



Rendimiento de forraje y sus componentes en variedades de alfalfa en el altiplano de México



Adelaido Rafael Rojas García^a

Nicolás Torres Salado^a

María de los Ángeles Maldonado Peralta^a

Jerónimo Herrera Pérez^a

Paulino Sánchez Santillán^a

Aldenamar Cruz Hernández^{b*}

Félix de Jesús Mayren Mendoza^a

Alfonso Hernández Garay^c

a Universidad Autónoma de Guerrero. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

b Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Carretera Villahermosa-Teapa, km 25. R/A La Huasteca, Tabasco, México. Tel. 01 (993) 3581500, ext. 6604.

c Colegio de Postgraduados. Recursos Genéticos y Productividad Ganadería. Campus Montecillo. Texcoco. México.

*Autor de correspondencia: ingaldecruz@gmail.com

Resumen:

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa cultivada más usada para la producción de leche y carne en México, debido a su alto rendimiento y calidad nutrimental. El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento de forraje y sus componentes en cinco variedades de alfalfa con intervalos de corte definidos estacionalmente. Las variedades Aragón, Valenciana, Chipilo, Milenia y Oaxaca se distribuyeron aleatoriamente en 20 parcelas experimentales de 12 x 9 m, de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las evaluaciones

incluyeron rendimiento de forraje en base seca, peso por tallo, población de tallos m^{-2} , población de plantas m^{-2} , relación hoja:tallo, composición botánica y morfológica. El rendimiento mayor y menor la obtuvieron las variedades Milenia y Aragón con 20,643 y 14,488 kg MS ha^{-1} . El peso por tallo fue mejor en Aragón, Chipilo y Milenia y menor en Valenciana y Oaxaca. Aragón obtuvo la mayor densidad de tallos con 634 tallos m^{-2} y Oaxaca con 512 tallos m^{-2} el menor. La relación hoja:tallo mayor la presentó Aragón con 1.31 y la menor Oaxaca con 1.13. En otoño e invierno se obtuvo mayor cantidad de hoja, independientemente de la variedad; y en verano, hubo incremento de maleza en todas las variedades. Existió estacionalidad en el rendimiento; primavera y verano son las épocas con producción mayor, debido a la temperatura y el peso por tallo mayor. La variedad con mayor rendimiento de materia seca fue Milenia y la menor Aragón.

Palabras clave: Rendimiento de forraje, Relación hoja:tallo, Población de tallos.

Recibido: 18/09/2017

Aceptado: 07/05/2018

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) tiene gran importancia por su alta producción por unidad de superficie y valor nutrimental del forraje⁽¹⁾, y porque es apetecible al ser consumida por animales diversos en estado fresco, henificada o ensilada⁽²⁾. La alfalfa también se utiliza para mejorar la cobertura vegetal, evitar la erosión del suelo, prevenir la degradación de las praderas, y ayudar a la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería⁽³⁾. Al asociar esta leguminosa con alguna gramínea, la producción de la pradera aumenta, se minimiza la estacionalidad, el valor nutrimental mejora, y los costos de producción se reducen en comparación con las dietas balanceadas⁽⁴⁾.

Investigadores^(5,6) evidenciaron que la frecuencia e intensidad de corte de alfalfa debe definirse con base en el estado de desarrollo de la planta y estación del año. Estos parámetros son importantes para lograr el equilibrio entre cantidad, calidad y persistencia de la pradera⁽⁷⁾. Se han observado que el rendimiento de alfalfa es mayor en primavera - verano y menor en otoño e invierno^(8,9). Además, Villegas *et al*⁽¹⁰⁾ reportaron que el rendimiento de forraje de variedades de alfalfa fue mayor en la primavera, seguido de invierno y verano y el rendimiento menor se registró en otoño. Idris y Adam⁽¹¹⁾ obtuvieron rendimiento anual mayor y menor en la variedad Hagazi y Cuf 101, con frecuencias de cosecha de 25 y 30 días, respectivamente.

Se menciona, que la densidad poblacional de tallos y peso de los mismos se han evaluado en varias partes del mundo, ya que son indicadores de la producción de forraje⁽¹²⁾. En una investigación realizada por Chen *et al*⁽³⁾ observaron que el aumento de la frecuencia de corte de la alfalfa tiene alta relación con la densidad de tallos, al aumentar hasta llegar un punto en declive,

independientemente de la variedad y año de evaluación con 645, 734 y 688 tallos m^{-2} en la frecuencia a 30, 40 y 50 días. Estos mismos autores observaron el menor y mayor peso por tallo con 0.27 y 0.45 g para la menor y mayor frecuencia, respectivamente y relacionado con el rendimiento. En otras investigaciones⁽¹³⁾ mencionan una alta relación entre el mayor peso por tallo con el mayor rendimiento y temperatura. Algunos autores⁽¹⁴⁾ reportan el mayor rendimiento en alfalfa con una densidad de 25 plantas m^{-2} . Morales *et al*⁽¹⁵⁾ encontraron en 14 variedades de alfalfa una alta relación hoja:tallo con el mayor rendimiento total, tasa de crecimiento y densidad de tallos. También se indica⁽⁵⁾, que en la estación de invierno se obtuvo mayor porcentaje de hojas, con un promedio de 65 % y en primavera el menor aporte. No obstante, en México existe poca información sobre estos parámetros de producción.

El objetivo del presente estudio fue evaluar los componentes del rendimiento de cinco variedades comerciales de alfalfa, con intervalos de corte definidos estacionalmente, con los siguientes atributos: rendimiento de forraje, peso por tallo, densidad de tallos, densidad de plantas, relación hoja:tallo, composición botánica y morfológica.

El estudio se realizó en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 29' N y 98° 53' O, y altitud de 2,240 msnm) de junio de 2010 a junio de 2011. El clima es templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con precipitación media anual de 636.5 mm, lluvias en verano (de junio a octubre) y temperatura promedio anual de 15.2 °C⁽¹⁶⁾. El suelo es un Typic ustipsamments de textura franco arenoso, con pH entre 7 y 8 y con 2.4 % de materia orgánica⁽¹⁷⁾. Se utilizaron cinco variedades comerciales de alfalfa: Aragón, Valenciana, Chipilo, Milenia y Oaxaca, sembradas al voleo el 18 de abril de 2008. La densidad de siembra fue de 30 kg ha^{-1} de semilla pura viva, la cual se ajustó por el porcentaje de germinación de cada variedad.

El área de estudio se dividió en 20 parcelas de 108 m^2 (12 x 9 m). Al inicio del experimento (2 de junio de 2010) se realizó un corte de uniformización con un tractor-podador, a una altura promedio de 5 cm; la fase experimental concluyó el 21 de junio de 2011. El intervalo entre cortes varió de acuerdo a la estación del año: en primavera y verano las plantas se cortaron cada cuatro semanas; en otoño cada cinco e invierno cada seis semanas, de acuerdo a lo recomendado por Mendoza *et al*⁽⁵⁾. Las praderas no se fertilizaron, y en las estaciones con mínima precipitación se proporcionaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas.

Para evaluar el rendimiento de forraje, en cada variedad, al inicio del estudio, se colocaron al azar dos cuadros fijos de 0.25 m^2 por repetición. El forraje presente dentro de cada cuadro se cosechó un día antes del corte, a una altura de 5 cm, se depositó en bolsas de papel etiquetadas y se secó en una estufa de aire forzado, hasta obtener un peso constante. Una vez seca, se registró el peso de la muestra para calcular el rendimiento de materia seca por unidad de superficie (kg MS ha^{-1}).

Un día antes de cada corte, se cortaron aleatoriamente 10 tallos en cada tratamiento y repetición a nivel del suelo y se secaron en una estufa de aire forzado, hasta peso constante. Posteriormente se

calculó el peso promedio por tallo. Al inicio del experimento se colocaron al azar en cada unidad experimental dos cuadros fijos de 20 x 20 cm, los tallos presentes dentro de cada cuadro se contaron mensualmente y posteriormente se calculó el promedio por estación.

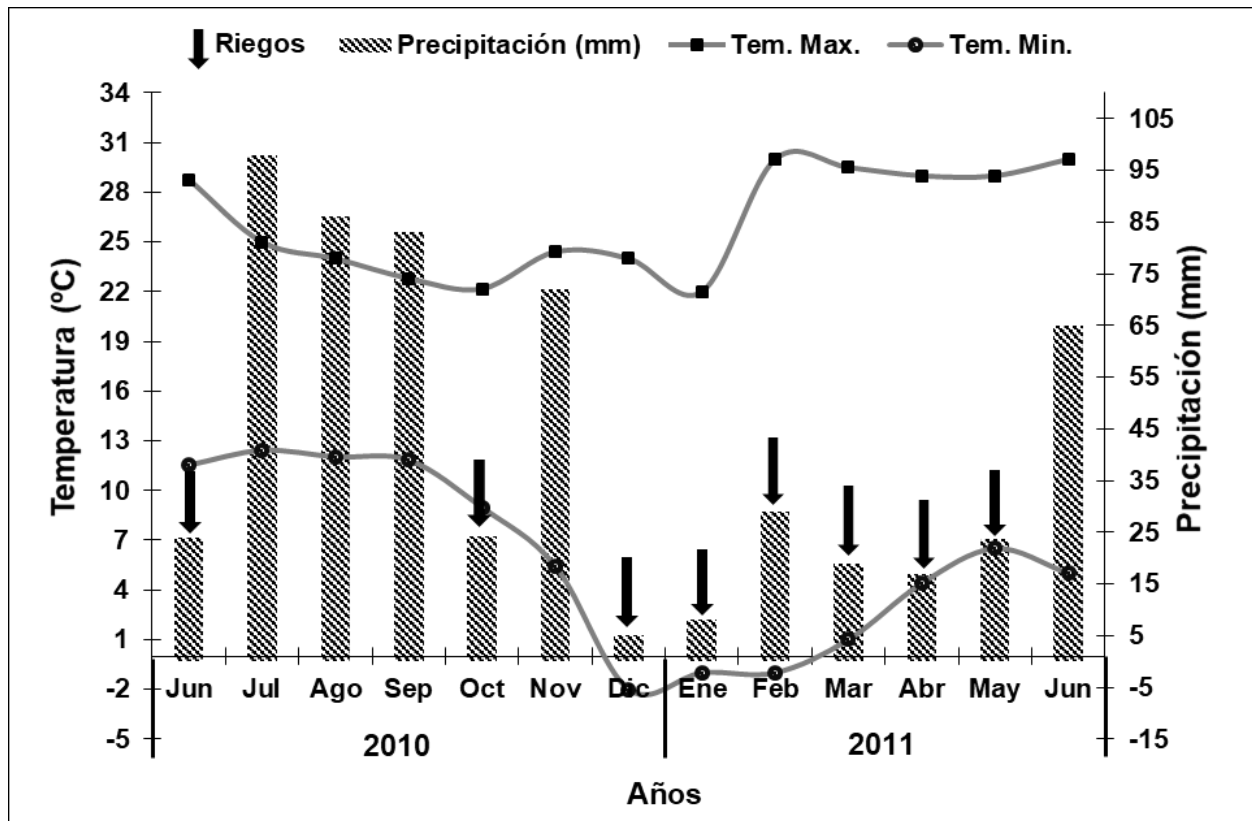
Cuando el experimento inició, se colocó en una caja experimental un cuadro fijo, de 1 m², a nivel del suelo, en donde mensualmente se contó el número de plantas de alfalfa presentes y se registraron los cambios en densidad poblacional promediándolos estacionalmente.

La relación hoja:tallo se calculó al dividir el peso seco de cada fracción (hoja/tallo), expresado en kg ha⁻¹, obtenidos de la submuestra tomada para estimar la composición botánica y morfológica. Para obtener la composición botánica, un día antes de cada corte se tomó una submuestra de aproximadamente 20 % de las muestras del forraje cosechado para estimar el rendimiento, y cada submuestra se separó en alfalfa y maleza. Cada componente se secó en una estufa de aire forzado, hasta peso constante y se registró su peso seco, posteriormente los rendimientos por estación se promediaron.

Los datos de temperatura máxima, mínima, precipitación acumulada durante el periodo de estudio se obtuvieron de la estación agro-meteorológica del Colegio de Postgraduados, ubicado a 100 m del área experimental (Figura 1). La temperatura máxima se observó en julio de 2010 y de marzo a junio de 2011 con un promedio de 28 °C que corresponden a la estación de primavera y verano, principalmente. La temperatura mínima se registró en diciembre de 2010, enero y febrero de 2011 con un promedio de -1 °C, correspondiente a la estación de invierno. La precipitación mayor (mm) se concentró en julio, agosto, septiembre y noviembre de 2010 y junio de 2011 con una acumulación de 404 mm, representando las estaciones de verano y otoño principalmente.

En las estaciones de invierno y primavera se proporcionaron riegos a capacidad de campo, cada 15 días. El efecto de los factores en estudio en las variables de respuesta se evaluó mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el procedimiento de Modelos Mixtos⁽¹⁸⁾, con un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$).

Figura 1: Temperatura media mensual máxima, mínima, precipitación acumulada mensual y riegos a capacidad de campo durante el periodo de estudio (junio 2010 a junio 2011)



No se encontraron interacciones significativas ($P>0.05$) entre los factores en estudio. En general, el aporte promedio al rendimiento anual fue: verano 35 %, primavera 28 %, otoño 24 % e invierno 13 %. El rendimiento promedio de forraje de las variedades de alfalfa en otoño disminuyó ($P<0.05$) en relación al registrado en verano; a su vez, el rendimiento en invierno fue menor ($P<0.05$) al obtenido en las otras tres estaciones del año (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con las temperaturas mayores registradas en primavera-verano (Figura 1), que favorecieron el desarrollo de la alfalfa⁽¹⁹⁾; ya que, la temperatura óptima de crecimiento de la alfalfa, fluctúa entre 15 y 25 °C. Por otra parte, el rendimiento de materia seca de la variedad Milenia solamente fue superior ($P<0.05$) al de la variedad Aragón (Cuadro 1). Villegas *et al*⁽¹⁰⁾ reportan en las variedades Oaxaca y Valenciana rendimientos similares con esta evaluación (21,600 y 20,000 kg MS ha⁻¹). Sin embargo, independientemente de la variedad de alfalfa y frecuencia de corte en promedio se obtuvieron 10,552 kg MS ha⁻¹ de rendimiento anual⁽¹¹⁾.

Cuadro 1: Rendimiento estacional y anual (kg MS ha⁻¹) de variedades de alfalfa

Variedad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	EEM	Anual
Aragón	5188 Ba	3334 Bb	1717 Bc	4248 Aab	456	14488 B
Valenciana	6407 Aa	4093 Ab	2035 ABc	4293 Ab	398	16828 AB
Chipilo	6162 ABa	4386 Ab	2412 ABc	5072 Aab	402	18034 AB
Milenia	7148 Aa	4898 Ab	2776 Ac	5819 Aab	434	20643 A
Oaxaca	6298 ABa	4512 Ab	2217 ABc	4911 Aab	521	17939 AB
EEM	345	432	355	456		897
Promedio	6241 a	4244 b	2231 c	4869 ab		

^{abc} Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($P>0.05$). ABC= medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($P>0.05$). EEM= error estándar de la media.

Otros investigadores⁽¹⁾ obtuvieron resultados parecidos en dos variedades y once líneas de alfalfa con un promedio de 20,615 kg MS ha⁻¹. Mientras que Abusuwar y Daur⁽²⁰⁾ determinaron en alfalfa en variedades Cuf 101 y Hegazi el rendimiento mayor y menor con 18,065 y 17,545 kg MS ha⁻¹. En el valle de México reportaron en alfalfa la mayor producción de forraje total acumulado con 33,864 y 34,457 kg MS ha⁻¹, respectivamente y con una distribución estacional mayor en primavera y verano y menor en otoño e invierno, con los mismos intervalos de corte de esta investigación^(5,8). No obstante, rendimientos inferiores fueron observados en esta investigación y se pueden atribuir a que las variedades tenían más de 2 años de establecidas (abril 2008), por lo que la persistencia del forraje y su rendimiento va en decremento conforme aumenta el tiempo después de la siembra⁽⁴⁾.

El análisis de varianza no reveló interacciones ($P>0.05$) entre los factores en estudio. Se encontraron diferencias ($P<0.05$) en el peso promedio anual por tallo entre las variedades de alfalfa: Aragón, Milenia y Chipilo produjeron tallos más pesados (0.71 g en promedio) que Valenciana y Oaxaca con 0.67 y 0.68 g respectivamente (Cuadro 2). En todas las variedades hubo un efecto estacional ($P<0.05$), el peso promedio por tallo fue mayor en primavera y menor en invierno, en relación al resto de las estaciones. Los mayores valores observados en primavera estuvieron asociados a las temperaturas máximas registradas durante el estudio (Figura 1). No obstante, se menciona que tales diferencias también se pueden deber a las frecuencias de corte⁽³⁾; estos autores obtuvieron al evaluar la frecuencia de corte en alfalfa el menor y mayor peso por tallo con 0.27 y 0.45 g, para la menor y mayor frecuencia, respectivamente.

Cuadro 2: Cambios estacionales en el peso por tallo (g) de variedades de alfalfa

Variedad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	EEM	Promedio
Aragón	0.83 Aa	0.69 Aab	0.36 Bb	0.94 Aa	0.11	0.71 A
Valenciana	0.80 Aa	0.69 Ab	0.33 Bc	0.86 Ba	0.16	0.67 B
Chipilo	0.72 Ba	0.70 Aab	0.45 Ab	0.93 Aa	0.12	0.70 A
Milenia	0.75 Bb	0.71 Ab	0.34 Bc	1.04 Aa	0.21	0.71 A
Oaxaca	0.74 Ba	0.67 Aab	0.45 Ab	0.86 Ba	0.15	0.68 B
EEM	0.9	0.7	0.6	0.9		0.8
Promedio	0.75 b	0.69 b	0.39 c	0.93 a		

^{abc}= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($P>0.05$). ABC= medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($P>0.05$). EEM= error estándar de la media.

Meuriot *et al*⁽²¹⁾ al evaluar la frecuencia e intensidad de corte de alfalfa, el peso de tallo fue mayor (1.1 g por tallo) conforme aumentó la frecuencia y con una intensidad de corte de 15 cm, relacionado con el mayor índice de área foliar y rendimiento. Avci *et al*⁽¹³⁾ reportaron que el mayor peso por tallo estuvo asociado con un rendimiento mejor, como se observó en la primavera durante esta investigación. El aumento en el peso por tallo coincide con la disminución en la densidad de tallos principalmente en la estación de primavera, comportamiento reportado por otros autores⁽²²⁾, quienes señalan que el aumento en la densidad de tallos por unidad de área ocasiona una disminución en el peso individual de los tallos, explicado por la ley de auto-aclareo⁽²³⁾ y confirmado por otros autores^(24,25,26).

Las interacciones entre las variedades de alfalfa y las épocas del año no fueron significativas ($P>0.05$) con relación a esta variable de respuesta. Sí se presentaron diferencias ($P<0.05$) entre las variedades, ya que Aragón registró la mayor densidad promedio anual de tallos con 634 tallos m⁻², mientras que Oaxaca con 512 tallos m⁻² fue la de menor densidad (Cuadro 3). Además, existieron diferencias ($P<0.05$) entre las estaciones del año, ya que la densidad de tallos promedio en el verano superó a la registrada en el invierno; sin embargo, la menor densidad de tallos se registró en la primavera.

Cuadro 3: Cambios estacionales en la densidad de tallos (tallos m⁻²) de variedades de alfalfa

Variedad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	EEM	Promedio
Aragón	715 Aa	660 Aab	585 Ab	577 Ab	234	634 A
Valenciana	708 ABa	684 Ab	483 Bd	503 Bc	145	595 B
Chipilo	739 Aa	692 Aa	525 ABb	318 Cc	124	568 B
Milenia	666 BCa	592 BCb	528 ABbc	496 Bc	98	571 B
Oaxaca	623 Ca	537 Cb	518 ABb	372 Cc	134	512 C
EEM	97	78	102	87		65
Promedio	690 a	633 ab	528 b	453 c		

^{abc}= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($P>0.05$). ABC= medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($P>0.05$). EEM= error estándar de la media.

En otra investigación⁽²⁷⁾ con cuatro variedades de alfalfa, los autores observaron el mismo comportamiento que en este estudio, ya que la densidad de tallos disminuyó conforme el estudio avanzó. Ellos registraron la densidad mayor de tallos en el primer año de evaluación y menor en el cuarto año con un promedio de 518 y 140 tallos m⁻², respectivamente. No obstante, Chen *et al*⁽²⁸⁾ indicaron que conforme la frecuencia de corte disminuyó, la densidad de tallos se incrementó hasta llegar un punto en declive, independientemente de la variedad y año de evaluación: 645, 734 y 688 tallos m⁻² para las frecuencias de corte cada 30, 40 y 50 días, respectivamente, lo cual está altamente relacionado con el rendimiento.

La temperatura y la humedad en el suelo son los principales factores climáticos que influyen en la densidad y el peso de tallos; cuando estos son favorables, existe una constante producción de tallos, dando como resultado una producción mayor de biomasa en la pradera⁽²⁹⁾. Sin embargo, se menciona⁽²²⁾ que existe una relación inversa entre la densidad de tallos y la producción de materia seca, señalan que un mayor número de tallos resulta en un menor rendimiento de forraje, debido posiblemente al bajo peso individual de cada uno de ellos.

El análisis de varianza no mostró interacciones significativas ($P>0.05$) entre los factores en estudio. De igual forma que la densidad de los tallos, la densidad promedio de plantas disminuyó ($P<0.05$) en todas las variedades de alfalfa conforme el estudio transcurrió (Cuadro 4), de 33 plantas m⁻² en verano a 22 plantas m⁻² en primavera. La mayor densidad promedio anual de plantas se registró en Milenia con 33 y la menor en Aragón con 21 plantas m⁻². Ambas perdieron 9 y 11 plantas, entre el

inicio y el final del estudio, respectivamente. Otros autores⁽³⁰⁾ mencionan que, en una pradera de alfalfa, la cobertura y densidad de plantas se estabiliza conforme aumenta el tiempo de establecida; sin embargo, llega un tiempo en que éstas disminuyen, dependiendo de la variedad y el sitio.

Cuadro 4: Cambios estacionales en la densidad de plantas (plantas m⁻²) de variedades de alfalfa

Variedad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	EEM	Promedio
Aragón	26 Ca	22 Db	20 Cb	17 Cc	3	21 C
Valenciana	34 Ba	32 ABb	26 Bc	22 Bd	2	29 B
Chipilo	33 Ba	29 BCab	26 Bbc	23 Bc	3	28 B
Milenia	38 Aa	36 Ab	31 Ac	27 Ad	2	33 A
Oaxaca	31 Ba	27 Cb	25 Bbc	22 Bc	3	26 B
EEM	3	4	5	4		3
Promedio	33 a	29 b	26 c	22 d		

^{abc}= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($P>0.05$). ABC= medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($P>0.05$). EEM= error estándar de la media.

En otro estudio⁽³¹⁾ mencionan la importancia de la distancia entre plantas de alfalfa, encontraron en la estación de primavera el mayor rendimiento, relacionado con la mayor radiación interceptada (95 %), en todas las distancias entre plantas (10, 15, 20, 25 y 30 cm); mientras que, en verano e invierno solo se alcanzó el 95 % de radiación interceptada a 10 y 15 cm de distancia entre plantas ya que el crecimiento de la alfalfa está relacionado con la temperatura. Varios autores^(27,32) indican que entre menor sea la separación entre plantas mayor es el rendimiento, lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

No se registró interacción entre las variedades de alfalfa y las épocas del año para esta variable de respuesta. Sin embargo, la relación hoja:tallo fue diferente ($P<0.05$) entre las estaciones del año (Cuadro 5): en otoño e invierno se presentó la mayor relación hoja:tallo promedio (1.52), que fue diferente significativamente en comparación con verano y primavera (0.92). Por otra parte, las variedades Aragón y Valenciana obtuvieron la mayor relación hoja:tallo (1.30) comparadas con Chipilo y Oaxaca (1.14). En un estudio realizado por Rojas *et al*⁽³³⁾ observaron que independientemente de la variedad, en otoño e invierno la relación hoja:tallo fue mayor con un valor de 1.49, comparada con la registrada en verano y primavera con 0.92 y 0.94, respectivamente, Villegas *et al*⁽³⁴⁾ observaron que, con dos intensidades de corte, la variedad Moapa y Tlacolula obtuvieron la mejor y peor relación hoja:tallo con 1.4 y 1.1, respectivamente. Mientras tanto, otros

autores⁽⁸⁾ reportaron valores muy por debajo de los anteriores y los del presente estudio, pues el promedio anual observado en cinco variedades de alfalfa fue de 0.79, con variaciones a través del año, y los valores mayor y menor ($P<0.05$) se observaron en enero y noviembre con 1.05 y 0.62, respectivamente. De igual forma, Morales *et al*⁽¹⁵⁾ registraron en catorce variedades de alfalfa una relación hoja:tallo promedio anual de 0.68.

Cuadro 5: Cambios estacionales en la relación hoja:tallo de cinco variedades de alfalfa

Variedad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	EEM	Promedio
Aragón	0.94 Ab	1.65 Aa	1.66 Aa	0.99 Ab	0.23	1.31 A
Valenciana	0.92 Ab	1.59 Aa	1.69 Aa	0.96 Ab	0.32	1.29 A
Chipilo	0.84 Bb	1.40 ABa	1.44 Ba	0.94 Ab	0.21	1.15 B
Milenia	0.95 Ab	1.49 ABa	1.50 ABa	0.97 Ab	0.19	1.23 AB
Oaxaca	0.87 Bb	1.38 Ba	1.44 Ba	0.83 Bb	0.18	1.13 B
EEM	0.7	0.15	0.15	0.15		0.13
Promedio	0.90 b	1.50 a	1.55 a	0.94 b		

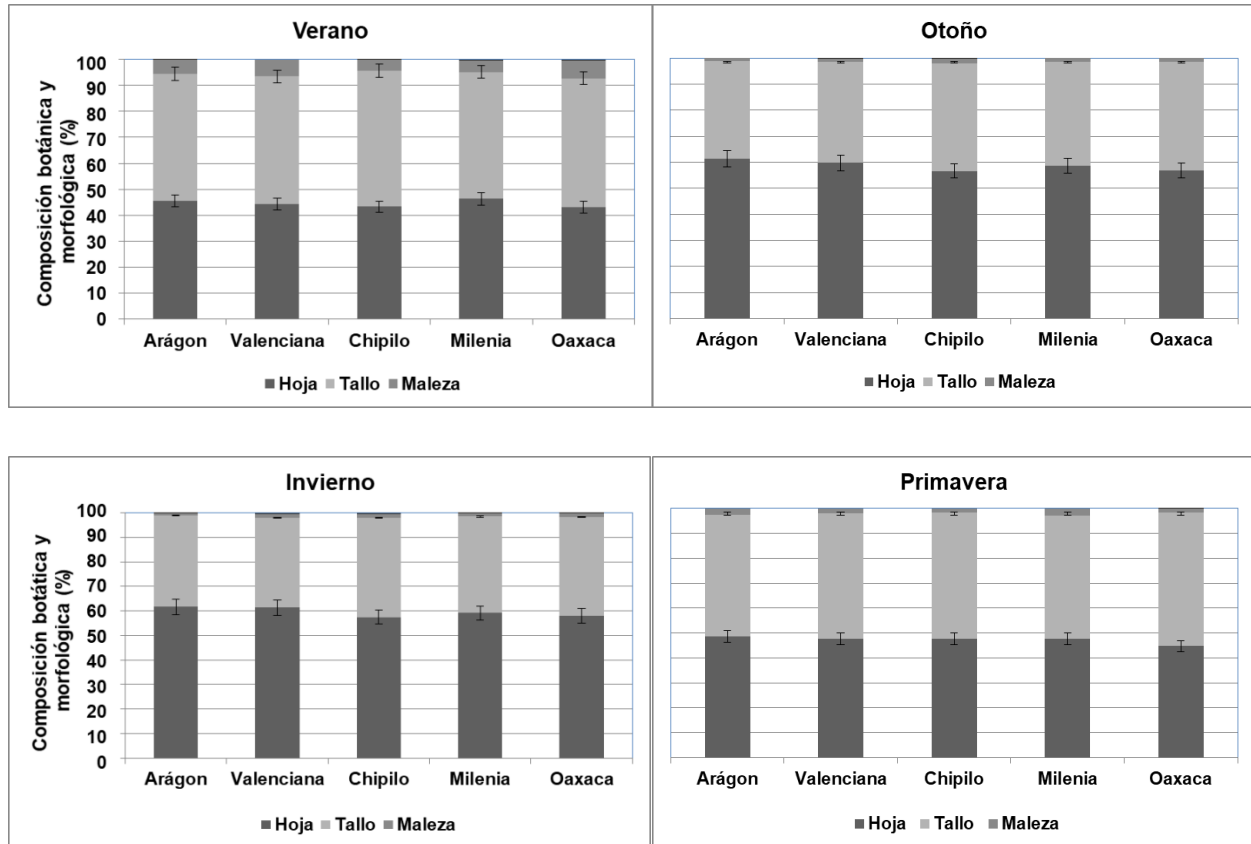
^{abc}= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($P>0.05$). ABC= medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($P>0.05$). EEM= error estándar de la media

Hernández-Garay *et al*⁽²³⁾ mencionan que la relación hoja:tallo de los forrajes puede considerarse una medida indirecta de la calidad, ya que valores mayores a uno indican una mejor calidad del forraje al tener mayor cantidad de hoja. En forma similar, en este estudio se registraron índices mayores a 1 en otoño e invierno. Sin embargo, aun cuando en estas dos estaciones del año las plantas de alfalfa produjeron la relación hoja:tallo mayor, el rendimiento de materia seca tendió a ser menor en otoño y fue el menor en invierno, en comparación con la primavera y el verano (Cuadro 1). Rojas *et al*⁽⁴⁾ mencionan que en los forrajes se debe obtener la mejor relación entre el rendimiento y la calidad, siendo cuando existe mayor cantidad de hojas.

Independientemente de la variedad, la alfalfa constituyó más de 90 % de la especie deseable en la pradera durante todo el periodo de estudio (Figura 2). Se observaron diferencias entre estaciones en el porcentaje de hoja, obteniendo en otoño e invierno el mayor aporte con 59 % de hoja y primavera y verano el menor con 45 %. Mientras que en el porcentaje de tallo en primavera y verano se encontró el mayor aporte y otoño e invierno el menor. No se presentó material muerto en todo el periodo experimental, ya que la alfalfa tiende a tirar las hojas senescentes. De igual forma no se encontraron inflorescencias debido a que los cortes se realizaron antes de que la

floración ocurriera. Varios investigadores^(5,6,8) reportan comportamiento similar en la cantidad de hoja de alfalfa teniendo en la época con menor temperatura el mayor aporte.

Figura 2: Cambios estacionales en la composición botánica y morfológica (%) de cinco variedades de alfalfa, I= error estándar de la media



Sólo en la estación de verano hubo mayor ($P<0.05$) presencia de maleza en comparación con las otras estaciones del año, y predominaron *Aristida stricta*, *Bromus inermis* y *Malva neglecta*. El porcentaje mayor de maleza en verano podría ser por la mayor temperatura y lluvia registradas en esa estación (Figura 1), apropiadas para la maleza existiendo una competencia intraespecifica con la alfalfa por luz, agua y nutrimentos⁽³⁰⁾. Las variedades que presentaron mayor invasión por maleza fueron Valenciana y Oaxaca con 9 %. El mayor aporte de maleza en estas variedades se le puede atribuir al tener menor densidad de plantas (Cuadro 4), lo cual provocó mayor invasión de hierbas no deseadas, como lo reportan otros trabajos^(5,14).

Se concluye que las variedades de alfalfa presentaron diferente comportamiento y el mejor rendimiento se mostró en Milenia, Chipilo, Oaxaca y Valenciana. De acuerdo a las diferencias estadísticas entre los promedios generales de cada estación, el rendimiento de materia seca en verano fue mayormente aportado por la densidad de tallos y plantas; de igual forma un mayor peso de los tallos contribuyó al mayor rendimiento de materia seca en primavera. Sin embargo, es

necesario seguir realizando investigaciones e incluir otros parámetros de producción; como la altura de la planta, la radiación interceptada y el índice de área foliar, lo que podría explicar mejor el comportamiento productivo de la alfalfa en cada época del año, lo que puede contribuir al mejor manejo del cultivo.

Literatura citada:

1. Avci M, Cinar S, Yucel C, Inal I. Evaluation of some selected alfalfa (*Medicago sativa* L.) lines for herbage yield and forage quality. *J Food, Agr & Environ* 2010;8:545-549.
2. Han QF, Jia ZK, Wang JP. Current status and future prospects of alfalfa industry in and outside China. *Pratacultural Sci* 2005;3:22-25.
3. Chen JS, Tang FL, Zhu RF, Gao C, Di GL, Zhang YX. Effects of cutting frequency on alfalfa yield and yield components in Songnen Plain, Northeast China. *African J Biotechnol* 2012;11:4782-4790.
4. Rojas GAR, Hernández-Garay A, Quero CAR, Guerrero RJD, Ayala W, Zaragoza RJJ, Trejo LC. Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Rev Mex Cienc Agr* 2016;7(4):885-895.
5. Mendoza PSI, Hernández-Garay A, Pérez PJ, Quero CAR, Escalante EJAS, Zaragoza RJJ, Ramírez RO. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Rev Mex Cienc Pecu* 2010;1:287-296.
6. Hernández-Garay A, Martínez HPA, Zaragoza EJ, Vaquera HH, Osnaya GF, Joaquín TBM, Velasco ZME. Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo. *Rev Fitotecnia Mex* 2012;35:259-266.
7. Teixeira EI, Moot DJ, Brown HE. Defoliation frequency and season affected radiation use efficiency and dry matter partitioning to roots of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. *European J Agron* 2008;28:103-111.
8. Rivas JMA, López CC, Hernández-Garay A, Pérez PJ. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc Pecu Méx* 2005;43:79-92.

9. Rojas GAR, Hernández-Garay A, Joaquín CS, Maldonado PMA, Mendoza PSI, Álvarez VP, Joaquín TBM. Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. Rev Mex Cienc Agr 2016;7(8):1855-1866.
10. Villegas AY, Hernández-Garay A, Pérez PJ, López CC, Herrera HJ, Enríquez QJ, Gómez VA. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Téc Pecu Méx 2004;42:145-158.
11. Idris AE, Adam MMA. Effect of cutting intervals on yield and yield components of three alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes. Adv Environ Biol 2013;7:4677-4681.
12. Matthew C, Hernández-Garay A, Hodgson J. Making sense of the link between tiller density and pasture production. Proc N Z Grassland Ass 1996;57:83-87.
13. Avci MA, Ozkose A, Tamkoc A. Determination of yield and quality characteristics of alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties grown in different locations. J Anim Vet Adv 2013;12:487-490.
14. Celebi SZ, Kaya I, Saharand AK, Yergin R. Effects of the weed density on grass yield of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) in different row spacing applications. African J Biotechnol 2010;9:6867-6872.
15. Morales AJ, Jiménez VJL, Velasco VVA, Villegas AY, Enríquez VJR, Hernández-Garay A. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la mixteca de Oaxaca. Téc Pecu Méx 2006;44:277-288.
16. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4 ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. 2004.
17. Ortiz SC. Colección de Monolitos. Depto. Génesis de Suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México 1997.
18. SAS INSTITUTE. SAS/STAT® 9.2. Use's Guide Release. Cary, NC 2009.
19. Guimire R, Norton JB, Pendall E. Alfalfa-grass biomass, soil organic carbon, and total nitrogen under different management approaches in an irrigated agroecosystem. Plant Soil 2014;374:173-184.
20. Abusuwar AO, Daur I. Effect of poultry and cow manures on yield, quality and seed production of two alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars under natural saline environment of western Saudi Arabia. J Food Agr Environ 2014;12:747-751.

21. Meuriot F, Decau ML, Morvan-Bertrand A, Prud'Homme MP, Gastal F, Simon JC, Volenec JJ, Avice JC. Contribution of initial C and N reserves in *Medicago sativa* recovering from defoliation: impact of cutting height and residual leaf area. *Funct Plant Biol* 2005;32:321-334.
22. Hernández-Garay A, Pérez PJ, Hernández GVA. Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia* 1992;2:131-144.
23. Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson J. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature swards. *Grass Forage Sci* 2000;55:372-376.
24. Velasco ZME, Hernández-Garay A, González HVA. Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte. *Rev Fitotecnia Mex* 2007;30(1):79-87.
25. Castro RR, Hernández-Garay A, Ramírez RO, Aguilar BG, Enríquez QJF, Mendoza PSI. Crecimiento en longitud foliar y dinámica de población de tallos de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa bajo pastoreo. *Rev Mex Cienc Pecu* 2013;4(2):201-215.
26. Rojas GAR, Ventura RJ, Hernández-Garay A, Joaquín CS, Maldonado PMA, Reyes VI. Dinámica poblacional de tallos de ovilla (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Rev Mex Cienc Pecu* 2017;8(4):419-428.
27. Stanisavljević R, Beković D, Djukić D, Stevović V, Terzić D, Milenković J, Djokić D. Influence of plant density on yield components, yield and quality of seed and forage yields of alfalfa varieties. *Romanian Agr Res* 2012;29:245-254.
28. Chen JS, Gao C, Di GL, Zhu RF, Zhang YX. Effects of cutting on alfalfa yield and quality in Northeast China. *J Anim Vet Adv* 2013;12:253-260.
29. Ventroni LM, Volenec JJ, Cangiano CA. Fall dormancy and cutting frequency impact on alfalfa yield and yield components. *Field Crops Res* 2010;119:252-259.
30. Mortenson MC, Schuman GE, Ingram LJ, Nayigihugu V, Hess BW. Forage production and quality of a mixed-grass rangeland Inter seeded with *Medicago sativa* ssp. falcata. *Rangeland Ecol Manage* 2005;58:505-513.
31. Mattera J, Romero LA, Cuatrin AL, Cornaglia PS, Grimoldi AA. Yield components, light interception and radiation use efficiency of lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to row spacing. *European J Agron* 2013;45:87-95.

32. Baldissera TC, Frak E, Carvalho PCF, Louarn G. Plant development controls leaf area expansion in alfalfa plants competing for light. *Ann Botany* 2014;113:145-157.
33. Rojas GAR, Torres SN, Joaquín CS, Hernández-Garay A, Maldonado PMA, Sánchez SP. Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agrociencia* 2017;51:697-708.
34. Villegas AY, Hernández-Garay A, Martínez HPA, Pérez PJ, Herrera HJG, López CC. Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. *Rev Fitotec Mex* 2006;29:369-372.