.12 g MS (Cuadro 2; anexos). En los primeros 15 DDR podemos observar un peso de raíz de 2.27 g MS planta<sup>-1</sup> sin ser diferentes estadísticamente al valor registrado a los 30 DDR de 5.42 g MS planta<sup>-1</sup>, con una tendencia ascendente conforme el crecimiento de la planta llegando al peso máximo en 29.10 g MS planta<sup>-1</sup>, donde se presentó una mayor maduración de este órgano.

Luna (2020), obtuvo que una estimulación provocada por sequía promovía una alta acumulación en el peso seco de las raíces y corona, obteniendo resultados a los 112 DDT para la variedad Atlixco de 31.90 g, existiendo una diferencia considerable con su tratamiento de riego (21.4 g) siendo en esta condición donde no se presentó la necesidad por parte de la planta de buscar una mayor concentración de humedad, pero siendo de igual forma acá donde el desarrollo de la parte área fue de una tasa superior, en comparación a donde existió mayor peso de raíz.

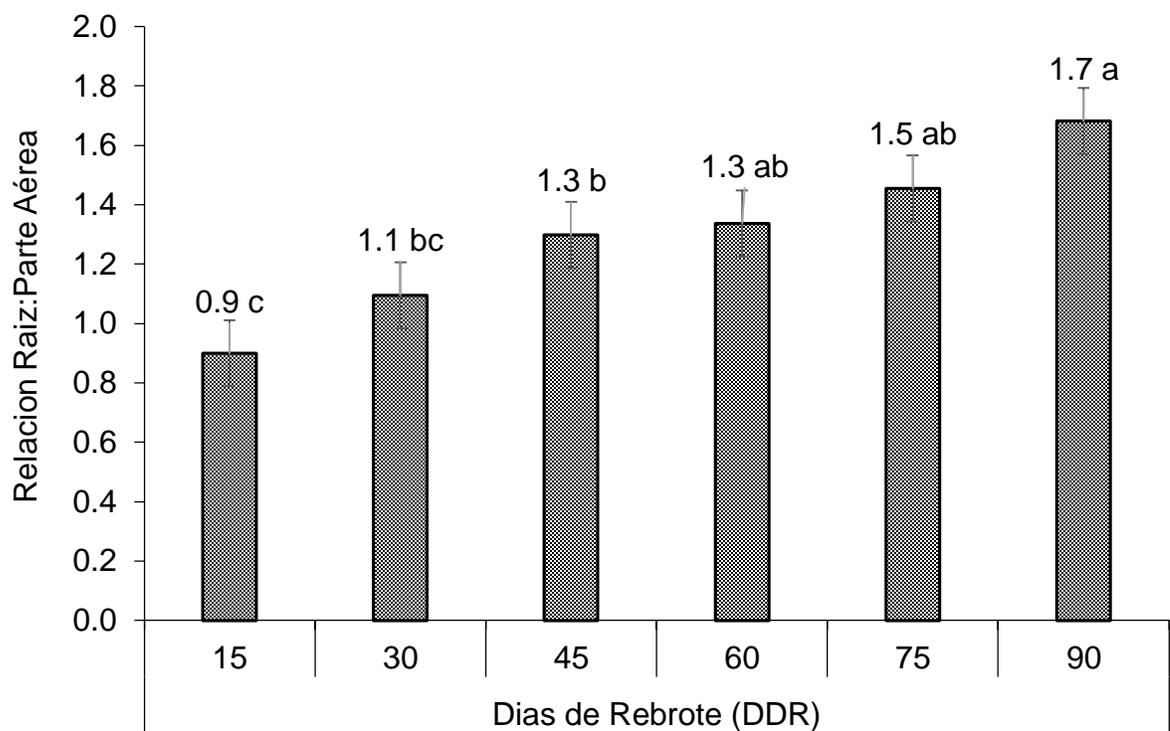


**Figura 7.** Peso de raíz (g MS planta<sup>-1</sup>) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlxco cosechada a diferente edad de rebrote. Diferente literal minúscula en la misma fila son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

#### 4.7 Relación Raíz:Parte Aérea

El comportamiento de alfalfa que corresponde a la relación raíz:parte aérea se aprecia en la Figura 8. Se presentó un comportamiento en aumento constante, teniendo como referencia que a los 15 DDR la parte aérea estaba por encima de la parte radicular con un valor de 0.9, respecto al final de estudio, que nos muestra el tamaño de la raíz en relación a la parte aérea de 1.7 veces el tamaño, estimando que esto se debe a la senescencia y crecimiento de la raíz en la especie. Luna (2020) encontró que el coeficiente de raíz: parte aérea en la variedad Atlxco con un tratamiento de aplicación de riego y sequía en condiciones de invernadero fue de 0.45 y 0.80 respectivamente teniendo una relación con los datos obtenidos en nuestro experimento, haciendo énfasis que la mayor correlación se mostró en el tratamiento

sequía, siendo explicado esto, por la necesidad de la planta de la búsqueda de mayor humedad, para el experimento realizado la mayor correspondencia se presentó cuando el envejecimiento y engrosamiento de raíces aumento; así mismo con la población de nódulos, aportando mayor peso. Variedades tolerantes a sequias presentan una mayor relación de raíz: parte aérea, permitiendo una mayor captación y aprovechamiento de agua en temporadas de sequía, pero disminuyendo el tamaño del dosel (Anower et al., 2017; Sharp et al., 2004).



**Figura 8** Relación raíz:parte aérea de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlxco cosechada a diferente edad de rebrote. Diferente literal minúscula en la misma fila son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

## **V. CONCLUSIONES**

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. 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.

## VI. LITERATURA CITADA

- Álvarez, V. P. 2013.** Evaluación cuantitativa de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. Texcoco, Edo. De México. Pp 35-68.
- Anower, M. R., A. Boe, D. Auger, I. W. Mott, M. D. Peel, L. Xu, P. Kanchupati and Y. Wu. 2017.** Comparative drought reponse in eleven diverse alfalfa accessions. *Journal of Agronomy and Crop Science* 203;1-13. Doi;[10.1111/jac.12156](https://doi.org/10.1111/jac.12156).
- Aparicio, Y. V., Garay, A. H., Hernández, P. A. M., Pérez, J. P., Haro, J. G. H., y Castañeda, C. L. 2006.** Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(1): 369-372.
- Baguet, H. A. y Bavera, G. A. 2001.** Fisiología de la planta pastoreada. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional del Río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina. [http://www.produccionovina.com.ar/produccioymanejo/pasturas/pastoreosistemas/04fisiologia\\_de\\_la\\_planta\\_pastoreada.htm](http://www.produccionovina.com.ar/produccioymanejo/pasturas/pastoreosistemas/04fisiologia_de_la_planta_pastoreada.htm) (revisado el 27-03-2022).
- Baguet, H. A., y Bavera, G. A. 2001.** Fisiología de la planta pastoreada. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional del Río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) (14, marzo, 2021).
- Baldissera, T. C., Frak, E., Carvalho, P. C. D. F., y Louarn, G. 2014.** Plant development controls leaf area expansion in alfalfa plants competing for light. *Annals of botany*, 113(1): 145-157. <https://doi.org/10.1093/aob/mct251>
- Ball, D. M., Collins, M., Lacefield, G., Martin, N., Mertens, D., Olson, K., et al. 2001.** Understanding forage quality: American Farm Bureau Federation Park Ridge, IL.

- Barahona L., Viviana y Ovalle M., Carlos. 2021.** *Dormancia en alfalfa* [en línea]. La Cruz, Chile: Podcast INIA La Cruz. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/67667> (Consultado: 27 mayo 2022).
- Beccera, C. 2003.** Productividad de cuatro cultivares y tres líneas de alfalfa (*Medicago sativa* L) en un andisol de la región de la Araucanía. Universidad de La Frontera. Tesis. Temuco- Chile. 79 pp.
- Berone, G. D. 2016.** Leaf expansion and leaf turnover of perennial C4 grasses growing at moderately low temperatures. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 48(2): 65-85.
- Bidwell, R. G. 1979.** *Fisiología Vegetal*. 2a edición. Primera en español. Traductor Guadalupe G. Cano y Cano. México, D. F. AGT. editor. 784 p. <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/fisiologiavegetalbidwell.pdf> (27, marzo, 2022).
- Bouton, J. H., Gates, R. N., & Hill, G. M. 2001.** Combining the grazing tolerance trait with forage production in non-dormant alfalfa. Lloveras J.(ed.). *Quality in lucerne and medics for animal production*. Zaragoza: CIHEAM. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens*, 45(1):177-182.
- Briske, D. D., & Richards, J. H. 1994.** Physiological responses of individual plants to grazing: current status and ecological significance. *Ecological implications of livestock herbivory in the west*. Society for Range Management, Denver, Colorado, USA, 147-176.
- Briske, D. D., Boutton, T. W., y Wang, Z. 1996.** Contribution of flexible allocation priorities to herbivory tolerance in C 4 perennial grasses: an evaluation with 13 C labeling. *Oecologia*, 105(1): 151-159.

- Brock, J. y Tilbrook, J. 2000.** Effect of cultivar of white clover on plant morphology during the establishment of mixed pastures under sheep grazing, New Zealand Journal of Agricultural Research, 43:3, 335-345.
- Cadena, S. 2009.** Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en respuesta a diferentes frecuencias de cosecha. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad. Texcoco, México: 78 p.
- Carmona, C. B. 2021.** Comportamiento productivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de rebrote, en el sureste de Coahuila, México. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila: 56 p.
- Carmona, C. B. 2021.** Comportamiento productivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de rebrote, en el sureste de Coahuila, México. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila: 56 p.
- Carrete, J., Scheneiter, O., Colabianchi B. & Amendola, C. 2006.** Utilización de pasturas de alfalfa - festuca alta con dos sistemas de pastoreo. Carga animal y producción de carne. Revista de Investigaciones Agropecuarias 35 (3): 19-28.
- Chapman, D. F. and Lemaire, G. 1993.** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. 95-105 p.
- Chapman, D. F., y Robson, M. J. 1992.** The physiological role of old stolon material in white clover (*Trifolium repens* L.). New Phytologist, 122(1): 53-62. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/j.1469-8137.1992.tb00052.x> (27, marzo, 2022).
- Clark, G. A., y Smajstrla, A. G. 1996.** Design considerations for vegetable crop drip irrigation systems. HortTechnology, 6(3):155-159.

**CONABIO. 2022.** Sistemas de información de Organismos vivos Modificados (SIOVM) Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad. C von Linne Descripción original de la especie Medicago sativa, Species Plantarum, Volumen 2 (en línea) [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21893\\_sg7.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21893_sg7.pdf) (fecha de consulta 27/05/2022)

**CONAGUA. 2022.** Estadísticas Agrícolas de las Unidades de Riego Año agrícola 2016-2017 <https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGIH-3-18.pdf> (fecha de consulta 27/05/2022)

**Colabeli, M., Agnusdei, M., Mazzanti, A. y Labreveux, M. 1998.** El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. Boletín Técnico No. 148.

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

**Difante, G. D. S., Nascimento Jr., D. D., Euclides, V. P. B., Silva, S. C. D., Barbosa, R. A., y Gonçalves, W. V. 2009.** Sward structure and nutritive value of tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. Revista Brasileira de Zootecnia, 38(1): 9-19. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100002>

**Duarte, 2002.** Como implantar bien una pastura de alfalfa. [www.viarural.com.ar](http://www.viarural.com.ar) (15, abril, 2022).

**Escalante, E. J. A., Martínez, V. E., Escalante, E. L. E. y Kohashi, S. J. 1995.** Relaciones fuente-demanda en frijol. II. Efecto de la remoción de flores sobre el rendimiento y sus componentes. Revista. Fitotec. Mex. 18(1):61-68.

**Espinoza, C., y Ramos, G. 2001.** El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. Folleto para productores, (22):11. <https://fliphtml5.com/gbfd/yrbl/basic> (03, marzo, 2022).

**Faner, C. 2001.** La pastura de alfalfa como fuente de alimentación para cerdos en crecimiento y terminación. En: Nutrición porcina: Universo Porcino (En línea). Disponible en [http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/faner\\_la\\_pastura\\_de\\_alfalfa\\_como\\_fuente\\_de\\_alimentacion.html](http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/faner_la_pastura_de_alfalfa_como_fuente_de_alimentacion.html). Accesado en 26/05/2022.

**Fick, G. y Mueller, S. 1989.** Alfalfa: Quality, maturity and mean stage of development. Department of Agronomy. College of Agriculture and Life Sciences. Cornell University. Pp (15).

**Galvis Spinola, A., González Hernández, V. A., Hernández Garay, A., Pérez, J., Vaquera Huerta, H., y Velasco Zebadúa, M. 2001.** Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.). Técnica Pecuaria en México 1(39):435-441.

**Hanson, C. H. 1972.** Alfalfa. Science and Tecnology. American Society or Agronomy. Inc. Number 15. Serie Agronomy. 812 p.

**Hernández, G. A. y Martínez, H. P. A. 1997.** Utilización de pasturas tropicales. En: Torres H. G. y Díaz, R. P. (Eds.) Producción de ovinos en zonas tropicales Fundación Produce-Inifap. 8.24p.

**Hernández-Garay, A., Pérez. P. J. y Hernández, G. V. A. 1992.** Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. Agrociencia. 2(1):131-144.

**Hodgson, J. 1990.** Grazing management. Science into Practice. Longman Scientific and Technical. Harlow, England. 204 p.

**Horrocks, R. D., & Valentine, J. F. 1999.** Harvested forages: Academic Press. Oval Road, London. United Status of America. 426p.

**INFOAGRO. 2021.** El cultivo de alfalfa. <https://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm> (27, marzo, 2022).

- Juncafresca, B. 1983.** Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. 2ª edición. Editorial aedos Barcelona, España. 203 p.
- Lacenfield, G. D. 1998.** Alfalfa: Queen of the foraje crops. In. The 28<sup>th</sup> National Alfalfa Symposium & 18<sup>th</sup> Annual Kentucky Alfalfa Conference. Certified Alfalfa Seeds Council. February 26 -27, 1998. Pp, 1998. PP 77 – 79.
- Liu, D.; Liu, G. & Yang, Z.** e effect of sowing and harvesting factors on the yield of hay and the proportion of stem leaves of *Medicago sativa*. *Acta Prataculturae Sinica*. 24:45-56, 2022
- Luna, G. M. J. 2014.** Análisis del proceso de producción y dinámicas de crecimiento para incrementar la productividad en dos leguminosas forrajeras Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Pp 40-85.
- Luna, G. M. J. 2015.** Evaluación de rendimiento y caracterización morfológica en germoplasma de alfalfa (*Medicago sativa* L.) Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. Texcoco, Edo. De México. Pp 60-95.
- Luna, G. M. J. 2020.** Variabilidad en rendimiento de forraje y resistencia a sequía en alfalfa. Tesis de Doctorado. Colegio de postgraduados. Texcoco, Edo. De México. Pp 119.
- Mendoza, P., Hernández, G., Pérez, P., Quero, C., Escalante, E., Zaragoza, R. & Ramírez, R. 2010.** Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria* 1 (3): 287- 296.
- Mendoza, S. I. 2008.** Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferente frecuencia de corte. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad, Ganadería. Texcoco, México: 123 p.

- Muslera, P. E., Ratera, G. C. 1991.** Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. Editorial mundi prensa. Madrid. España. 674 p.
- Nescier I M., Dalla F L A., Prieto C. 2004.** Calidad forrajera de alfalfas inoculadas y fertilizadas. Revista FAVE- Ciencias veterinarias 3 (1-2) 79-85.
- Pérez, B. M. T., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Herrera, H. J. G., y Bárcena, G. R. 2002.** Respuesta productiva y dinámica de rebrote del pasto ballico perenne a diferentes alturas de corte. Técnica Pecuaria en México.
- Quiroga G., H. M. 1991.** Efectos del estado de madurez al corte sobre el rendimiento, calidad y persistencia de la alfalfa en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación en Forrajes 1986. SARH, INIFAP. Región Lagunera. Matamoros, Coahuila, México. Abril. Pp. 1 - 21.
- Quiroga-Madrigal, Ricardo, Rosales-Esquinca, María, Rincón-Espinosa, Patricia, Hernández-Gómez, Elizabeth, & Garrido-Ramírez, Eduardo Raymundo. 2007.** Enfermedades Causadas por Hongos y Nematodos en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Municipio de Villaflores, Chiapas, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 25(2), 114-119. Recuperado en 28 de mayo de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092007000200004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092007000200004&lng=es&tlng=es).
- Rebora, C., Barros, A., Iburguren, L., Bertona, A., Antonini, C. & Arenas, F. 2015.** Efecto del grado de reposo invernal de alfalfa (*Medicago sativa* L.) sobre el rendimiento de heno en el oasis norte de Mendoza. Rev. FCA UNCUYO 47 (2): 43- 51.
- Richards, J. H. 1993.** Physiology of plants recovering from defoliation. In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. pp. 89-95.

- Rivas, J., López, C., & Hernández-Garay, A. 2005.** Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Técnica pecuaria en México*, 43(1), 79-92.
- Robertson, M., Carberry, P., Huth, N., Turpin, J., Probert, M. E., Poulton, P., et al. 2002.** Simulation of growth and development of diverse legume species in APSIM. *Crop and Pasture Science*, 53(4), 429-446.
- Rojas, G. A. R. 2011.** Dinámica de crecimiento y rendimiento de forraje de diez variedades de alfalfa. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 70 p.
- Rojas, G. M. 1993.** Fisiología Vegetal Aplicada. 4ª Edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. 275 p.
- RUOA, UNAM.** <https://www.ruoa.unam.mx/index.php?page=estaciones&id=10> (25, mayo, 2022).
- Salinas, C. S. 2005.** Pasado, presente y futuro de la alfalfa en México. Ficha Técnica de Semillas Berenten, S. A. de C. V. Departamento de Investigación y Desarrollo. [www.sebesa.com.mx](http://www.sebesa.com.mx) (Revisado 25 de mayo de 2022).
- Santamaría, C. J., Figueroa V. U., y Consuelo M. M. M. 2004.** Productividad de la alfalfa en condiciones de salinidad en el distrito de riego 017, Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*, 22(3): 343-349.
- Sharp, R. E., V. Poroyko, L. G. Hejlek, W. G. Sollen, G. K. Springer, H. J. Bohner, and H. T. Nguyen, 2004:** Root growth maintenance during wáter déficits: physiology to funtional genomics. *Journal of Experimental Botany* 55, 2340 - 2355.
- SIAP, 2022.** Anuario Estadístico de la Producción Agrícola <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (25 de mayo 2022)

- Soriano, S. 2003.** Importancia del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el estado de Baja California Sur. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Monografía. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 113pp.
- Soto, O. P., Jahn, B. E. Velasco, H. R. y Arredondo, S. S. 2004.** Especies leguminosas forrajeras para corte en suelos arcillosos de mal drenaje. Agricultura Técnica. 157- 164 p.
- Speeding, C. R. W. 1971.** Grassland ecology. Claredon press. Oxford, Great Britain. 221 p.
- Teixeira EI, Moot DJ, Mickelbart MV.** Seasonal patterns of root C and N reserves of lucerne crops (*Medicago sativa* L.) grown in a temperate climate were affected by defoliation regime. Europ J Agron 2007; 26(1):10-20.
- Varella, A. C., Peri P. L., Lucas R. J., Moot D. J., and Mcneil D. L. 2001.** Dry matter production and nutritive value of alfalfa and orchardgrass under different light regimes. Proceedings XIX International Grassland Congress. San Paulo, Brazil. 659 - 660 p.
- Vázquez, G. J. 1978.** Efecto del nitrógeno, época del año, frecuencia y altura de corte en las reservas de los carbohidratos y materia seca en Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus* K.) Schum. y Pará *Brachiaria mutica* (Fork) Stapf
- Vázquez, G. R. G. 2021.** Dinámica de crecimiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Cuf-101 a diferentes edades de rebrote. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila: 57 p.
- Velasco, Z. Ma. E., Hernández, G. A., González, H. V. A., Pérez, P. J., Vaquera, H. H., Galvis, S. A. 2001.** Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis Glomerata* L.). Técnica Pecuaria en México.

- Villalobos, T. 2002.** Eficiencia de cosecha del forraje y producciones potenciales de carne. 4º Encuentro Productores de Terneros de la Cuenca del Salado, Argentina pp. (6).
- Viteri, O., y Vitaliano, W. 2019.** Fenología, composición química y manejo de las variedades de alfalfa en el Cantón Riobamba. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Posgrado. Lima, Peru: 216 p.  
<http://190.119.243.88/bitstream/handle/UNALM/4085/o%c3%b1ate-viteri-wilson-vitaliano.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (01, marzo, 2022).
- Volenec, J. J. and Nelson, C. J. 1983.** Responses of tall fescue leaf meristem to N fertilization and harvest frequency. *Crop Science*. 23(1):720-724.
- Zambrano, A., Franquis, F. e Infante, A. 2004.** Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas.

## VII. ANEXOS

**Cuadro 3.** Rendimiento de Materia Seca (RMS), Relación Hoja:Tallo, Altura de planta, Relación Raiz:Parte Aérea, Área Foliar por tallo, Peso de la raíz, Peso de hoja por tallo, Peso de Tallo individual, de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco (DDR), cosechada a diferentes días de rebrote, en el Sureste de Coahuila, México.

Variables	Días de Rebrote (DDR)						$\bar{x}$	Pr > F	EEM	DMS
	15	30	45	60	75	90				
RMS (g MS planta <sup>-1</sup> )	10 <sup>e</sup>	21 <sup>e</sup>	41 <sup>d</sup>	56 <sup>c</sup>	73 <sup>b</sup>	96 <sup>a</sup>	49.61	<.0001	5.32	15.11
R:H/T	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>ab</sup>	0.9 <sup>ab</sup>	0.7 <sup>bc</sup>	0.6 <sup>c</sup>	0.87	0.0030	0.09	0.27
Altura de planta (cm)	22 <sup>c</sup>	38 <sup>b</sup>	52 <sup>a</sup>	51 <sup>a</sup>	51 <sup>a</sup>	42 <sup>b</sup>	42.55	<.0001	2.80	7.94
R:Raiz/PA	0.9 <sup>c</sup>	1.1 <sup>bc</sup>	1.3 <sup>b</sup>	1.3 <sup>ab</sup>	1.5 <sup>ab</sup>	1.7 <sup>a</sup>	1.29	0.0006	0.12	0.34
Área Foliar (cm <sup>2</sup> tallo <sup>-1</sup> )	253 <sup>b</sup>	543 <sup>ab</sup>	635 <sup>a</sup>	731 <sup>a</sup>	716 <sup>a</sup>	702 <sup>a</sup>	596.63	0.0053	109.56	310.73
Raíz (g MS planta <sup>-1</sup> )	2 <sup>d</sup>	5 <sup>d</sup>	11 <sup>c</sup>	16 <sup>bc</sup>	20 <sup>b</sup>	29 <sup>a</sup>	14.12	<.0001	1.87	5.33
Peso de hoja por tallo (g MS tallo <sup>-1</sup> )	0.20 <sup>Ac</sup>	0.28 <sup>Ac</sup>	0.37 <sup>Ab</sup>	0.43 <sup>Aab</sup>	0.47 <sup>Aa</sup>	0.39 <sup>Aab</sup>	0.35 <sup>B</sup>	<.0001	0.03	0.08
Peso de Tallo individual (g MS tallo <sup>-1</sup> )	0.17 <sup>Ab</sup>	0.32 <sup>Ab</sup>	0.43 <sup>Aab</sup>	0.46 <sup>Aab</sup>	0.62 <sup>Aa</sup>	0.63 <sup>Aa</sup>	0.43 <sup>A</sup>	0.0056	0.10	0.29

Misma letra minúscula en una misma fila no son diferentes estadísticamente ( $p>0.05$ ). Sig. = Significancia, EEM= Error Estándar de Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa.

**Cuadro 4.** Aportación (%) de los componentes morfológicos, al rendimiento total de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco, cosechada a diferentes días de rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México.

DDR	Componentes morfológicos							TOTAL	Pr > F	EEM	DMS
	Raíz	Nódulos	Tallo	Hoja	M.M	Inf	Semilla				
15	46 <sup>Ac</sup>	1 <sup>Cb</sup>	26 <sup>Ba</sup>	27 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Cb</sup>	0 <sup>Cc</sup>	0 <sup>Cb</sup>	100	<.0001	2.81	8.05
30	49 <sup>Abc</sup>	2 <sup>Ca</sup>	24 <sup>Bab</sup>	24 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Cb</sup>	1 <sup>Cbc</sup>	0 <sup>Cb</sup>	100	<.0001	1.26	3.61
45	53 <sup>Aabc</sup>	2 <sup>Cab</sup>	22 <sup>Babc</sup>	18 <sup>Bb</sup>	0 <sup>Cb</sup>	4 <sup>Ca</sup>	1 <sup>Cb</sup>	100	<.0001	1.94	5.55
60	54 <sup>Aabc</sup>	3 <sup>Ca</sup>	20 <sup>Babc</sup>	18 <sup>Bb</sup>	0 <sup>Db</sup>	3 <sup>Cab</sup>	2 <sup>CDab</sup>	100	<.0001	0.93	2.65
75	56 <sup>Aab</sup>	2 <sup>Ca</sup>	20 <sup>Bbc</sup>	16 <sup>Bbc</sup>	0 <sup>Cb</sup>	4 <sup>Ca</sup>	2 <sup>Cab</sup>	100	<.0001	1.68	4.80
90	60 <sup>Aa</sup>	2 <sup>Dab</sup>	17 <sup>Bc</sup>	12 <sup>Cc</sup>	4 <sup>Da</sup>	1 <sup>Dbc</sup>	4 <sup>Da</sup>	100	<.0001	1.53	4.39
$\bar{x}$	53 <sup>A</sup>	2 <sup>D</sup>	22 <sup>B</sup>	19 <sup>C</sup>	0.6 <sup>D</sup>	2 <sup>D</sup>	1 <sup>D</sup>				
Pr > F	0.004	0.048	0.010	<.0001	0.007	0.001	0.006				
EEM	2.95	0.69	2.12	1.92	0.94	0.85	0.99				
DMS	8.37	1.98	6.03	5.47	2.67	2.42	2.82				

Misma literal minúscula en la misma fila y misma literal mayúscula en la misma columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey;  $p > 0.05$ ). EEM= Error Estándar de Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa.

**Cuadro 5.** Aportación (kg MS planta<sup>-1</sup>) de los componentes morfológicos al rendimiento total de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Atlixco, cosechada a diferentes días de rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México.

DDR	Componentes morfológicos							TOTAL	Pr > F	EEM	DMS
	Raíz	Nódulos	Tallo	Hoja	M.M	Inf	Semilla				
15	4.54 <sup>Ad</sup>	0.0 <sup>Cc</sup>	2.5 <sup>Be</sup>	2.6 <sup>Bc</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	10	<.0001	0.45	1.29
30	10.83 <sup>Ad</sup>	0.5 <sup>Cbc</sup>	4.4 <sup>Bde</sup>	5.1 <sup>Bbc</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	0.1 <sup>Cb</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	21	<.0001	0.67	1.92
45	22.27 <sup>Ac</sup>	0.9 <sup>Cb</sup>	8.6 <sup>Bcd</sup>	7.1 <sup>Bb</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	2.0 <sup>Ca</sup>	0.2 <sup>Cb</sup>	41	<.0001	1.64	4.69
60	29.99 <sup>Ac</sup>	1.5 <sup>Ca</sup>	11.5 <sup>Bbc</sup>	10.5 <sup>Ba</sup>	0.0 <sup>Cb</sup>	1.6 <sup>Cab</sup>	1.7 <sup>Cab</sup>	57	<.0001	1.25	3.59
75	41.08 <sup>Ab</sup>	1.7 <sup>Ca</sup>	14.6 <sup>Bab</sup>	11.5 <sup>Ba</sup>	0.1 <sup>Cb</sup>	3.0 <sup>Ca</sup>	1.0 <sup>Cab</sup>	73	<.0001	1.56	4.46
90	58.20 <sup>Aa</sup>	1.6 <sup>Da</sup>	16.5 <sup>Ba</sup>	11.4 <sup>BCa</sup>	3.4 <sup>CDa</sup>	1.4 <sup>Dab</sup>	3.8 <sup>CDa</sup>	96	<.0001	2.70	7.73
$\bar{x}$	27.82 <sup>A</sup>	1.02 <sup>C</sup>	9.68 <sup>B</sup>	8.02 <sup>B</sup>	0.59 <sup>C</sup>	1.36 <sup>C</sup>	1.12 <sup>C</sup>				
Pr > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.010	0.001	0.009				
EEM	3.54	0.17	1.62	0.91	0.93	0.59	0.99				
DMS	10.04	0.49	4.59	2.59	2.64	1.68	2.82				

Misma literal minúscula en la misma fila y misma literal mayúscula en la misma columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey;  $p > 0.05$ ). EEM= Error estándar de media..