

# COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.)

## YIELD COMPONENTS OF ALFALFA (*Medicago sativa* L.) VARIETIES

Adelaido R. Rojas-García<sup>1</sup>, Nicolás Torres-Salado<sup>1\*</sup>, Santiago Joaquín-Cancino<sup>2</sup>, Alfonso Hernández-Garay<sup>3</sup>,  
María de los Á. Maldonado-Peralta<sup>4</sup>, Paulino Sánchez-Santillán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia N°2. Universidad Autónoma de Guerrero. 41940. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. (navigas@yahoo.com.mx). <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. C. U. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. <sup>3</sup>Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. <sup>4</sup>Posgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Fisiología Vegetal. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Texcoco, México.

### RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa forrajera más importante para alimentación de ganado lechero en México. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta productiva de cinco variedades de alfalfa en intervalos de corte definidos estacionalmente. La hipótesis fue que la variedad San Miguelito es la más productiva entre las variedades evaluadas. Las variedades San Miguelito, Júpiter, Atlixco, Vía láctea y Cuf 101 se distribuyeron aleatoriamente en 20 parcelas experimentales de 12×9 m, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las evaluaciones incluyeron rendimiento de forraje, relación hoja:tallo, peso por tallo, población de tallos por m<sup>2</sup>, población de plantas por m<sup>2</sup> y composición botánica y morfológica. Júpiter y Cuf 101 mostraron el rendimiento mayor (20 275 y 13 350 kg MS ha<sup>-1</sup>). La relación hoja:tallo fue mayor en Cuf 101 y menor en Júpiter. El peso por tallo fue mayor en Júpiter y menor en Cuf 101. La densidad mayor de tallos la presentaron Júpiter y Atlixco (641 tallos por m<sup>2</sup>) y Cuf 101 la menor (417 tallos por m<sup>2</sup>). En otoño e invierno se presentó la cantidad mayor de hoja y en primavera incrementaron las arvenses con Cuf 101. La estacionalidad del rendimiento fue alta, primavera y verano fueron las épocas con producción mayor debido a la densidad y el peso por tallo mayores. La variedad con producción mayor fue Júpiter y Cuf 101 con producción menor.

**Palabras clave:** *Medicago sativa*, rendimiento de forraje, relación hoja:tallo, peso de tallo, población de tallos.

### ABSTRACT

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is the most important legume forage for dairy cattle feed in Mexico. The objective of this study was to assess the productive response of five varieties of alfalfa in cutting intervals defined seasonally. Our hypothesis was that the San Miguelito variety is the most productive among the evaluated varieties. The varieties San Miguelito, Júpiter, Atlixco, Vía láctea and Cuf 101 were randomly distributed in 20 experimental plots of 12×9 m, in a completely randomized blocks design with four replications. Evaluations included yield feed, leaf:stem ratio, weight per stem, stem population per m<sup>2</sup>, plant population per m<sup>2</sup> and botanical and morphological composition. Júpiter and Cuf 101 showed the highest yield (20 275 and 13 350 kg MS ha<sup>-1</sup>). Leaf:stem ratio was higher in Cuf 101 and smaller in Júpiter. The weight per stem was higher in Júpiter and lower in Cuf 101. Júpiter and Atlixco expressed the highest stem density (641 stems per m<sup>2</sup>) and Cuf 101 showed the lowest (417 stems per m<sup>2</sup>). The highest leaf quantity occurred in autumn and winter, and during spring weeds increased in Cuf 101. The yield seasonality was high, spring and summer were the periods with greater production, due to their density and weight per stem. The variety with the highest production was Júpiter, and Cuf 101 was the variety with smallest production.

**Keywords:** *Medicago sativa*, forage yield, leaf: stem relation, stem weight, stem population.

### INTRODUCTION

The importance of the alfalfa (*Medicago sativa* L.) is due to its annual yield, which reaches up to 30 t MS ha<sup>-1</sup>, and its nutritional value, with 22 % protein and 70 % digestibility (Avci *et al.*,

\*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: junio, 2016. Aprobado: febrero, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 51: 697-708. 2017.

## INTRODUCCIÓN

La importancia de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) se debe a su rendimiento anual, de hasta 30 t MS ha<sup>-1</sup>, y su valor nutrimental, con 22 % de proteína y 70 % de digestibilidad (Avci *et al.*, 2010; Mendoza *et al.*, 2010), y es apetecible para bovinos que la consumen fresca, henificada o ensilada (Han *et al.*, 2005; Mejia-Delgadillo *et al.*, 2011). La alfalfa también se utiliza para mejorar la cobertura vegetal, prevenir la degradación de las praderas, y contribuye a la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería (Chen *et al.*, 2012). Al asociarse con una gramínea la producción de la pradera aumenta, el valor nutrimental mejora y los costos de alimentación disminuyen en comparación con los alimentos balanceados (Zaragoza *et al.*, 2009).

La frecuencia e intensidad de corte de alfalfa se debe definir con base en el estado de desarrollo de la planta (Mendoza *et al.*, 2010; Hernández-Garay *et al.*, 2012). Estas variables son importantes para lograr el equilibrio entre cantidad, calidad y persistencia de la pradera (Teixeira *et al.*, 2008). Idris y Adam (2013) al cosechar con frecuencias de 25 y 30 d obtuvieron rendimiento anual mayor y menor en las variedades Hagazi y Cuf 101 de alfalfa. Rivas *et al.* (2005) y Zaragoza *et al.* (2009), sin considerar intervalos de cosechas, obtuvieron rendimiento mayor de alfalfa en primavera-verano, que en invierno. Villegas *et al.* (2004) obtuvieron el rendimiento mayor de forraje con dos variedades de alfalfa en primavera, invierno y verano y la producción menor en otoño.

La densidad poblacional de tallos y su peso son indicadores de la producción de forraje (Matthew *et al.*, 1996). Al respecto, Chen *et al.* (2012) incrementaron la frecuencia de corte a 30, 40 y 50 d y obtuvieron incremento en la densidad de tallos de 645, 734 y 688 por m<sup>2</sup>. Los mismos autores obtuvieron menor y mayor peso por tallo (0.27 y 0.45 g) a los 30 y 50 d.

El rendimiento mayor en alfalfa se ha obtenido con densidad de 25 plantas por m<sup>2</sup> (Celebi *et al.*, 2010; Dolling *et al.*, 2011). Morales *et al.* (2006) reportaron la relación hoja:tallo y su relación con la altura y rendimiento en catorce variedades de alfalfa; la relación hoja:tallo menor (0.61) correspondió a la variedad Puebla 76. En México la información sobre estos componentes del rendimiento en alfalfa es escasa.

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta productiva de cinco variedades comerciales de

2010; Mendoza *et al.*, 2010). It is appealing to cattle, which consume it fresh, as hay or silage (Han *et al.*, 2005; Mejia-Delgadillo *et al.*, 2011). Alfalfa is also used to improve vegetation cover, prevent grasslands degradation and contributes to agriculture and livestock sustainability (Chen *et al.*, 2012). When associated with other grass the prairie production increases, the nutritional value improves and feed costs decreases compared to balanced feed (Zaragoza *et al.*, 2009).

The frequency and intensity of alfalfa cutting must be set based on the plant's state of development (Mendoza *et al.*, 2010; Hernández-Garay *et al.*, 2012). These variables are important to achieve the balance between quantity, quality and prairie persistence (Teixeira *et al.*, 2008). Idris and Adam (2013) harvested with frequencies of 25 and 30 d and obtained greater and lesser annual yield in the Hagazi and Cuf 101 varieties. Rivas *et al.* (2005) and Zaragoza *et al.* (2009), regardless of harvest intervals, obtained higher alfalfa yield in spring and summer than in winter. Villegas *et al.* (2004) obtained the higher forage yield with two varieties in spring-summer than in winter. Villegas *et al.* (2004) obtained the highest forage yield with two varieties of alfalfa in spring and the lower yield in autumn.

The stems population density and stem weight are forage production indicators (Matthew *et al.*, 1996). In this regard, Chen *et al.* (2012) increased the harvest frequency to 30, 40 and 50 d and reported increased stems density of 645, 734 and 688 per m<sup>2</sup>. The same authors obtained lower and higher weight per stem (0.27 and 0.45 g) at 30 and 50 d.

The highest yield obtained on alfalfa was with a density of 25 plants per m<sup>2</sup> (Celebi *et al.*, 2010; Dolling *et al.*, 2011). Morales *et al.* (2006) report the leaf:stem ratio and their relationship with the height and yield in 14 alfalfa varieties; the smaller leaf:stem ratio (0.61) corresponded to the Puebla 76 variety. Information on these yield components of alfalfa is scarce in Mexico.

The objective of this study was to assess the productive response of five commercial varieties of alfalfa, with seasonal cutting intervals, defined by its forage yield, leaf:stem ratio, stem weight, stem density, plant density, botanical and morphological composition. Our hypothesis was that the San Miguelito commercial variety, which is the most marketed and produced in the Mexican Highlands region, has the best performance.

alfalfa, con intervalos de corte definidos estacionalmente, mediante su rendimiento de forraje, relación hoja:tallo, peso por tallo, densidad de tallos, densidad de plantas, composición botánica y morfológica. La hipótesis fue que la variedad comercial San Miguelito, que es la más comercializada y se produce en la región del altiplano de México, presenta el mejor comportamiento productivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de junio de 2010 a junio de 2011, en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 29' N y 98° 53' O, y altitud de 2240 m). El clima es templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con precipitación media anual de 636.5 mm, y régimen de lluvias en verano (de junio a octubre) y temperatura promedio anual de 15.2 °C (García, 2004). El suelo se analizó en el Laboratorio de Nutrición Vegetal, S.C. en el 2011 y se identificó como suelo franco arenoso, con pH 8.4 y 3.5 % de materia orgánica. Las variedades comerciales evaluadas fueron San Miguelito, Júpiter, Atlixco, Vía láctea y Cuf 101. El cultivo se estableció el 18 de abril de 2008. La siembra se realizó al voleo y el área de estudio se dividió en 20 parcelas de 108 m<sup>2</sup> (12×9 m), con densidad de siembra de 30 kg de semilla pura viable por ha; la densidad se ajustó con el porcentaje de pureza y germinación de cada variedad. Al inicio del estudio se realizó un corte de uniformización a 5 cm de altura, con tractor-podador (New Holland Modelo 6610, USA). El intervalo entre cortes varió con la estación del año: en primavera y verano las plantas se cortaron cada cuatro semanas, en otoño cada cinco, y en invierno cada seis.

### Rendimiento de forraje

El rendimiento de forraje se evaluó en dos cuadros fijos, de 0.25 m<sup>2</sup> por repetición, colocados al azar. El forraje en cada cuadro se cosechó un día antes del corte, a una altura de 5 cm, se depositó en bolsas de papel, se enjuagó y se deshidrató hasta peso constante en estufa con circulación forzada de aire (Memmert Modelo UF 260). El peso de las muestras secas se registró en una balanza de precisión (Sartorius Modelo Entris 323-S), para determinar el rendimiento por unidad de superficie (kg MS ha<sup>-1</sup>).

### Relación hoja:tallo

Los datos de la relación hoja:tallo (H/T) se obtuvieron a partir de la composición morfológica de las hojas y los tallos y se expresaron en kg MS ha<sup>-1</sup>.

## MATERIALS AND METHODS

This study was conducted from June 2010 to June 2011, at the experimental field of the Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 29' N, 98° 53' W, and 2240 m altitude). The climate is temperate subhumid, the driest of the subhumid, mean annual precipitation of 636.5 mm, summer rainfalls (June to October), and mean annual temperature of 15.2 °C (García, 2004). The Laboratorio de Nutrición Vegetal, S.C. analyzed the soil samples in 2011. These were identified as sandy loam soil, pH 8.4 and 3.5 % organic matter. The commercial evaluated varieties were San Miguelito, Júpiter, Atlixco, Vía láctea and Cuf 101. The crop was established on April 18, 2008. Sowing was carried out by randomly tossing the seeds. The study area was divided into 20 plots of 108 m<sup>2</sup> (12×9 m), with 30 kg sowing density of pure viable seed per ha; the density was adjusted with the purity and germination percentage of each variety. The crop was cut at a 5 cm height for uniformity at the beginning of the study with a tractor-grass cutter (New Holland model 6610, USA). Interval between cuts varied with the season of the year; plants were cut each four weeks in spring and summer, in the autumn every five weeks, and every six weeks in winter.

### Forage yield

To assess forage yield, we randomly selected two fixed 0.25 m<sup>2</sup> squares per repetition. Forage in each box was harvested a day before the cut, at a 5 cm height. Samples were then deposited in paper bags, rinsed and dehydrated until constant weight in an oven with forced air circulation (Memmert model UF 260). The weight of the dried samples was recorded on a precision scale (Sartorius model Entris 323-S), to assess the yield per surface unit (kg DM ha<sup>-1</sup>).

### Leaf:stem ratio

The data for the leaf:stem ratio (H/T) was obtained from the morphological composition of leaves and stems and expressed in kg DM ha<sup>-1</sup>.

### Weight per stem

One day before each cut, we randomly selected 10 crowns, and in each one, harvested a stem randomly at ground level. The stems with leaves were then dehydrated in an oven with forced air circulation (Memmert model UF 260) until constant weight; their weight was recorded in a precision scale. The average weight per stem was calculated.

### Peso por tallo

Un día antes de cada corte, se seleccionaron al azar 10 coronas y en cada una se cosechó un tallo al azar a nivel del suelo. Los tallos con hojas se deshidrataron en estufa con circulación de aire (Memmert Modelo UF 260) hasta peso constante, su peso se registró en la balanza de precisión. El peso promedio por tallo se calculó.

### Densidad de tallos

Al inicio del estudio se colocaron al azar dos cuadros fijos, de 20×20 cm, en el suelo, en cada repetición de cada variedad. En ellos se contabilizaron mensualmente todos los tallos, los cambios en densidad se registraron y se promediaron estacionalmente.

### Densidad de plantas

En un cuadro fijo de 1 m<sup>2</sup>, colocado en el suelo al inicio del estudio, en cada repetición por variedad, se contabilizó el número de plantas mensualmente y se registraron los cambios en densidad poblacional durante el año.

### Composición botánica y morfológica

Un día antes de cada corte, de las muestras de forraje cosechado, de una submuestra, aproximada de 20 %, se separaron la alfalfa y las arvenses para determinar la composición botánica y morfológica. Para la segunda, la alfalfa se separó en hojas y tallos. Cada componente se deshidrató en la estufa con aire forzado, a 55 °C por 72 h. La biomasa seca se obtuvo en la balanza de precisión, luego se promediaron por estación.

### Datos climáticos

Los datos de temperatura máxima, mínima y precipitación del periodo de estudio se obtuvieron de la estación agrometeorológica del Colegio de Postgraduados, a 100 m del área experimental (Figura 1). La temperatura máxima fue en julio de 2010 y de marzo a junio de 2011, con promedio de 28 °C, en primavera y verano. La temperatura mínima (-1 °C) se registró en invierno, en diciembre de 2010 y enero y febrero de 2011. La precipitación mayor (404 mm) fue en verano y otoño, en julio, agosto, septiembre y noviembre de 2010 y junio de 2011. En las estaciones de invierno y primavera se proporcionaron riegos cada 15 d.

### Stem density

At the beginning of the study, at random, two 20×20 cm fixed frame were placed on the floor, on each repetition of each variety. The number of stems was monthly recorded, and the changes in their density recorded and seasonally averaged.

### Plant density

In a fixed frame of 1 m<sup>2</sup>, placed on the ground at the start of the study, in each repetition by variety, the number of plants was assessed every month and their changes in population density during the year recorded.

### Botanical and morphological composition

One day before each cut, of the forage we harvested samples from a sub-sample of approximately 20 %, alfalfa was separated from weeds to determine the botanical and morphological composition of each sample. From a second sample, we separated the alfalfa in leaves and stems. Each component was dehydrated in a forced air the stove, at 55 °C for 72 h. Dry biomass was assessed with a precision scale; data was averaged by season.

### Climate data

Minimum and maximum temperature and precipitation data from the study period were obtained from the agrometeorological station at the Colegio de Postgraduados, which is 100 m from the experimental area (Figure 1). The maximum recorded temperatures were in July 2010, and from March to June 2011, with a 28 °C average in spring and summer. The minimum temperature (-1 °C) was recorded during the winter season, in December 2010, and January and February 2011. The highest precipitation (404 mm) was in summer and autumn, in July, August, September and November 2010 and June 2011. During the winter and spring season irrigation was provided every 15 d.

### Statistical analysis

An ANOVA was performed with the mixed models procedure (SAS, 2009), on a randomized complete block design with four replications. The variables were: forage yield, H/T ratio, weight per stem, stem population per m<sup>2</sup>, plant population per m<sup>2</sup>, and botanical and morphological composition. The comparison of means was performed with the adjusted Tukey test (p≤0.05).

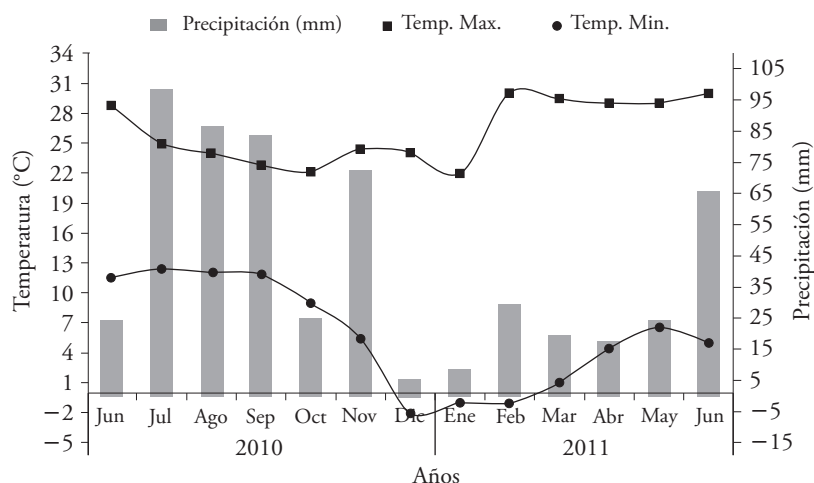


Figura 1. Temperatura media mensual máxima, mínima y precipitación acumulada mensual durante el periodo de estudio (junio 2010 a junio 2011).

Figure 1. Maximum monthly average temperature, minimum and cumulative monthly precipitation during the study period (June 2010 to June 2011).

#### Análisis estadístico

Un ANDEVA se realizó con el procedimiento de Modelos Mixtos (SAS, 2009), con diseño de bloques al azar y cuatro repeticiones. Las variables fueron rendimiento de forraje, relación H/T, peso por tallo, población de tallos  $m^2$ , población de plantas  $m^2$ , y composición botánica y morfológica. Las media se compararon con la prueba ajustada de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de forraje

El rendimiento mayor anual ( $p \leq 0.05$ ) fue de la variedad Júpiter y el menor de la variedad Cuf 101. La distribución fue: verano 37 % > primavera 26 % > otoño 25 % > invierno 13 % (Cuadro 1). Este gradiente coincidió con las temperaturas mayores en primavera y verano, que favorecieron el desarrollo de la alfalfa (Guimire *et al.*, 2014), ya que su temperatura de crecimiento fluctúa entre 15 y 25 °C. Los resultados fueron similares a los observados por Villegas *et al.* (2004) de rendimientos anuales de 21 600, 21 400, 20 000 y 20 100 kg MS  $ha^{-1}$  con las variedades Oaxaca, Tlacolula, Valenciana y Moapa.

Idris y Adam (2013) reportaron rendimientos menores y señalaron que, independiente de la variedad y frecuencia de corte, el promedio fue 10 552 kg MS  $ha^{-1}$  de rendimiento anual. Nuestros resultados

## RESULTS AND DISCUSSION

### Forage yield

The highest annual yield ( $p \leq 0.05$ ) was that of Júpiter variety and the lowest of Cuf 101 variety. The distribution was: 37 % summer > 26 % spring > 25 % autumn > 13 % winter (Table 1). This gradient coincided with highest spring and summer temperatures, favoring alfalfa development (Guimire *et al.*, 2014), since its growth temperature fluctuates between 15 and 25 °C. Our results were similar to those reported by Villegas *et al.* (2004) for 21 600, 21 400, 20 000 and 20 100 kg MS  $ha^{-1}$  with Oaxaca, Tlacolula, Valencia and Moapa varieties.

Idris and Adam (2013) reported lower yields and noted that, regardless of the variety and the cut frequency, on average, obtained an annual yield of 10 552 kg MS  $ha^{-1}$ . Our results are similar to those of Avci *et al.* (2010) with eleven lines and two alfalfa varieties, averaging 20 615 kg MS  $ha^{-1}$ . Abusuwar and Daur (2014) reported higher annual alfalfa yield on the Cuf-101 and lower in the Hegazi varieties (18 065 and 17 545 kg MS  $ha^{-1}$ ).

Mendoza *et al.* (2010) reported a greater total cumulative forage production in the San Miguelito variety, harvested every 6 and 7 weeks (34 457 kg MS  $ha^{-1}$ ), with a seasonal distribution of 31, 26, 23 and 20 % in summer, spring, autumn, and winter. Rivas *et al.* (2005) recorded an annual average yield of



**Cuadro 1. Rendimiento estacional y anual (kg MS ha<sup>-1</sup>) de alfalfa.**  
**Table 1. Seasonal and annual yield (kg DM ha<sup>-1</sup>) of alfalfa.**

Variedad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
San Miguelito	6097 ABa	4177 ABb	2069 ABc	3891 Bb	16 234 AB
Júpiter	7269 Aa	4833 Ab	2679 Ac	5494 Ab	20 275 A
Atlíxco	6506 Aa	4530 Ab	2469 Ac	4453 ABb	17 958 AB
Vía Láctea	6522 Aa	4449 Ab	2361 Ac	4080 Bb	17 412 AB
Cuf 101	4888 Ba	3104 Bb	1508 Bc	3849 Bab	13 350 B
Promedio	6256 a	4218 b	2217 c	4353 b	17 313

abc: Medias con diferente letra minúscula en una hilera son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ABC: Medias con diferente letra mayúscula en una columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ✦ abc: Means with different lowercase letter in a row are statistically different ( $p \leq 0.05$ ). ABC: Means with different capital letter in a column are statistically different ( $p \leq 0.05$ ).

fueron similares a los de Avci *et al.* (2010) en once líneas y dos variedades de alfalfa con promedio de 20 615 kg MS ha<sup>-1</sup>. Abusuwar y Daur (2014) observaron en alfalfa un rendimiento anual mayor con la variedad Cuf-101 y menor en Hegazi (18 065 y 17 545 kg MS ha<sup>-1</sup>).

Mendoza *et al.* (2010) reportaron la producción mayor de forraje total acumulado en la variedad San Miguelito, cosechada cada 6 y 7 semanas (34 457 kg MS ha<sup>-1</sup>) con una distribución estacional de 31, 26, 23 y 20 % en verano, primavera, otoño e invierno. Rivas *et al.* (2005) registraron rendimiento promedio anual de forraje de 33 864 kg de MS ha<sup>-1</sup> en cinco variedades de alfalfa, con los mismos intervalos de corte de esta investigación. Esos rendimientos son superiores a los de nuestra investigación probablemente porque el cultivo tenía más de 2 años de establecido, por lo que su persistencia y rendimiento disminuyó después de siembra.

### Relación hoja:tallo

La relación H/T presentó efecto significativo ( $p \leq 0.05$ ) entre variedades y estaciones del año (Cuadro 2). La variedad Júpiter mostró la relación H/T menor ( $p \leq 0.05$ ) y entre las otras variedades no hubo diferencias estadísticas (promedio de 1.22). Independiente de la variedad, en otoño e invierno la relación H/T fue la mayor (1.49), comparado con verano y primavera (0.92 y 0.94). Esa relación en forrajes es una medida indirecta de la calidad: si el valores es mayor a uno, indica mejor calidad del forraje que con valores menores a uno (Hernández-Garay *et al.*, 2000; Villegas *et al.*, 2004; Morales *et al.*, 2006).

33 864 kg DM MS ha<sup>-1</sup> in five alfalfa varieties, with the same cutting intervals than those in this research. Those yields are higher than those in our research, probably because the crop had more than 2 years from its establishment, so its persistence and yield decreased in the time after planting.

### Leaf:stem ratio

The H/T ratio showed a significant effect ( $p \leq 0.05$ ) between varieties and seasons (Table 2). The Júpiter variety showed the lowest H/T ratio ( $p \leq 0.05$ ). Among the other varieties there were no statistical differences (average 1.22). Regardless of the variety, in autumn and winter the H/T ratio was the highest (1.49) compared to summer and spring (0.92 and 0.94). That ratio between forages is an indirect measure of quality: if the value is greater one, it indicates better fodder quality compared to values of less than a unit (Hernández-Garay *et al.*, 2000; Villegas *et al.*, 2004; Morales *et al.*, 2006).

The H/T ratio in our study, 1.05 and 0.62 in January and November ( $p \leq 0.05$ ), was partially different from the four varieties of alfalfa, with two intensities of court; of them, Moapa and Tlacolula showed the best and worst H/T ratio, with 1.4 and 1.1 (Villegas *et al.*, 2006). In contrast, Rivas *et al.* (2005) observed lower values (0.79) to those above. Morales *et al.* (2006) recorded 0.68 in fourteen varieties of alfalfa and Zaragoza *et al.* (2009) recorded in the fifth week in summer, autumn and spring values of 0.8, 0.7, and 0.6 and 0.8 in winter, in the sixth week.

**Cuadro 2. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo de cinco variedades de alfalfa.**  
**Table 2. Seasonal changes in the leaf:stem ratio of five varieties of alfalfa.**

Variedad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
San Miguelito	0.91 ABb	1.44 Aa	1.53 Aa	0.92 Ab	1.20 AB
Júpiter	0.88 Bb	1.46 Aa	1.52 Aa	0.89 Ab	1.18 B
Atlixco	0.88 Bb	1.46 Aa	1.52 Aa	0.94 Ab	1.20 AB
Vía Láctea	0.91 ABb	1.39 Aa	1.50 Aa	0.98 Ab	1.20 AB
Cuf 101	1.02 Ab	1.55 Aa	1.55 Aa	0.98 Ab	1.28 A
Promedio	0.92 b	1.46 a	1.52 a	0.94 b	

abc: Medias con diferente letra minúscula en una hilera son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ABC: Medias con diferente letra mayúscula en una columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ✦ abc: Means with different lowercase letter in a row are statistically different ( $p \leq 0.05$ ). ABC: Means with different capital letter in a column are statistically different ( $p \leq 0.05$ ).

La relación H/T de nuestro estudio, 1.05 y 0.62 en enero y noviembre ( $p \leq 0.05$ ), fue parcialmente diferente al de cuatro variedades de alfalfa, con dos intensidades de corte; de ellas, Moapa y Tlacolula mostraron la mejor y peor relación H/T, con 1.4 y 1.1 (Villegas *et al.*, 2006). En contraste, Rivas *et al.* (2005) obtuvieron valores menores (0.79) a los anteriores, Morales *et al.* (2006) registraron 0.68 en catorce variedades de alfalfa y Zaragoza *et al.* (2009) registraron en la quinta semana en verano, otoño y primavera valores de 0.8, 0.7 y 0.6 en invierno, en la sexta semana 0.8.

### Peso por tallo

El peso por tallo no fue diferente ( $p > 0.05$ ) entre variedades (Cuadro 3). En todas las variedades hubo efecto estacional ( $p \leq 0.05$ ), primavera 0.92 > verano 0.78 > otoño 0.64 > invierno 0.38 g por tallo. Los valores menores en invierno estuvieron asociados al efecto negativo de las bajas temperaturas (Figura 1). Pero, de acuerdo con Chen *et al.* (2012), también pudo haber efecto de las frecuencias de corte; ellos evaluaron esa frecuencia y determinaron peso por tallo menor y mayor de 0.27 y 0.45 g, para la menor y mayor frecuencia.

El peso de tallo aumentó con la frecuencia de corte a 15 cm (1.1 g por tallo), y se relacionó con el índice de área foliar y rendimiento mayor. Estos resultados son similares a los obtenidos por Meuriot *et al.* (2005) en primavera con las variedades Júpiter y San Miguelito. La reducción del peso por tallo coincidió con el aumento en la densidad de tallos (Cuadro 4). Esto coincidió con la disminución en

### Weight per stem

Weight per stem was not different ( $p > 0.05$ ) between varieties (Table 3). In all the varieties, there were seasonal effect ( $p \leq 0.05$ ), 0.92 g per stem spring > 0.78 summer > 0.64 fall > 0.38 winter. Lower values in winter were associated with the negative effect of low temperatures (Figure 1). Although, according to Chen *et al.* (2012), might also be effect of cutting frequencies; they assessed that frequency and weight determined by stem minor and major of 0.27 and 0.45 g, for the lowest and highest frequency.

Stem weight increased at 15 cm (1.1 g per stem) with cut frequency, and related to the leaf area index and higher yield. These results are similar to those obtained by Meuriot *et al.* (2005) in spring with the varieties of Júpiter and San Miguelito. The decrease in weight per stem coincided with the increase in the density of stems (Table 4). This coincided with the decline in individual weight of stems increasing its density per unit area obtained by Hernandez-Garay *et al.* (1992). The previous effect is explained by the self-thinning law (Hernandez-Garay *et al.*, 2000).

### Stem density

Statistical differences in higher stem density, between varieties ( $p \leq 0.05$ ), were found in Júpiter and Atlixco with an average of 641 stems per  $m^2$ ; in contrast Cuf 101 presented lower density, with 417 stems per  $m^2$  (Table 4). The seasonal average density showed differences ( $p \leq 0.05$ ) and decreased

**Cuadro 3. Cambios estacionales en el peso por tallo (g) de alfalfa.**  
**Table 3. Seasonal changes in the stem (g) weight of alfalfa.**

Variedad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
San Miguelito	0.80 Aa	0.70 Ab	0.30 Ac	1.00 ABb	0.70 AB
Júpiter	0.80 Ab	0.60 Ac	0.40 Ad	1.10 Aa	0.73 A
Atlixco	0.80 Aa	0.60 Aab	0.40 Ab	0.90 Ba	0.68 AB
Vía Láctea	0.80 Aa	0.70 Aab	0.40 Ab	0.80 Ca	0.68 AB
Cuf 101	0.70 Aa	0.60 Aa	0.40 Ab	0.80 Ca	0.63 B
Promedio	0.78 a	0.64 b	0.38 c	0.92 a	

abc: Medias con diferente letra minúscula en una hilera son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ABC: Medias con diferente letra mayúscula en una columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ✦ abc: Means with different lowercase letter in a row are statistically different ( $p \leq 0.05$ ). ABC: Means with different capital letter in a column are statistically different ( $p \leq 0.05$ ).

el peso individual de los tallos por el aumento en su densidad por unidad de área reportado por Hernández-Garay *et al.* (1992). El efecto anterior se explica con la ley de auto-aclareo (Hernández-Garay *et al.*, 2000).

#### Densidad de tallos

Las diferencias estadísticas en densidad mayor de tallos, entre variedades ( $p \leq 0.05$ ), se presentaron en Júpiter y Atlixco con promedio de 641 tallos por  $m^2$ ; en contraste Cuf 101 presentó densidad menor, con 417 tallos por  $m^2$  (Cuadro 4). El promedio estacional de densidad mostró diferencias ( $p \leq 0.05$ ) y disminuyó con el tiempo: verano 677 > otoño 584 > invierno 524 > primavera 460 (Figura 1).

Stanisavljević *et al.* (2012) observaron comportamiento similar en cuatro variedades de alfalfa, la densidad mayor de tallos, 518 por  $m^2$ , en el primer

with time: 677 autumn > 584 summer > 524 winter > 460 spring (Figure 1).

Stanisavljević *et al.* (2012) observed a similar response in four varieties of alfalfa: the higher density of stems, 518 per  $m^2$ , in the first year and the lower, 140 stems per  $m^2$ , in the fourth year. Chen *et al.* (2013) indicated that stem density increases often cut to a point in decline, regardless of the variety and year of evaluation, 645, 734 and 688 stems per  $m^2$  with frequencies of 30, 40 and 50 d, which is highly related to the yield.

Organic fertilization on alfalfa increased stem density, plant height and yield (Al-Juaimi *et al.*, 2014). Temperature and soil moisture are the main climatic factors that influence the density and weight of stems, they are related to the environmental conditions, and if these are favorable, stem production is constant and increases biomass production (Ventroni *et al.*, 2010).

**Cuadro 4. Cambios estacionales en la densidad de tallos (tallos  $m^2$ ) de cinco variedades de alfalfa.**  
**Table 4. Seasonal changes in the stems density (stems per  $m^2$ ) of five alfalfa varieties.**

Variedad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
San Miguelito	700 Ba	594 BCb	488 Bc	407 Cd	547 BC
Júpiter	757 Aa	661 Ab	629 Ab	558 ABc	651 A
Atlixco	695 Ba	613 ABb	622 Ab	594 Ab	631 A
Vía Láctea	666 Ba	548 CDb	529 Bb	499 Bb	561 B
Cuf 101	566 Ca	504 Db	354 Cc	242 Dd	417 C
Promedio	677 a	584 b	524 c	460 d	

abc: Medias con diferente letra minúscula en una hilera son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ABC: Medias con diferente letra mayúscula en una columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ✦ abc: Means with different lowercase letter in a row are statistically different ( $p \leq 0.05$ ). ABC: Means with different capital letter in a column are statistically different ( $p \leq 0.05$ ).



año, y la menor, 140 tallos por m<sup>2</sup>, en el cuarto año. Chen *et al.* (2013) indicaron que la densidad de tallos aumenta con la frecuencia de corte hasta un punto en declive, independiente de la variedad y año de evaluación, de 645, 734 y 688 tallos por m<sup>2</sup> con frecuencias de 30, 40 y 50 d, lo que tiene alta relación con el rendimiento.

La fertilización orgánica en alfalfa aumentó densidad de tallos, altura de la planta y rendimiento (Al-Juaimi *et al.*, 2014). La temperatura y humedad en el suelo son los factores climáticos principales que influyen en la densidad y peso de tallos, y están relacionados con las condiciones ambientales que, si son favorables, la producción de tallos es constante y aumenta la producción de biomasa (Ventroni *et al.*, 2010).

Hernández-Garay *et al.* (1992) señalaron la relación inversa entre la densidad de tallos y la producción de materia seca: el número mayor de tallos resulta en rendimiento menor de forraje, posiblemente por el peso individual bajo de cada uno de ellos. Al relacionar el peso por tallo y la densidad de tallos se observó que siguen la ley de auto-aclareo, descrita por Hernández-Garay *et al.* (2000), ya que en primavera se presentó el mayor peso, con la densidad poblacional menor de tallos.

### Densidad de plantas

La densidad de plantas disminuyó con el tiempo en todas las variedades (Cuadro 5), de 32 plantas por m<sup>2</sup> en verano a 22 en primavera ( $p \leq 0.05$ ). La densidad promedio mayor y menor de plantas correspondió a Júpiter y Cuf 101, con 33 y 21 plantas por m<sup>2</sup>, y perdieron 10 y 11 plantas, respectivamente.

El aumento del tiempo de establecimiento en una pradera de alfalfa estabiliza la cobertura y densidad de plantas; pero, en determinado tiempo disminuye, lo que depende de la variedad y el sitio (Mortenson *et al.*, 2005). Dolling *et al.* (2011) obtuvieron en alfalfa con densidad baja, 8 plantas por m<sup>2</sup>, el rendimiento mayor de materia seca en comparación con 39 plantas por m<sup>2</sup>, debido a que la corona desarrolla mayor número de tallos por la menor competencia intraespecífica.

En primavera el rendimiento mayor de alfalfa se relacionó con la mayor radiación solar interceptada (95 %) en las distancias de 10, 15, 20, 25 y 30 cm entre plantas; pero, en verano e invierno se alcanzó

Hernández-Garay *et al.* (1992) noted the inverse relationship between the density of stems and dry matter production: the greatest number of stems results in less forage yield, possibly for the low individual weight of each one of them. To relate the stem weight and tiller density was observed following the self-discharge law, described by Hernández-Garay *et al.* (2000), since the greater weight, with lower stem density was presented in spring.

### Plant density

Plant density decreased with time in all varieties (Table 5), from 32 plants per m<sup>2</sup> in summer to 22 in spring ( $p \leq 0.05$ ). Greater and lesser plants mean density corresponded to Júpiter and Cuf 101, with 33 and 21 plants per m<sup>2</sup>, and they lost 10 and 11 plants, respectively.

The increase in time of establishment in a meadow of alfalfa stabilizes coverage and plants density; but, at certain time they decrease, depending on the variety and the site (Mortenson *et al.*, 2005). Dolling *et al.* (2011) in alfalfa with low density, eight plants per m<sup>2</sup>, obtained the higher yield of dry matter compared to 39 plants per m<sup>2</sup>, due to the fact that the crown develops a greater number of stems by a reduced intraspecific competition.

Alfalfa higher yield in spring was related to greater intercepted solar radiation (95 %) at distances of 10, 15, 20, 25 and 30 cm between plants; but, in summer and winter it reached 95 % of intercepted radiation only when distance between plants was 10 to 15 cm (Mattera *et al.*, 2013). The smaller the separation between plants, the higher the yield (Stanisavljević *et al.*, 2012; Mattera *et al.*, 2013; Baldissera *et al.*, 2014).

### Botanical and morphological composition

Alfalfa represented more than 90 % of the desirable species on the prairie during the entire period of study (Figure 2). Only in spring and summer there was the greater weed presence ( $p \leq 0.05$ ) (*Aristida stricta*, *Bromus inermis* and *Malva neglecta* were predominant). The differences between varieties throughout the year were significant ( $p \leq 0.05$ ). Cuf 101, with 5 %, presented greater weed invasion. Statistical differences were observed between seasons of the year on the contribution of leaves to yield ( $p \leq 0.05$ ) regardless of the variety; autumn and

**Cuadro 5. Cambios estacionales en la densidad de plantas (plantas por m<sup>2</sup>) en alfalfa.**  
**Table 5. Seasonal changes in the plant density of alfalfa (plants per m<sup>2</sup>).**

Variedad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
San Miguelito	30 BCa	26 Cab	23 Cb	21 Bb	25 C
Júpiter	38 Aa	34 Ab	32 Ac	28 Ac	33 A
Atlixco	35 ABa	31 ABb	27 Bbc	24 Bc	29 AB
Vía Láctea	32 Ba	30 Ba	26 BCb	23 Bc	28 B
Cuf 101	27 Ca	23 Cb	19 Dc	16 Cd	21 C
Promedio	32 a	29 b	25 c	22 c	

abc: Medias con diferente letra minúscula en una hilera son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ABC: Medias con diferente letra mayúscula en una columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ✦ abc: Means with different lowercase letter in a row are statistically different ( $p \leq 0.05$ ). ABC: Means with different capital letter in a column are statistically different ( $p \leq 0.05$ ).

el 95 % de radiación interceptada solo cuando la distancia entre plantas fue 10 y 15 cm (Mattera *et al.*, 2013). Entre menor es la separación entre plantas el rendimiento es mayor (Stanisavljević *et al.*, 2012; Mattera *et al.*, 2013; Baldissera *et al.*, 2014).

### Composición botánica y morfológica

La alfalfa representó más de 90 % de la especie deseable en la pradera durante todo el periodo de estudio (Figura 2). Solo en primavera y verano hubo presencia mayor ( $p \leq 0.05$ ) de arvenses (*Aristida stricta*, *Bromus inermis* y *Malva neglecta* fueron las predominantes). Las diferencias entre variedades a través del año fueron significativas ( $p < 0.05$ ). Cuf 101, con 5 %, presentó invasión mayor por arvenses. Las diferencias estadísticas se observaron entre estaciones del año en la aportación de hojas al rendimiento ( $p \leq 0.05$ ), e independiente de la variedad; otoño e invierno, con 57 y 59 % de hoja, superaron a primavera (47 %) y verano (45 %). En el periodo experimental no se presentó material muerto, ya que la alfalfa defolia las hojas senescentes.

El porcentaje mayor de arvenses en primavera y verano podría deberse a la temperatura mayor en esas estaciones, que favoreció su competencia por luz, agua y nutrimentos (Mortenson *et al.*, 2005). El aporte mayor de arvenses en la variedad Cuf 101 se debió a su densidad menor de plantas. Esto coincidió con lo documentado por Celebi *et al.* (2010) y Mendoza *et al.* (2010).

Rivas *et al.* (2005) evaluaron cinco variedades de alfalfa y registraron el porcentaje anual mayor ( $p \leq 0.05$ ) de hoja (35 y 33 %) en las variedades

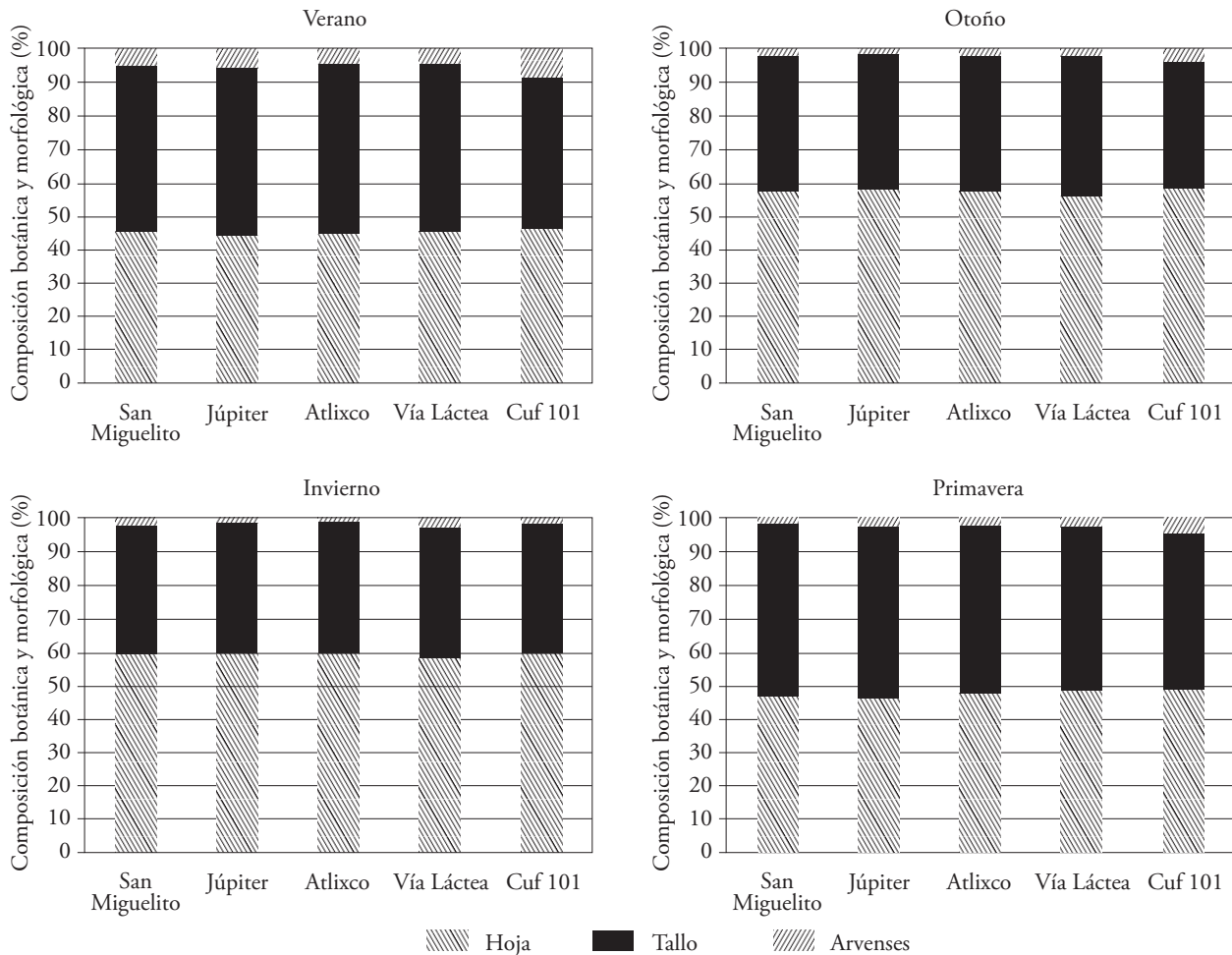
winter, with 57 and 59 % of leaf, surpassed spring (47 %) and summer (45 %). Dead material was not presented in the experimental period since alfalfa defoliates senescent leaves.

The higher percentage of weeds in spring and summer might be due to higher temperature in these seasons, which favored its competition for light, water and nutrients (Mortenson *et al.*, 2005). The greater weed variety in Cuf 101 was due to its lower plant density. This coincided with what documented Celebi *et al.* (2010) and Mendoza *et al.* (2010).

Rivas *et al.* (2005) assessed five varieties of alfalfa and recorded the highest annual leaf percentage ( $p \leq 0.05$ ) (35 and 33 %) in the varieties of Oaxaca and San Miguel, and the lower in Moapa 30 %. In this regard, Hernández-Garay *et al.* (2012) observed that with more frequent harvest the nutrimental quality of alfalfa increases, because it increases the leaf percentage; but frequent cuts quickly eliminate the perennial due to depletion of carbohydrate reserves, since the regrowth of forage species occurs by translocation of carbohydrates in the roots and base of aerial meristems remaining stems; this causes the rate of regrowth to be slow and the weeds invade the prairie.

### CONCLUSIONS

The five varieties have higher seasonal yield in spring-summer compared to autumn-winter season. H/T lower ratio, high stems weight and lower stems density was recorded in seasons with higher temperature. Júpiter and Atlixco varieties are recommended for the valley in the Highlands of Mexico.



**Figura 2. Cambios estacionales en la composición botánica y morfológica (%) de cinco variedades de alfalfa.**  
**Figure 2. Seasonal changes in botanical and morphological composition (%) of five alfalfa varieties.**

Oaxaca y San Miguel, y el menor en Moapa 30 %. Al respecto, Hernández-Garay *et al.* (2012) observaron que con la cosecha más frecuente la calidad nutrimental de la alfalfa aumenta, porque el porcentaje de hoja se incrementa; pero los cortes frecuentes eliminan rápidamente las especies perennes por agotamiento de las reservas de carbohidratos, ya que el rebrote de las especies forrajeras ocurre por translocación de carbohidratos de las raíces y base de tallos a los meristemos aéreos remanentes; esto causa que la tasa de rebrote sea lenta y que las arvenses invadan la pradera.

## CONCLUSIONES

Las cinco variedades presentan rendimiento estacional mayor en primavera-verano respecto a otoño-invierno. En las estaciones con temperatura mayor se

registró la relación H/T menor, peso mayor por tallos y densidad de tallos menor. Las variedades Júpiter y Atlixco son recomendables para el valle del altiplano de México.

## LITERATURA CITADA

- Abusuwar, A. O., and I. Daur. 2014. 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.* 12: 747-751.
- Al-Juhaimi, F. Y., S. H. Hamad, I. S. Al-Ahaidib, M. M. Al-Otaibi, and M. M. El-Garawany. 2014. Effects of fertilization with liquid extracts of biogas residues on the growth and forage yield of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under arid zone conditions. *Pak. J. Bot.* 46: 471-475.
- Avcı, M., S. Cinar, C. Yucel, and I. Inal. 2010. Evaluation of some selected alfalfa (*Medicago sativa* L.) lines for herbage yield and forage quality. *J. Food. Agr. Environ.* 8: 545-549.

- Avcı, M. A., A. Ozkose, and A. Tamkoc. 2013. Determination of yield and quality characteristics of alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties grown in different locations. *J. Anim. Vet. Adv.* 12: 487-490.
- Baldissera, T. C., E. Frak, C. F. Carvalho, P., and G. Louarn. 2014. Plant development controls leaf area expansion in alfalfa plants competing for light. *Ann. Bot.* 113: 145-157.
- Celebi, S. Z., I. Kaya, A. K. Saharand, and R. Yergin. 2010. Effects of the weed density on grass yield of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) in different row spacing applications. *Afr. J. Biotechnol.* 9: 6867-6872.
- Chen, J. S., F. L. Tang, R. F. Zhu, C. Gao, G. L. Di, and Y. X. Zhang. 2012. Effects of cutting frequency on alfalfa yield and yield components in Songnen Plain, Northeast China. *Afr. J. Biotechnol.* 11: 4782-4790.
- Chen, J. S., C. Gao, G. L. Di, R. F. Zhu, and Y. X. Zhang. 2013. Effects of cutting on alfalfa yield and quality in Northeast China. *J. Anim. Vet. Adv.* 12: 253-260.
- Dolling, P. J., A. M. Lyons, and R. A. Latta. 2011. Optimal plant densities of lucerne (*Medicago sativa*) for pasture production and soil water extraction in mixed pastures in south-western Australia. *Plant Soil* 348: 315-327.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4 (ed). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Guimire, R., J. B. Norton, and E. Pendall. 2014. Alfalfa-grass biomass, soil organic carbon, and total nitrogen under different management approaches in an irrigated agroecosystem. *Plant Soil* 374: 173-184.
- Han, Q. F., Z. K. Jia, and J. P. Wang. 2005. Current status and future prospects of alfalfa industry in and outside China. *Pratacultural Sci.* 3: 22-25.
- Hernández-Garay, A., J. Pérez P., y V. A. Hernández G. 1992. Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia* 2: 131-144.
- Hernández-Garay, A., C. Matthew, and J. Hodgson. 2000. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO<sub>2</sub> exchange of perennial ryegrass miniature swards. *Grass Forage Sci.* 55: 372-376.
- Hernández-Garay, A., P. A. Martínez H., J. Zaragoza E., H. Vaquera H., F. Osnaya G., B. M. Joaquín T., y M. E. Velasco, Z. 2012. Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo. *Rev. Fitotec. Mex.* 35: 259-266.
- Idris, A. E., and M. A. Adam, M. 2013. Effect of cutting intervals on yield and yield components of three alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes. *Adv. Environ. Biol.* 7: 4677-4681.
- Mattera, J., A. Romero L., L. Cuatrin A., S. Cornaglia P., and A. Grimoldi A. 2013. Yield components, light interception and radiation use efficiency of lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to row spacing. *Eur. J. Agron.* 45: 87-95.
- Matthew, C., A. Hernández-Garay, and J. Hodgson. 1996. Making sense of the link between tiller density and pasture production. *Proc. New Zeal. Grassland Assoc.* 57: 83-87.
- Mendoza, P. S. I., A. Hernández-Garay, J. Pérez, P., A. R. Quero, C., J. A. S. Escalante, E., J. L. Zaragoza, R., y O. Ramírez, R. 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 1: 287-296.
- Mejía-Delgadillo, M. A., E. G. Álvarez-Almora, J. M. Pinos-Rodríguez, J. F. Ponce-Medina, A. Plascencia-Jorquera, L. F. Escoboza-García, y J. Rodríguez-García. 2011. Digestión del heno de trigo en comparación con la de alfalfa y ballico en novillos. *Agrociencia* 45: 13-21.
- Meuriot, F., L. Decau, M., A. Morvan-Bertrand, P. Prud'Homme, M., F. Gastal, C. Simon, J., J. Volenec, J., and C. Avice, J. 2005. Contribution of initial C and N reserves in *Medicago sativa* recovering from defoliation: impact of cutting height and residual leaf area. *Funct. Plant Biol.* 32: 321-334.
- Morales, A. J., J. L. Jiménez V., V. A. Velasco V., Y. Villegas A., J. R. Enríquez V., y A. Hernández-Garay. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la mixteca de Oaxaca. *Téc. Pecu. Méx.* 44: 277-288.
- Mortenson, M. C.; E. Schuman, G., J. Ingram, L., V. Nayigihugu, and W. Hess, B. 2005. Forage production and quality of a mixed-grass rangeland inter seeded with *Medicago sativa* ssp. *falcata*. *Rangel. Ecol. Manage.* 58: 505-513.
- Rivas, J. M. A., C. López C., A. Hernández-Garay, y J. Pérez P. 2005. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc. Pecu. Méx.* 43: 79-92.
- SAS. 2009. SAS, Institute SAS/STAT® 9.2. Use's Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.
- Stanisavljević, R., D. Beković, D. Djukić, V. Stevović, D. Terzić, J. Milenković, and D. Djokić. 2012. Influence of plant density on yield components, yield and quality of seed and forage yields of alfalfa varieties. *Rom. Agric. Res.* 29: 245-254.
- Teixeira, E. I., J. Moot, D., and E. Brown, H. 2008. Defoliation frequency and season affected radiation use efficiency and dry matter partitioning to roots of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. *Eur. J. Agron.* 28: 103-111.
- Ventroni, L. M., J. Volenec, J. and A. Cangiano, C. 2010. Fall dormancy and cutting frequency impact on alfalfa yield and yield components. *Field Crop. Res.* 119: 252-259.
- Villegas, A. Y., A. Hernández-Garay, J. Pérez P., C. López C., J. Herrera H., J. Enríquez Q., y A. Gómez V. 2004. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc. Pecu. Méx.* 42: 145-158.
- Villegas, A. Y., A. Hernández-Garay, P. A. Martínez H., J. Pérez P., J. G. Herrera H., y C. López C. 2006. Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. *Rev. Fitotec. Mex.* 29: 369-372.
- Zaragoza, E. J., A. Hernández-Garay, J. Pérez P., J. G. Herrera H., F. Osnaya G., P. A. Martínez H., S. González M., y A. R. Quero C. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. *Téc. Pecu. Méx.* 47: 173-188.