

Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte

Adelaido Rafael Rojas García¹
Sergio Iban Mendoza Pedroza^{2§}
María de los Ángeles Maldonado Peralta¹
Perpetuo Álvarez Vázquez³
Nicolás Torres Salado¹
Aldenamar Cruz Hernández⁴
Humberto Vaquera Huerta⁵
Santiago Joaquín Cancino⁶

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Núm. 2-Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa, Guerrero. CP. 41940. (rogarcia.05@hotmail.com; mmaldonado@uagro.mx; nivigas@yahoo.com.mx).

²Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km. 35.5, Montecillo, Estado de México. ³Departamento de Recursos Naturales Renovables-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila. (alvarez.perpetuo@colpos.mx). ⁴División Académica de Ciencias Agropecuarias-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa km 25, R/A La Huasteca, Centro, Tabasco, México. (ingaldecruz@gmail.com). ⁵Estadística-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 35.5, Montecillo, Estado de México. (hvaquera@colpos.mx).

⁶Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas. CP. 87149. (sjoaquin@docentes.uat.edu.mx).

§Autor para correspondencia: sergiomp@colpos.mx.

Resumen

El objetivo fue determinar el efecto en intervalos de corte sobre el rendimiento de materia seca, relación hoja-tallo, proteína y digestibilidad *in situ* en hoja y tallo de alfalfa cv 'San Miguelito', en el Altiplano Mexicano. Se establecieron cuatro intervalos de corte (3, 4, 5 y 6 semanas para primavera-verano y 4, 5, 6 y 7 semanas para otoño-invierno) distribuidos aleatoriamente bajo un diseño experimental completamente al azar, con 4 repeticiones. Los intervalos de 6 y 7 semanas ($p < 0.05$), produjeron el mayor rendimiento de materia seca por corte con 4 393 kg MS ha⁻¹; sin embargo, también obtuvieron los menores valores de la relación hoja-tallo (0.74), proteína en hoja y tallo (26.9 y 11.7%) y digestibilidad en hoja y tallo (79.8 y 64.3%). Con la finalidad de obtener un balance apropiado entre rendimiento y calidad del forraje se concluye que la alfalfa se debe cosechar, a intervalos de corte de seis semanas en otoño e invierno, de cuatro semanas en primavera y de cinco semanas en verano.

Palabras clave: *Medicago sativa*, digestibilidad, proteína, rendimiento.

Recibido: febrero de 2019

Aceptado: abril de 2019

Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa forrajera más utilizada para alimentar el ganado lechero en regiones áridas, semiáridas y templadas de México. Se corta a intervalos medios para cosechar el mayor rendimiento de forraje al año por unidad de superficie, así como por su buen contenido de proteína cruda, digestibilidad y grado de aceptación por el ganado (Avíce *et al.*, 1997; McMahan *et al.*, 1999; Chocarro *et al.*, 2001). Este forraje puede ser empleado en fresco, henificado y ensilado en mezcla con una o varias gramíneas, y ser transportado a los corrales donde se confina el ganado (Améndola *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2012).

La persistencia y rendimiento de una pradera de alfalfa dependen del intervalo y severidad de corte, ya que ambos influyen en la dinámica de crecimiento (Mendoza *et al.*, 2010; Rojas *et al.*, 2016; Álvarez-Vázquez *et al.*, 2018). Los cambios que ocurren son a nivel de los componentes del rendimiento de forraje, la densidad de población, el peso de tallos y relación hoja-tallo (Matthew *et al.*, 1996; Rojas *et al.*, 2017). La persistencia promedio de un alfalfar es de tres años, debido al interés de realizar una alta frecuencia de corte, 9 a 11 cortes por año (Améndola *et al.*, 2005).

Mendoza *et al.* (2010), mencionan que los intervalos de corte de 3 semanas no son convenientes debido a que reducen las reservas de carbohidratos y persistencia de la alfalfa. Con base a investigaciones realizadas por Hernández *et al.* (1992); Pérez *et al.* (2002) es conveniente conocer la velocidad de rebrote de la alfalfa a diferentes intervalos y severidades de corte, para determinar el momento óptimo de cosecha y obtener un alto rendimiento. El intervalo de corte, para el momento óptimo de cosecha puede ser determinado con base a la velocidad de crecimiento estacional de la alfalfa (Hernández *et al.*, 1993; Hernández *et al.*, 2012).

Algunos estudios sobre crecimiento foliar en gramíneas y leguminosas de clima templado, han demostrado que la velocidad de rebrote entre defoliaciones sucesivas es un parámetro productivo afectado por el intervalo y severidad de cosecha (Pérez *et al.*, 2002; Meuriot *et al.*, 2005; Ventroni *et al.*, 2010). Hernández *et al.* (1992) evidenciaron que, para lograr un máximo rendimiento de forraje al año y una mayor persistencia de la alfalfa, el intervalo de corte debe establecerse con base al estado de desarrollo de la planta. Debido a que éste es influenciado por las condiciones ambientales, el intervalo de corte óptimo debe estimarse para cada estación del año y para distintas condiciones climáticas (Hernández *et al.*, 1993).

El reto es encontrar el mejor intervalo de corte (actualmente de 9 a 11 cortes por año) que maximice la persistencia de un alfalfar (Améndola *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2012), para proponer defoliaciones sucesivas acordes a las estaciones del año (Chen *et al.*, 2012). El objetivo de este estudio fue determinar los mejores intervalos de corte sobre el rendimiento de materia seca, relación hoja-tallo, proteína y digestibilidad *in situ* de hoja y tallo de la alfalfa cv San Miguelito en el Altiplano Mexicano.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó desde agosto de 2006 a agosto de 2007, en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, ubicado a 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste, a una altura de 2 240 msnm. El clima del lugar es templado subhúmedo, el

más seco de los subhúmedos, con precipitación media anual de 636 mm, régimen de lluvias en verano, de junio a octubre y temperatura media anual de 15.2 °C (García, 2004). El suelo del área es franco arenoso y ligeramente alcalino con pH 7 a 8.4 y 3.5 de materia orgánica (Ortiz, 1997; Rojas *et al.*, 2017).

Manejo general de la pradera

Se trabajó con una pradera de alfalfa, variedad San Miguelito, sembrada en octubre del año 2004. La siembra se realizó al voleo y el área de estudio se dividió en 32 parcelas de 30 m² (6x5 m), comprendiendo cuatro intervalos de corte: 3, 4, 5 y 6 semanas para primavera-verano y 4, 5, 6 y 7 semanas para otoño-invierno, con cuatro repeticiones. La densidad de siembra fue de 30 kg de semilla pura viable por ha; se ajustó con el porcentaje de pureza y germinación. Al inicio del estudio se realizó un corte de uniformización a 5 cm de altura, con tractor podador (New Holland Modelo 6610, USA). No se fertilizó en toda la investigación y se proporcionaron riegos cada 15 días a capacidad de campo.

Rendimiento de materia seca

El rendimiento materia seca de la alfalfa se estimó con dos cuadros fijos de 0.25 m², previamente ubicados al azar en cada tratamiento y repetición al inicio del experimento. El forraje presente dentro de cada cuadro se cosechó un día antes del corte se lavó y se depositó en bolsas de papel etiquetadas y se secó en una estufa de aire forzado, a 55 °C hasta peso constante. Posteriormente se registró el peso seco, para determinar el rendimiento por unidad de superficie (kg de MS ha⁻¹) por cada estación del año.

Relación hoja-tallo

De las muestras colectadas en campo, para registrar el peso fresco, se separaron 100 g de forraje aproximadamente. De esta muestra se separó hoja y tallo para calcular la relación hoja-tallo (RHT), la cual se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$RHT = H/T$$

Donde: H= peso seco de hoja (g); T= peso seco de tallo (g).

Proteína en hojas y tallos

De las muestras para rendimiento de materia seca, se tomó una submuestra de 100 g aproximadamente en cada estación e intervalo entre corte y se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante, posteriormente se determinó el contenido de proteína total de hojas y tallos por el método micro Kjeldahl (AOAC, 1990).

Digestibilidad *in situ* de hojas y tallos

Con un tiempo de digestión de 72 h, se determinó la digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) del tallo y hoja del forraje cosechado en cada estación e intervalo entre corte (Meherez y Orskov, 1977).

Datos climáticos

La temperatura máxima mensual osciló entre 25 y 32 °C, en tanto que la temperatura mínima mensual osciló entre -3 y 8 °C. Las temperaturas máximas se registraron de febrero a junio de 2007 superando los 26 °C, mientras que las temperaturas mínimas se registraron de noviembre de 2006 a febrero de 2007 con temperaturas menores a 0 °C. La precipitación mayor se registró de agosto a noviembre de 2006 y de mayo a agosto de 2007 con una precipitación acumulada de 479 mm. Los meses con la precipitación menor los registró diciembre de 2006 a abril del 2007 con 74 mm. Obteniendo una precipitación anual acumulada de 553 mm (Figura 1).

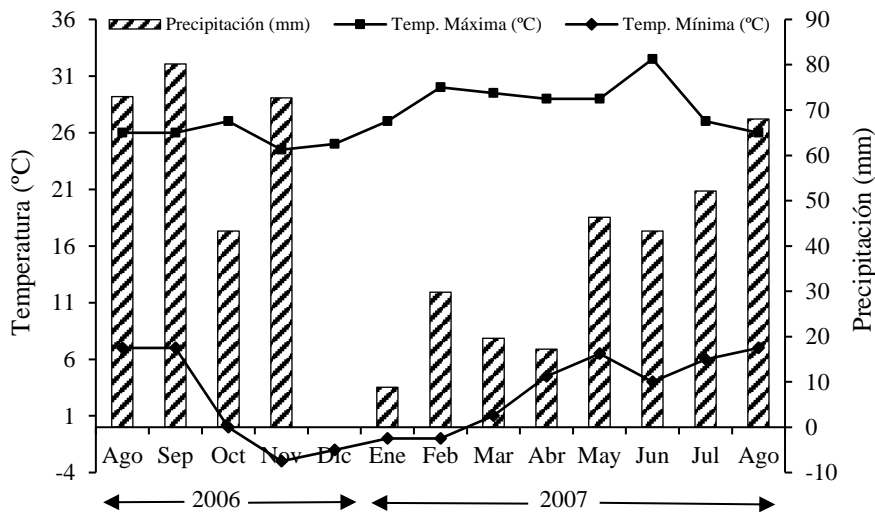


Figura 1. Temperaturas medias mensuales máxima y mínima y precipitación acumulada mensual durante el periodo de estudio (2006-2007).

Análisis estadístico

Para comparar el efecto de los intervalos de corte, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento de Modelo Mixtos (SAS, 2011). Los tratamientos consistieron en cuatro intervalos de corte, distribuidos aleatoriamente bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ajustada ($\alpha=0.05$).

Resultados y discusión

Rendimiento de materia seca

Se obtuvo el rendimiento promedio estacional menor de alfalfa en la estación de invierno independientemente del intervalo entre corte con 2,438 kg MS ha⁻¹ y el valor mayor en verano y primavera con un promedio de 3 357 kg MS ha⁻¹ ($p>0.05$; Cuadro 1). Conforme aumento el intervalo entre cortes aumento el rendimiento promedio estacional independientemente de las estaciones del año teniendo en el intervalo de corte de 4-3 y 7-6 el rendimiento menor y mayor con 1 501 y 4 393 kg MS ha⁻¹, respectivamente ($p>0.05$).

Cuadro 1. Rendimiento medio por corte de alfalfa (kg MS ha⁻¹), cosechada a diferentes intervalos.

Intervalo (semanas)	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Promedio	EEM
4-3	2 343 Ca	1 138 Cb	1 653 Cab	869 Dc	1 501 D	151.79
5-4	2 678 BCa	2 114 Bca	3 169 Ba	2 997 Ca	2 736 C	112.09
6-5	3 503 ABb	3 063 ABb	3 792 ABab	4 227 Ba	3 646 B	131.74
7-6	3 988 Abc	3 436 Ac	4 676 Aab	5 475 Aa	4 393 A	210.78
Promedio	3 128 ab	2 438 b	3 322 a	3 392 a		139.79
EEM	176.09	234.31	293.08	244.91	243.21	

4-3, 5-4, 6-5 y 7-6= intervalos de corte de 4, 5, 6 y 7 semanas para otoño-invierno y 3, 4, 5 y 6 semanas para primavera-verano, respectivamente; EEM= error estándar de la media; abcd= medias con la misma literal minúscula en una misma fila, no son diferentes ($p > 0.05$). ABCD= medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($p > 0.05$).

La tendencia de reducción en el rendimiento a menores intervalos de corte evidencia un posible agotamiento de las reservas localizadas en las raíces de las plantas, pues se ha demostrado que, a intervalos cortos, hay un agotamiento de las sustancias de reserva y una rápida desaparición de las especies forrajeras (Matthew *et al.*, 1996; Valentine y Matthew, 1999; Villegas *et al.*, 2006; Teixeira *et al.*, 2008).

Sin embargo, intervalos de corte similares a los estudiados pueden significar rendimientos inferiores o superiores según las condiciones ambientales, la variedad de alfalfa y el manejo agronómico (Rivas *et al.*, 2005; Villegas *et al.*, 2004). Los resultados obtenidos por ellos indican una distribución del rendimiento, similar al observado en el presente estudio.

Las diferencias en el rendimiento promedio de forraje (Cuadro 1) para cada intervalo de corte y estación del año ($p < 0.05$) evidencian un franco efecto combinado del intervalo de corte y de la estación, probablemente por efecto de las temperaturas mínimas en otoño e invierno. Aunque, esta aseveración obliga a considerar un intervalo de cosecha específico, para cada estación del año; definitivamente los menores rendimientos de forraje se obtienen con la combinación de intervalos de corte de 4-3 y 5-4 semanas en cualquier estación del año ($p < 0.05$). Por lo que, se sugiere cortar a intervalos de 6-5 y 7-6 semanas independientemente de la estación de año.

Para la variedad de alfalfa Júpiter Rojas *et al.* (2017) registraron la mayor acumulación de forraje seco en primavera, con intervalos de cosecha de cuatro semanas. Por otra parte, Rojas *et al.* (2016) al evaluar diferentes variedades de alfalfa en el valle de México reportaron en las estaciones con temperatura mayor el mayor rendimiento de forraje y viceversa, manejando un intervalo de corte de 6, 5 y 4 semanas para invierno, otoño y primavera-verano.

Relación hoja-tallo

El índice calculado para la relación hoja-tallo revela que se cosechó mayor cantidad de hoja de alfalfa en intervalos de 4 a 3 semanas, en otoño-invierno y primavera-verano, que en intervalos de 7 a 6 semanas, en otoño-invierno y primavera-verano ($p < 0.05$; Cuadro 2). Es decir, una alta proporción de hoja se asocia con un bajo rendimiento de materia seca, a intervalos cortos y en otoño e invierno ($p < 0.05$).

Cuadro 2. Promedio estacional de la relación hoja-tallo de alfalfa, cosechada a diferentes intervalos de corte.

Intervalo (semanas)	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Promedio	EEM
4-3	1.51 Ab	1.86 Aa	1.33 Ac	1.2 Ac	1.47 A	0.06
5-4	1.23 Bb	1.4 Ba	1 Bc	0.91 Bc	1.13 B	0.05
6-5	0.89 Cb	1.16 Ca	0.78 Cbc	0.71 Cc	0.88 C	0.04
7-6	0.77 Cab	0.9 Da	0.68 Cbc	0.6 Cc	0.74 D	0.02
Promedio	1.1 b	1.33 a	0.95 bc	0.85 c		0.04
EEM	0.07	0.09	0.06	0.05	0.07	

4-3, 5-4, 6-5 y 7-6= intervalos de corte de 4, 5, 6 y 7 semanas para otoño-invierno y 3, 4, 5 y 6 semanas para primavera-verano; EEM= error estándar de la media; abcd= medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($p > 0.05$); ABCD= medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($p > 0.05$).

Con el aumento en el intervalo de corte, la relación hoja/tallo disminuyó ($p < 0.05$) de 1.86 (4 a 6 semanas en invierno) a 0.6 (7 a 6 semanas en verano). Esto ya se ha reportado previamente (Mendoza *et al.*, 2010), como lo demuestran los resultados de Villegas *et al.* (2006) para la alfalfa variedad Valenciana, con relación hoja-tallo con el mayor y menor valor de 1.29 y 0.72 en otoño y primavera a intervalos de corte de 5 y 7 semanas, respectivamente ($p < 0.05$).

En promedio, la relación hoja/tallo fue 50% mayor (1.47 vs 0.74), a los intervalos de corte 4-3 que a 7-6. Un valor inferior a la unidad, similar al obtenido en este trabajo fue reportado por diferentes investigadores en alfalfa en monocultivo (Morales *et al.*, 2006) y asociada con diferentes gramíneas (Camacho y García, 2003; Zaragoza *et al.*, 2009). Rivas *et al.* (2005) obtuvieron en cinco variedades de alfalfa una relación hoja/tallo promedio de 0.79, con el mayor y menor valor de 1.05 y 0.62 en enero y noviembre ($p < 0.05$). Por otra parte, Montes *et al.* (2016) reportaron en Alfalfa cv Oaxaca criolla una relación hoja-tallo similar a lo señalado en esta investigación, obteniendo el mayor valor cuando el intervalo entre cortes es menor y viceversa.

Proteína en hoja y tallo

El contenido de proteína, expresado como porcentaje de materia seca, en hojas y tallos, estuvo influenciado por los intervalos de corte y por la estación del año ($p < 0.05$; Cuadros 3). Las hojas de alfalfa cosechada cada 4 semanas, en el invierno, tuvieron el mayor contenido de proteína con 38% y menor cada 6 semanas con 23.4% en verano ($p < 0.05$). El intervalo de corte que produjo menor contenido de proteína de hojas fue de 7-6 semanas con un promedio de 34.1, 32.4, 31.6 y 28.4%, para las estaciones de invierno, otoño, primavera y verano, respectivamente.

Las hojas con alto contenido de proteína se cosecharon con intervalos de corte de 4-3 semanas, mientras que hojas con bajo contenido de proteína se cosecharon al cortar la alfalfa de 7-6 semanas. Ello probablemente se debió al estado de madurez de las hojas, que con los cortes de 4-3 semanas eran más jóvenes (Valentine y Matthew, 1999; Brock y Tilbrook, 2000).

Cuadro 3. Contenido promedio de proteína en hojas y tallos de alfalfa (%) cosechadas a cuatro intervalos de corte.

Intervalo (semanas)	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Promedio	EEM
Hojas						
4-3	34.2 Ac	38 Aa	35.8 Ab	33.2 Ad	35.3 A	0.43
5-4	32.9 Bc	36.1 Ba	34.4 Bb	31.5 Bd	33.7 B	0.5
6-5	31.2 Cc	33.4 Ca	32.3 Cb	25.4 Cd	30.6 C	0.88
7-6	28.3 Db	29 Da	27 Dc	23.4 Dd	26.9 D	0.59
Promedio	31.6 b	34.1 a	32.4 b	28.4 c		0.89
EEM	0.61	0.86	0.85	1.07	1.12	
Tallos						
4-3	16.4 Ab	18.1 Aa	16.8 Ab	14.7 Ac	16.5 A	0.38
5-4	15.8 Bc	17.4 Ba	16.3 Bb	13.8 Bd	15.8 AB	0.38
6-5	13.1 Cc	15.7 Ca	14.5 Cb	12.1 Cd	13.8 B	0.33
7-6	12.1 Db	13.5 Da	11.2 Dc	10.3 Dd	11.7 C	0.36
Promedio	14.3 b	16.1 a	14.7 b	12.7 c		0.43
EEM	0.45	0.47	0.58	0.44	0.56	

4-3, 5-4, 6-5 y 7-6= intervalo de corte de 4, 5, 6 y 7 semanas para otoño-invierno y 3, 4, 5 y 6 semanas para primavera-verano; EEM= error estándar de la media; abcd= medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($p > 0.05$); ABCD= medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($p > 0.05$).

Para el caso de los tallos, en todos los intervalos de cortes, el mayor contenido de proteína se registró cuando la alfalfa se cosechó en invierno con 16.1% y menor en verano con 12.7% ($p < 0.05$; Cuadro 3). Al igual que en las hojas, en todas las estaciones, a menor intervalo de corte, mayor concentración de proteína de tallos ($p < 0.05$). Los menores intervalos de corte (4 a 3 semanas), produjeron mayor contenido de proteína en tallos, respecto a los demás intervalos ($p < 0.05$). En orden descendente el contenido de proteína de tallos fue de 18.1, 16.4, 16.8 y 14.7%, para intervalos cortos (4-3 semanas) y de 13.5, 12.1, 11.2 y 10.3% para intervalos más largos (7-6 semanas), en invierno, otoño, primavera y verano, respectivamente.

El mayor contenido de proteína en tallos de alfalfa se atribuye a la menor edad de las plantas cosechadas a intervalos cortos (Valentine y Matthew, 1999). Los resultados revelan que al aumentar la edad de las plantas disminuye el contenido de proteína de hojas y tallos (Avice *et al.*, 1997). Resultados similares reportaron Chocarro *et al.* (2001) conforme el intervalo entre cortes disminuyo igual fue el rendimiento de materia seca, sin embargo, aumento la cantidad de proteína en la alfalfa.

Digestibilidad de hoja y tallo

Las cantidades de materia seca digestible contenida en hojas y tallos de las plantas de alfalfa se presentan en el Cuadro 4. En ambos casos se observa claramente un aumento en la digestibilidad con la disminución del intervalo de corte ($p < 0.05$), en todas las estaciones del año. En invierno se produjeron los valores numéricos, más altos de materia seca digestible de hojas y tallos con un

promedio de 86 y 74.4%, mientras que en verano los menores valores con 80.8 y 65.1%, respectivamente ($p < 0.05$). Estos resultados se pueden deber a las bajas temperaturas registradas en invierno que detienen la madurez fisiológica de las especies forrajeras (Brock y Tilbrook, 2000; Sage y Kubein, 2007), haciéndolas más digestibles (Avice *et al.*, 1997).

Cuadro 4. Materia seca digestible contenida en hojas y tallos de alfalfa cosechadas a cuatro intervalos de corte.

Intervalo (semanas)	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Promedio	EEM
Hojas						
4-3	87.6 Aab	89.4 Aa	87.4 Aab	85.3 Ab	87.4 A	0.42
5-4	86.3 ABa	86.6 ABa	84.1 ABa	82.9 ABa	84.9 AB	0.51
6-5	83.4 BCab	84.6 Ba	82.5 BCab	79.8 Bb	82.5 BC	0.57
7-6	80.6 Ca	83.5 Ba	79.9 Ca	75.3 Cb	79.8 C	0.82
Promedio	84.5 ab	86 a	83.5 ab	80.8 b		0.67
EEM	0.72	0.64	0.77	0.94	0.89	
Tallos						
4-3	74.6 Ab	78.6 Aa	76.2 Aab	73.4 Ab	75.7 A	0.54
5-4	66.9 Bbc	77.3 Aa	70.1 Bb	65.4 Bc	69.9 B	0.94
6-5	65.3 Bbc	72.2 Ba	68.7 Bab	62.8 Bc	67.2 BC	0.96
7-6	63.3 Bb	69.5 Ba	65.8 Bb	58.7 Cc	64.3 C	0.73
Promedio	67.5 ab	74.4 a	70.2 ab	65.1 b		0.78
EEM	0.84	0.99	1.02	0.86	0.87	

4-3, 5-4, 6-5 y 7-6= intervalo de corte de 4, 5, 6 y 7 semanas para otoño-invierno y 3, 4, 5 y 6 semanas para primavera-verano; EEM= error estándar de la media; abcd= medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($p > 0.05$); ABCD= medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($p > 0.05$).

Las diferencias de digestibilidad entre invierno-verano fueron 4.1, 3.7, 4.8 y 8.2% para hojas y 5.2, 11.9, 9.4 y 10.8% y para tallos, con los intervalos de 4-3, 5-4, 6-5 y 7-6 respectivamente. En general, el mayor intervalo entre cortes afecta más a la digestibilidad de tallos y hojas que las estaciones del año (Cuadro 4). Resultados similares reportaron McMahon *et al.* (1999) en digestibilidad en alfalfa con el mayor y menor valor de 89.8 a 69%.

Conclusiones

Al aumentar el intervalo de corte se obtuvo un rendimiento de materia seca mayor; sin embargo, fue menor la relación hoja-tallo, menor contenido de proteína y una menor digestibilidad de la materia seca contenida en los componentes morfológicos de las plantas. Por lo tanto, la mejor frecuencia de cosecha para el cultivo de alfalfa es a seis semanas en el otoño e invierno y de cinco y cuatro semanas en la primavera y verano, con lo cual se logra un balance, entre rendimiento y calidad del alfalfar.

Literatura citada

- Álvarez-Vázquez, P.; Hernández-Garay, A.; Mendoza-Pedroza, S. I.; Rojas-García, A. R.; Wilson-García, C. Y. y Alejos-de la Fuente, J. I. 2018. Producción de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas. *Agrociencia*. 52(6):841-851.
- Améndola, M. R. D.; Castillo, G. E. y Martínez, H. P. A. 2005. Pasturas y cultivos forrajeros. Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <http://www.fao.org>.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis. 15 (Ed.). Washington, D. C. USA.
- Avice, J. C.; Ourry, A.; Lemaire, G.; Volenec, J. J. and Boucaud, J. 1997. Root protein and vegetative storage proteins are key organic nutrients for alfalfa shoot regrowth. *Crop Sci*. 37:1187-1193.
- Brock, J. L. and Tilbrook, J. C. 2000. Effect of cultivar of white clover on plant morphology during the establishment of mixed pastures under sheep grazing. *New Zealand J. Agric. Res.* 43(3):335-343.
- Camacho, G. J. L. y García, M. J. G. 2003. Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovilla. *Veterinaria de México*. 34(2):151-177.
- Chen, J. S.; Tang, F. L.; Zhu, R. F.; Gao, C.; Di, G. L. and Zhang, Y. X. 2012. Effects of cutting frequency on alfalfa yield and yield components in Songnen Plain, Northeast China. *Afr. J. Biotechnol.* 11:4782-4790.
- Chocarro, C.; Lledo, M.; Fanlo, R. and Lloveras, J. 2001. Effect of winter grazing on the protein content of alfalfa spring regrowth. *In: Delgado, I. and Lloveras, J. (Eds.). Quality in Lucerne and Medics for Animal Production. Proceedings of the XIV Eucarpia Medicago spp. Conference. Options Mediterranennes.* 253-256 pp.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4 (Ed.). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 217 p.
- Hernández, G. A.; Martínez, H. P. A.; Zaragoza, E. J.; Vaquera, H. H.; Osnaya, G. H. F.; Joaquín, T. B. M. y Velasco, Z. M. E. 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.
- Hernández, G. A.; Pérez, P. J. y Hernández, J. A. 1993. Rendimiento y parámetros del crecimiento de la alfalfa con diferentes frecuencias y alturas de cosecha. *Ciencia e Inv. Agr.* 20:180-184.
- Hernández, G. A.; Pérez, P. J. y Hernández, G. V. A. 1992. Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia*. 2:131-144.
- Matthew, C.; Hernández, G. A. and Hodgson, J. 1996. Making sense of the link between tiller density and pasture production. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 57:83-87.
- McMahon, L. R.; Majak, L. R.; McAllister, T. A.; Hall, J. V.; Jones, G. A.; Popp, J. D. and Cheng, K. J. 1999. Effect of sainfoin on *in vitro* digestion of fresh alfalfa and bloat in steers. *Canadian J. Animal Sci.* 79:203-212.
- Mehrez, A. Z. and Orskov, E. E. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. *J. Agric. Sci.* 88:645-655.

- Mendoza, P. S. I.; Hernández, G. A.; Pérez, P. J.; Quero, C. A. R.; Escalante, E. A. S.; Zaragoza, R. J. L. y Ramírez, R. O. 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 1(3):287-296.
- Meuriot, F.; Decau, M. L.; Morvan-Bertrand, A.; Prud'Homme, M. P.; Gastal, F.; Simon, J. C.; Volenec, J. J. and Avice, J. C. 2005. Contribution of initial C and N reserves in *Medicago sativa* recovering from defoliation: impact of cutting height and residual leaf area. *Functional Plant Biol.* 32:321-334.
- Montes, C. F. J.; Castro, R. R.; Aguilar, B. G.; Sandoval, T. S. y Solís, O. M. M. 2016. Acumulación estacional de biomasa aérea de alfalfa Var. Oaxaca criolla (*Medicago Sativa* L.). *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 7(4):539-552.
- Morales, A. J.; Jiménez, V. J. L.; Velasco, V. V. A.; Villegas, A. Y.; Enríquez, V. R. y Hernández, G. A. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la mixteca de Oaxaca. *Téc. Pec. Méx.* 44:277-288.
- Ortiz, S. C. 1997. Colección de monolitos. Depto. Génesis de suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 123 p.
- Pérez, B. M. T.; Hernández, G. A.; Pérez, P. J.; Herrera, H. J. G. y Barcena, G. R. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del pasto ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Téc. Pec. Méx.* 40(3):251-263.
- Rivas, J. M. A.; López, C. C.; Hernández, G. A. y Pérez, P. J. 2005. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc. Pec. Méx.* 43(1):79-92.
- Rojas, G. A. R.; Torres, S. N.; Joaquín, C. S.; Hernández-Garay, A.; Maldonado, P. M. A. y Sánchez, S. P. 2017. Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agrociencia.* 51(7):697-708.
- Rojas, G. A. R.; Hernández, G. A.; Joaquín, C. S.; Maldonado, P. M. A.; Mendoza, P. S. I.; Álvarez, V. P. y Joaquín, T. B. M. 2016. Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(8):1855-1866.
- Sage, F. R. and Kubein, S. D. 2007. The temperature response of C3 and C4 photosynthesis. *Plant Cell Environ.* 30:1086-1106.
- SAS. 2011. SAS/STAT Software. Versión 9.3. Cary, NC SAS, USA: Institute INC.
- Teixeira, E. I.; Moot, D. J. and Brown, H. E. 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.
- Valentine, I. and Matthew, C. 1999. Plant growth, development and yield. *In: White, J. and Hodgson, J. (Ed.). N Z Pasture Crop Sci.* Auckland, New Zealand: Oxford University Press. 11-27 p.
- Ventroni, L. M.; Volenec, J. J. and Cangiano, C. A. 2010. Fall dormancy and cutting frequency impact on alfalfa yield and yield components. *Field Crops Res.* 119:252-259.
- Villegas, A. Y.; Hernández, G. A.; Martínez, H. P. A.; Pérez, P. J.; Herrera, H. J. G. y López, C. C. 2006. Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(4):369-372.
- Villegas, A. Y.; Hernández, G. A.; Pérez, P. J.; López, C. C.; Herrera, H. J. y Enríquez, Q. J. F. 2004. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc. Pec. Méx.* 42(2):145-158.
- Zaragoza, E. J.; Hernández, G. A.; Pérez, P. J.; Herrera, H. J. G.; Osnaya, G. F.; Martínez, H. P. A.; González, M. S. S. y Quero, C. A. R. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera de una pradera asociada alfalfa- pasto ovillo. *Téc. Pec. Méx.* 47(002):173-188.