



## Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de la pradera y frecuencias de defoliación



José Alfredo Gaytán Valencia <sup>a</sup>

Rigoberto Castro Rivera <sup>b\*</sup>

Yuri Villegas Aparicio <sup>a</sup>

Gisela Aguilar Benítez <sup>c</sup>

María Myrna Solís Oba <sup>b</sup>

José Cruz Carrillo Rodríguez <sup>a</sup>

Luís Octavio Negrete Sánchez <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, División de estudios de Posgrado. Ex-Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

<sup>b</sup> Instituto Politécnico Nacional, CIBA Tlaxcala. Tlaxcala, México.

<sup>c</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, San Luis Potosí. México.

<sup>d</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Agronomía y Veterinaria. San Luis Potosí, México.

\*Autor de correspondencia: rcastror@ipn.mx

### Resumen:

Las frecuencias de defoliación y la edad de la pradera son variables estratégicas en el manejo del cultivo de la alfalfa para incrementar la biomasa producida. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de tres frecuencias de corte en el ciclo primavera-verano sobre la producción de materia seca, tasa de crecimiento y componentes del rendimiento de praderas de alfalfa de uno, dos y tres años de establecimiento. Se utilizó un diseño en bloques al azar con arreglo factorial 3 x 3 (frecuencias de corte y edad de la pradera). La mayor producción promedio de materia seca (7,528 Kg MS ha<sup>-1</sup>) y tasa de

crecimiento (257 Kg MS ha<sup>-1</sup>día) se registró en praderas de un año de establecimiento ( $P<0.01$ ). De otra forma, la frecuencia de corte a cuatro semanas (6,844 Kg MS ha<sup>-1</sup>) superó en 29 y 16 %, respectivamente a las frecuencias de tres y cinco semanas en la producción de materia seca. La producción de hoja y tallo en la pradera de un año de establecida superó en 45 % a la de tres años y la altura en 32 %; mientras que en la frecuencia de corte cada cuatro semanas los valores de hoja y tallo fueron 21 y 49 % superiores a tres semanas de corte y la altura en 33 %. Las variables evaluadas y su interacción determinan los componentes de rendimiento estimados en praderas de alfalfa variedad Oaxaca Criolla.

**Palabras clave:** Alfalfa, Frecuencias de corte, Edad de la pradera.

Recibido: 07/11/2016

Aceptado: 22/03/2018

## Introducción

Factores como el rendimiento de forraje, contenido de proteína, digestibilidad, rusticidad y su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales han hecho de la alfalfa (*Medicago sativa* L.), la fabaceae más cultivada y utilizada en la alimentación animal a nivel mundial, llegando incluso a recomendarse como suplemento dietético para combatir la desnutrición y trastornos digestivos en humanos<sup>(1)</sup>. En México la superficie sembrada en 2016 fue de 387,154 ha, con un rendimiento promedio anual por hectárea de 86 t de materia verde. En el estado de Oaxaca se tienen 3,489 has establecidas<sup>(2)</sup> y ocupa el lugar 16 en el país con un aporte del 1.45 % del valor total de la producción a nivel nacional, siendo en la región Valles Centrales el segundo cultivo más importante con un aporte de 95 % de la producción estatal<sup>(2)</sup>.

El rendimiento, crecimiento y persistencia de la pradera, así como calidad del forraje dependen de la frecuencia e intensidad de defoliación por época del año<sup>(3,4)</sup>. La frecuencia de corte determina el valor nutritivo y la morfogénesis del forraje, por lo que definir un esquema de manejo con base en la velocidad de acumulación de biomasa de la alfalfa es fundamental<sup>(5,6)</sup>. Además, la edad de rebrote o tiempo de descanso de la pradera consecuentemente afecta la rentabilidad en la producción animal, particularmente en los sistemas de producción de leche<sup>(7)</sup>. Sin embargo, otros autores<sup>(8)</sup> mencionan que la frecuencia de defoliación modifica la tasa de mortalidad y sobrevivencia del rebrote al permitir el paso de la radiación a nivel de corona, lo que perturba la tasa de aparición y

muerte de tallos así como la fotosíntesis en las primeras hojas emergidas después de la defoliación.

La velocidad con la que se acumula la biomasa determina las frecuencias de defoliación y por lo tanto el momento de aprovechamiento de la pradera. La relación hoja:tallo y por consecuencia la calidad del forraje difiere con la madurez de la planta, el tiempo de recuperación entre cortes sucesivos, momento del rebrote, época del año y las condiciones ambientales<sup>(8-11)</sup>. Además, el valor nutritivo está correlacionado con otras variables fenológicas como el peso, densidad y tamaño de los tallos y número de hojas por tallo<sup>(10,12,13)</sup>.

Con el avance de la edad de la pradera y las frecuencias de corte los cambios físicos y químicos que manifiesta el forraje provocan variaciones en la digestibilidad, contenido de lignina, fibra, proteína, y en el rendimiento<sup>(14,15)</sup>; así mismo, el potencial de producción de forraje de una especie depende de las estructuras morfológicas remanentes después del corte (hoja y tallo) y de la cantidad de carbohidratos de reserva en la raíz para la producción de nuevos tallos y hojas<sup>(16)</sup>.

En estudios previos<sup>(17)</sup> se evaluaron por cinco años consecutivos praderas de alfalfa y se documentó que el mayor rendimiento promedio anual de forraje se obtuvo en praderas de 2 y 4 años (18,300 kg ha<sup>-1</sup>), independiente de la densidad de siembra al establecimiento. En otra investigación<sup>(18)</sup>, al evaluar 19 variedades de alfalfa durante dos años consecutivos se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) en la altura de la planta, diámetro del tallo principal, producción de materia verde y seca y el contenido de proteína.

Por lo descrito, se planteó el objetivo de evaluar el rendimiento de forraje, producción de hojas y tallos, tasa de crecimiento del cultivo y relación hoja:tallo en alfalfa Var. Oaxaca criolla a diferentes edades del cultivo y a diferentes frecuencias de defoliación.

## Material y métodos

El estudio se realizó en praderas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) Var. Oaxaca criolla de uno, dos y tres años de establecimiento, durante la época de primavera-verano (marzo a octubre de 2013), en el campo agrícola experimental del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, en Nazareno Xoxocotlan, Oaxaca (17° 01' 20.40" LN y 96° 44' 51.50" LO, a 1,530 msnm). El clima predominante es seco estepario (BS<sub>1</sub>h (h)), con temperatura promedio de 20.6 °C y precipitación media anual de 645 mm<sup>(2)</sup>. La precipitación y temperatura que se presentaron durante el periodo de investigación se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1:** Promedios de temperatura y precipitación pluvial de primavera-verano 2013

Mes	Temperatura (°C)			Precipitación pluvial (mm)
	Máxima	Mínima	TM	Medias
Marzo	31.0	9.4	35.8	2.8
Abril	30.2	10.4	35.5	2.7
Mayo	30.3	12.3	36.4	2.7
Junio	28.9	15.1	36.4	4.9
Julio	29.7	13.0	36.2	3.6
Agosto	27.0	13.0	33.5	3.1
Septiembre	26.8	15.2	34.4	8.3
Octubre	26.8	13.0	33.3	1.6

El diseño experimental de bloques al azar fue planteado con base a la pendiente del terreno y se establecieron 36 unidades experimentales de 9 m<sup>2</sup>, con un arreglo factorial 3 x 3, donde los factores fueron: edad (uno, dos y tres años de establecimiento), y frecuencia de defoliación (tres, cuatro y cinco semanas), generando nueve tratamientos. La pradera no se fertilizó y se proporcionaron riegos de auxilio por aspersión a capacidad de campo.

Al inicio del experimento y para reducir el efecto de covariable se realizó un corte de uniformización a una altura de 5 cm. El rendimiento de forraje por corte se midió con un cuadro de acero de 0.25 m<sup>2</sup> en cada unidad experimental<sup>(19)</sup>, aleatoriamente se seleccionó el lugar de muestreo en el cual se cortó todo el forraje dentro del cuadro a una altura de 5 cm. La biomasa cosechada se guardó en bolsas de papel marcadas con el número de tratamiento y la repetición correspondiente, posteriormente se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 72 h, hasta un peso constante para obtener el valor de materia seca.

La altura de forraje se registró antes de cada corte con una regla graduada de 1 m de longitud y una precisión de 0.5 cm. Se efectuaron diez mediciones dentro de cada unidad experimental, en plantas elegidas al azar, con la regla colocada completamente vertical desde la base de la planta hasta el ápice de la misma<sup>(20,21)</sup>.

El forraje cosechado en cada unidad experimental se mezcló para homogenizar la muestra, posteriormente se tomó una submuestra de aproximadamente 25 % del forraje, la cual se separó por componentes morfológicos (tallos, hojas, inflorescencia y material muerto), registrando el peso de cada componente en base seca<sup>(4)</sup>.

La tasa de crecimiento (TC) se calculó con los datos de rendimiento de materia seca por corte mediante la siguiente fórmula:

$$TC = \frac{FC}{t}$$

Donde:

**FC**= forraje cosechado (kg MS ha<sup>-1</sup>) y

**t**= días transcurridos entre un corte y el siguiente.

La relación hoja:tallo se obtuvo dividiendo el peso promedio de hojas por corte entre el peso promedio de tallos.

Los valores obtenidos se agruparon y se analizaron con el procedimiento PROC MIXED del Software estadístico SAS®<sup>(22)</sup>. Para seleccionar la matriz de varianza y covarianza se utilizó el criterio de Akaike<sup>(23)</sup>, con lo que se determinaron los efectos de las fuentes de variación (frecuencias de defoliación: 3, 4 y 5 semanas), edad de la pradera (uno, dos y tres años de establecimiento), las cuales se consideraron como efectos fijos y el efecto de bloques se consideró como aleatorio<sup>(24)</sup>. Las medias de tratamientos se estimaron utilizando LSMEANS y la comparación entre ellas se realizó por medio de la probabilidad de la diferencia (PDIF), a un nivel de significancia del 5%. Para la regresión lineal entre la altura de la pradera y rendimiento de forraje se consideraron las variables altura de forraje y rendimiento de materia seca y se obtuvieron ecuaciones de regresión lineal, los intervalos de confianza al 95% y la predicción del rendimiento por edad del cultivo y frecuencia de defoliación, utilizando el módulo Wizard Regression del Software SigmaPlot Versión 10<sup>(25)</sup> mediante un modelo polinomial lineal.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos con el análisis factorial (Cuadro 2) evidencian que la mayor producción promedio de biomasa se obtuvo en la frecuencia de defoliación (FD) de cuatro semanas (6,844 Kg MS ha<sup>-1</sup>) y en la pradera de un año de establecida (7,528 kg MS ha<sup>-1</sup>), superando en 42 y 44 % a las praderas de dos y tres años. La interacción entre factores fue altamente significativa ( $P < 0.01$ ).

**Cuadro 2:** Rendimiento de forraje, tallo, hoja, altura, tasa de crecimiento y relación hoja:tallo (H:T) a diferentes edades del cultivo y frecuencias de defoliación

Factor		Rend kg MS ha <sup>-1</sup>	Hoja kg MS ha <sup>-1</sup>	Tallo kg MS ha <sup>-1</sup>	Altura cm	Tasa crecimiento kg MS ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	Relación H:T
Edad	1	7528 a	5105 a	2424 a	37 a	275 a	2.6 b
	2	5290 b	3321 b	1969 b	30 b	200 b	3.4 a
	3	5208 b	3511 b	1669 c	28 b	194 b	2.6 b
	EEM	286 **	170 **	133 **	1.4 **	13 **	0.11 **
Frecuencia (semanas)	3	5289 c	3697 b	1592 c	27 c	252 a	2.8 a
	4	6844 a	4474 a	2370 a	36 a	244 a	2.4 b
	5	5892 b	3766 b	2127 b	32 b	173 b	2.3 b
	EEM	354 **	243 **	129 **	1.5 **	13 **	0.1 **

La interacción edad \* frecuencia fue altamente significativa ( $P < 0.001$ ).

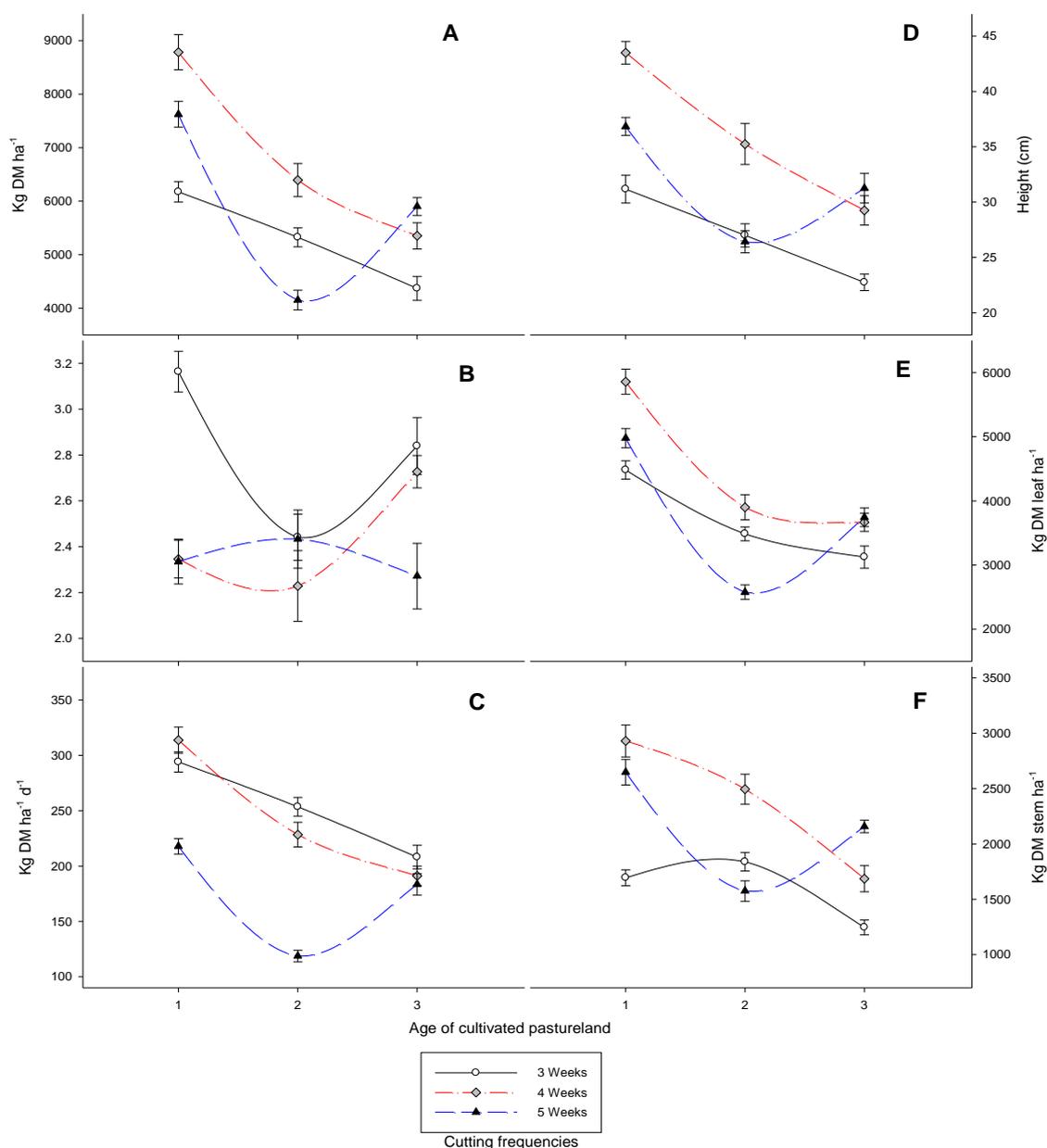
a,b,c Medias con letras minúsculas iguales en cada columna no son diferentes (Tukey 0.05).

EEM = error estándar de la media.

\*\* ( $P < 0.05$ ).

Cuando el análisis se realizó por tratamiento, los resultados mostraron que en praderas de uno y dos años de establecimiento la frecuencia de defoliación (FD) de cuatro semanas registró la producción más alta de materia seca ( $P < 0.01$ ) (8,786 y 6,394 Kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (Figura 1A). Con estos datos se superó en 42 y 20 % a lo obtenido en FD de tres semanas, y en 15 y 54 % en FD de cinco semanas. Sin embargo, en la pradera de tres años la FD de cinco semanas registró la mayor acumulación de biomasa ( $P < 0.01$ ) superando en 35 % a la FD de tres semanas, que además fue la que presentó los valores más bajos en las praderas de uno y tres años, por lo que se puede estipular que a mayor edad de la pradera se necesitan periodos de descanso más amplios entre cortes.

**Figura 1:** Rendimiento de materia seca (A), relación hoja:tallo (B), Tasa de crecimiento del cultivo (C), Altura de la pradera (D), rendimiento de hoja (E) y rendimiento de tallo (F), en praderas de alfalfa sometidas a diferentes frecuencias de corte y edades del cultivo



En relación a la producción de hoja, el análisis factorial mostró que, durante el periodo de evaluación, la mayor producción se obtuvo en la pradera de un año (5,105 Kg MS hoja ha<sup>-1</sup>), superando en 53 y 45 % a las praderas de dos y tres años, respectivamente; y la mejor FD fue la de cuatro semanas (4,474 kg MS hoja ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 2).

Al analizar los datos por tratamientos, en la FD de cuatro semanas se registraron las mayores producciones de hoja en las praderas de uno y dos años, con rendimientos de 5,856 y 3,900 Kg MS hoja ha<sup>-1</sup>, superando en 30 y 51 %, a las FD de tres semanas y cinco

semanas; mientras que, la FD de tres semanas fue la más baja en los años uno y tres (Figura 1E).

El análisis de factores reveló que la producción más alta de tallos (Cuadro 2) se alcanzó en la pradera de un año (2,424 kg MS ha<sup>-1</sup>) y en la FD de cuatro semanas (2,370 kg). De otra forma, por tratamientos, la FD de cuatro semanas fue superior ( $P<0.01$ ) en las praderas de uno y dos años con un promedio de 2,710 kg MS ha<sup>-1</sup> y aporte promedio de 34 % del rendimiento total (Figura 1F); y la FD de cinco semanas registró el valor más alto en la pradera de tres años con 2,157 kg, representando el 37 % del rendimiento.

Al calcular el coeficiente de la tasa de crecimiento del cultivo (Cuadro 2) en las praderas de dos y tres años se registraron los índices más bajos sin diferencias ( $P>0.05$ ). Con respecto a las FD, en periodos de tres y cuatro semanas no se evidenciaron diferencias ( $P>0.05$ ) y se obtuvieron los coeficientes más altos (Figura 1C).

Los resultados obtenidos en este experimento coinciden con los que se reportan<sup>(6)</sup> al evaluar la dinámica de crecimiento en alfalfa Oaxaca criolla de tres años de establecida, concluyendo que en los periodos de primavera y verano el corte debe hacerse a la semana cuatro o cinco para obtener las mayores proporciones de hoja y menor cantidad de material senescente en el cultivo. Con lo anterior, se puede fortalecer la hipótesis de que durante el periodo primavera-verano las condiciones ambientales (temperatura y precipitación) promueven la mayor producción de hoja y forraje.

Otros autores<sup>(5)</sup> evaluaron dinámicas de crecimiento de dos variedades de alfalfa y determinaron que la edad del rebrote afectó el rendimiento de forraje en las diferentes épocas del año, argumentando que el corte debe realizarse a la cuarta semana en verano, mientras que en primavera éste debe hacerse a la sexta semana. En otro estudio<sup>(3)</sup> se determinó que en el verano a la FD cada cuatro semanas se registró el mayor rendimiento en 5 variedades de alfalfa, y la producción acumulada en primavera y verano representó el 58 % de la producción anual. Lo que podría indicar que independiente de la variedad que se cultive, el periodo de recuperación de la pradera después de la defoliación en las diferentes épocas del año, es la variable que determina el rendimiento y la proporción de los componentes.

La importancia del periodo estacional (primavera-verano) se ha evidenciado en trabajos<sup>(4)</sup> que reportan que en una pradera de alfalfa de 3 años de establecida el 57 % de la producción de forraje se obtuvo en primavera y verano. Los mismos autores al analizar las FD de 3, 4 y 5 semanas no registraron diferencia ( $P>0.05$ ) en primavera, lo que no coincide con los resultados de este experimento. Se especula que el sitio experimental determinó esta diferencia de resultados, ya que las condiciones climáticas fueron diferentes por ubicación geográfica. En el mismo estudio<sup>(4)</sup>, los autores reportan que la producción de forraje en verano con FD de cuatro y cinco semanas no fue diferente ( $P>0.05$ ), pero los valores fueron superiores ( $P<0.05$ ) a los obtenidos con la FD de tres semanas. Lo que coincide con los resultados obtenidos en este experimento en la pradera

de tres años de establecida, y fortalece el argumento que la edad del cultivo influye en las reacciones de la alfalfa a los periodos de recuperación entre cortes.

Otros investigadores<sup>(26)</sup> mencionan que al evaluar FD de cuatro, cinco y seis semanas en una pradera recién establecida y dos años consecutivos de evaluación no se registró diferencia ( $P>0.05$ ), aunque en el primer año se produjo 1.46 % más forraje que en el segundo año. En un mismo año hubo diferencias ( $P<0.05$ ) entre FD, siendo el intervalo de cuatro semanas en el que se logró el menor rendimiento ( $6,600 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) durante el experimento. Las diferencias en los resultados en relación a lo obtenido en este experimento puede atribuirse a la ubicación geográfica del estudio.

En la evaluación<sup>(27)</sup> de cuatro variedades de alfalfa en praderas recién establecidas y bajo dos frecuencias de defoliación: severa (28d P-V) y ligera (35d P-V), encontraron que en el verano las cuatro variedades rindieron 24 y 70 % más forraje ( $P<0.05$ ) al cosechar cada 28 y 35 días, respectivamente. Sin embargo, la FD de 28d promovió una mejor relación hoja:tallo que la FD de 35d. Estos resultados respaldan lo reportado en esta investigación en praderas de uno y dos años de establecimiento, pero difiere en la pradera de tres años; lo que indica que la edad de la pradera es un factor determinante en la relación hoja:tallo.

Evaluando el rendimiento acumulado de alfalfa por cinco años consecutivos<sup>(17)</sup>, reportaron que el mayor rendimiento se obtuvo en praderas de 2 y 4 años ( $18,300 \text{ kg ha}^{-1}$ , en promedio), resultado independiente de la densidad de siembra al establecimiento; lo que contrasta con los resultados obtenidos en este experimento, y permite inferir que las condiciones climáticas afectaron la acumulación de biomasa en los años evaluados.

Los mayores valores de altura del forraje (Cuadro 2) se obtuvieron con la FD cada cuatro semanas, y en la pradera de un año de establecimiento (36 y 37 cm, respectivamente); mientras que la altura de las plantas en la pradera de tres años fue la más baja (28 cm). El análisis por tratamiento (Figura 1D) muestra que la FD de tres semanas fue inferior en las praderas de 1 y 3 años (31 y 23 cm, respectivamente) y la FD de cinco semanas (31 cm) fue la superior en la pradera de tres años ( $P<0.01$ ). Al respecto, se ha reportado<sup>(28)</sup> que independiente de la variedad de alfalfa las alturas promedio obtenidas sólo varían ( $P<0.05$ ) en el primer año a partir del establecimiento de la pradera; sin embargo, es importante subrayar que otros factores como la temperatura ambiente influyen en el rendimiento y la altura de las plantas. En contraste<sup>(18)</sup>, al evaluar 19 variedades de alfalfa reportaron diferencias en la altura de la planta, diámetro del tallo principal, producción de materia verde y seca, y el contenido de proteína en dos años consecutivos de evaluación después del establecimiento. Con lo anterior es presumible que bajo ciertas condiciones experimentales la variedad del cultivo determina los parámetros de crecimiento y rendimiento.

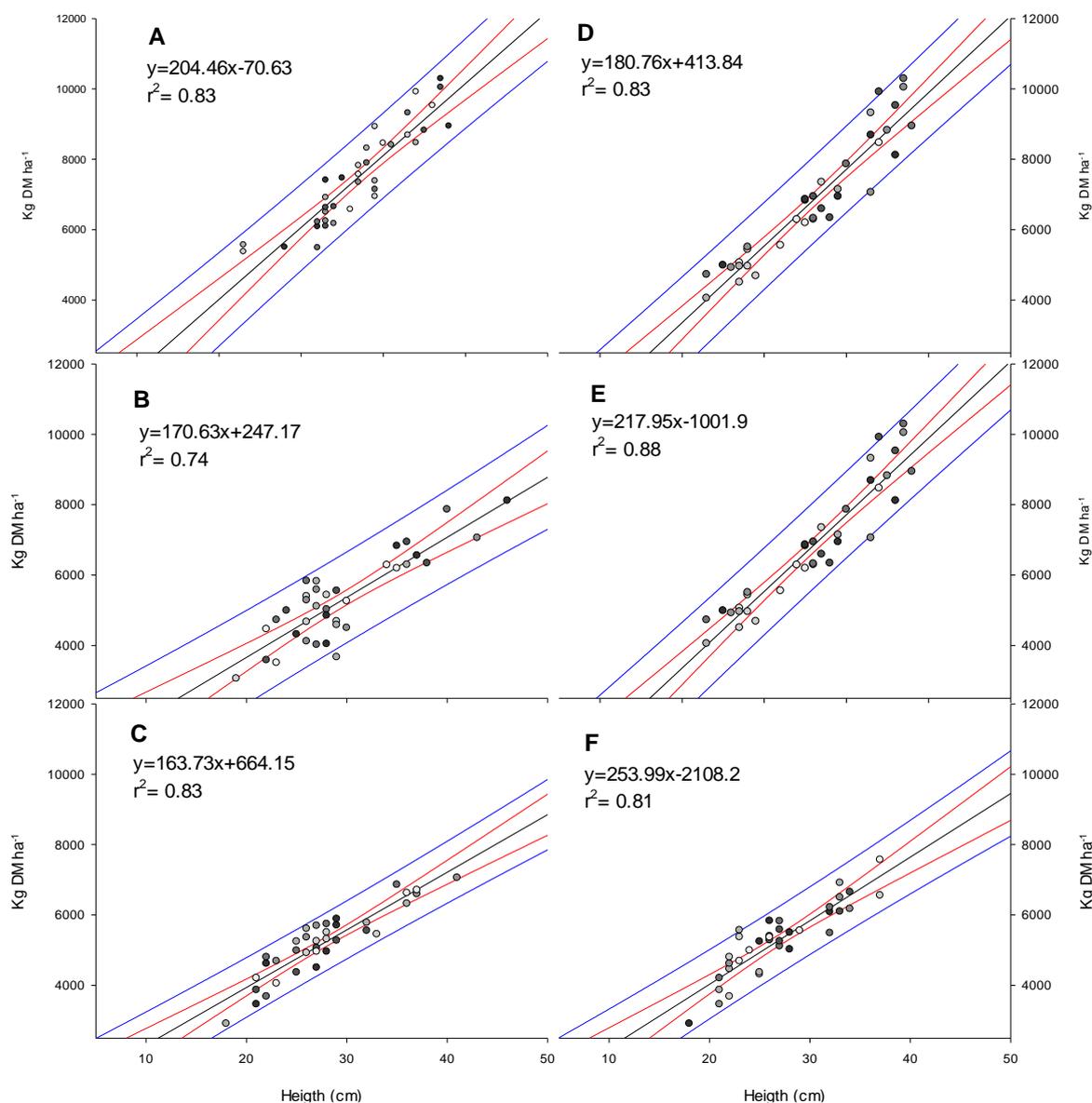
Con respecto a la relación hoja:tallo, en las praderas de uno y tres años y las FD de cuatro y cinco semanas no hubo diferencias ( $P>0.05$ ) (Cuadro 2), además, en las FD de cuatro y cinco semanas se registraron los menores valores en todas las praderas (Figura 1B). De otra forma, en la FD de tres semanas y en la pradera de dos años se obtuvo la mayor

proporción de hoja (2.8 y 3.4, respectivamente;  $P < 0.01$ ) (Cuadro 2). En relación a esta variable<sup>(3)</sup> reportaron que la menor relación hoja:tallo se presentó en las variedades de alfalfa que produjeron el mayor rendimiento de materia seca, con lo que se destaca la importancia de evaluar el peso y altura de tallos en relación con las hojas. Se sabe al respecto que a mayor altura de la planta la proporción de hoja es menor, lo cual está relacionado con la etapa fenológica de la planta. Algunos autores han demostrado que la relación hoja:tallo decrece desde la etapa de prefloración y principalmente cuando el cultivo se encuentra en las etapas iniciales de floración<sup>(29)</sup>.

En otros estudios<sup>(30)</sup> se estimaron dos índices del estado fisiológico de la alfalfa encontrando que los valores de estado medio por conteo (EMC) y estado medio por peso (EMP) obtenidos en otoño fueron menores que en primavera-verano ( $P < 0.001$ ) a pesar de que la FD fue igual, lo que nos indica que el crecimiento de la planta no es el mismo en las diferentes épocas del año.

Con respecto a las regresiones lineales, a excepción de la pradera de dos años de establecimiento ( $r^2 = 0.74$ , Figura 2B), el coeficiente de determinación fue inferior a 0.8, mientras que, en el resto de las variables superaron ese valor en todas las praderas y FD (Figuras 2A, 2C, 2D, 2E y 2F). En términos prácticos lo que indican las ecuaciones obtenidas, es que el incremento de un centímetro en la biomasa representa 204.4, 170.7 y 163.7 kg MS ha<sup>-1</sup>, en las praderas de uno, dos y tres años de establecimiento, respectivamente. En las FD un centímetro de altura del forraje representa 180.7, 217.95 y 253.9 kg MS ha<sup>-1</sup>, para tres, cuatro y cinco semanas, respectivamente. En estudios relacionados <sup>(20,21)</sup> se menciona que la altura de la pradera es una variable que tiene una correlación superior a 0.80 en especies forrajeras con fotosíntesis C3, por lo que los resultados presentados en este trabajo se consideran congruentes.

**Figura 2:** Regresiones lineales entre altura y rendimiento de forraje de praderas de un año (A), dos (B) y tres (C) de establecimiento, y a diferentes frecuencias de corte, tres (D), cuatro (E) y cinco (F) semanas



Pendiente de la recta (línea color negro), intervalo de confianza (0.95) (línea azul), predicción de los datos (línea roja).

A mayor frecuencia de corte se reduce la movilidad de N en las raíces, lo que puede provocar una reducción en la capacidad fotosintética de las hojas recién emergidas luego de la defoliación, reduciendo las tasas de expansión foliar y por ende el rendimiento de forraje<sup>(13)</sup>; el efecto es observable en la tasa de aparición de tallos, el número de rebrotes por planta, índice de área foliar y la tasa de muertes de tallos<sup>(8)</sup>.

Se sugiere que los resultados obtenidos en los tratamientos evaluados en este estudio se explican parcialmente por la cantidad de sustancias de reserva que se almacenan en la

corona y raíces de la alfalfa<sup>(11)</sup>, aunque no necesariamente entre más prolongado sea el periodo de descanso entre cortes la producción de biomasa crece de forma exponencial; por lo anterior, es de suma importancia determinar periodos de corte óptimos para cada especie, época del año y condición de producción.

## Conclusiones e implicaciones

La mayor acumulación de biomasa se obtuvo en la pradera de un año de establecimiento con un decremento significativo en las praderas de dos y tres años. En la frecuencia de defoliación cada cuatro semanas se obtuvo mayor producción de biomasa en las praderas de uno y dos años de establecimiento. Las proporciones de los componentes del rendimiento se determinan principalmente por la interacción de los factores evaluados y por ende su reacción es más compleja.

## Literatura citada:

1. Gawel E, Grzelak M, Janyszek M. Lucerne (*Medicago sativa* L.) in the human diet-case reports and short reports. J Herb Med 2017;(10):8-16.
2. SIAP. Cierre de la producción agrícola por cultivo. [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/). Consultado 9 Ene, 2018.
3. Rivas JMA, López CC, Hernández GA, 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(1):79-92.
4. Mendoza PSI, Hernández GA, Pérez PJ, Quero CAR, Escalante EAS, Zaragoza RJL, Ramírez RO. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. Rev Mex Cienc Pecu 2010;1(3):287-296.
5. Villegas AY, Hernández GA, Pérez PJ, López CC, Herrera HJG, Enríquez QJF, Gómez VA. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Téc Pecu Méx 2004;42(2):145-158.
6. Montes CFJ, Castro RR, Aguilar BG, Sandoval TS, Solís OMM. Acumulación estacional de biomasa aérea de alfalfa var. Oaxaca criolla (*Medicago sativa* L.). Rev Mex Cienc Pecu 2016;7(4):539-552.
7. Andrzejewska j, Contreras-Govea FE, Albrecht KA. Field prediction of alfalfa (*Medicago sativa* L.) fibre constituents in northern Europe. Grass Forage Sci 2013;(69):348-255.

8. Teixeira EI, Moot DJ, Brown HE, Fletcher AL. The dynamics of lucerne (*Medicago sativa* L.) yield components in response to defoliation frequency. *Euro J Agr* 2007;(26):394-400.
9. Cangiano CA, Pece MA. Acumulación de biomasa aérea en rebrote de alfalfa en Balcarde. *Rev Arg Prod Anim* 2005;(25):39-52.
10. Nescier IM, Dalla FLA, Prieto C. Calidad forrajera de alfalfas inoculadas y fertilizadas. *Revi FAVE- Cienc Vet* 2004;3(1-2):79-85.
11. Teixeira EI, Moot DJ, Mickelbart MV. Seasonal patterns of root C and N reserves of lucerne crops (*Medicago sativa* L.) grown in a temperate climate were affected by defoliation regime. *Euro J Agr* 2007;(26):10-20.
12. Morales AJ, Jiménez VJL, Velasco VVA, Villegas AY, Enríquez VJR, Hernández GA. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la mixteca de Oaxaca. *Téc Pecu Méx* 2006;44(3):277-288.
13. 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. *Euro J Agr* 2008;(28):103-111.
14. Basigalup D. Mejoramiento de la calidad forrajera de la alfalfa. *Rev Agromerc* 2000;(42):16-18.
15. Cupic T, Grljusic S, Popovic S, Stjepanovic M, Tucak M. Protein and fiber contents in alfalfa leaves and stems. In: Delgado I, Lloveras J editors. *Quality in lucerne and medics for animal production*. Zaragoza, Spain: CIHEAM; 2001:215-218.
16. Martiniello P, Texeria da Silva JA. Physiological and bioagronomical aspect involved in growth and yield components of cultivated forage species in Mediterranean environments: A review. *Eur J Plant Sci Biot* 2011;5(2):64-98.
17. Sevilla GA, Pasinato A, García JM. Producción de forraje y densidad de plantas de alfalfa irrigada comparando distintas densidades de siembra. *Arch Latin Prod Anim* 2002;10(3):164-170.
18. Mustafa OT, Ilknur A. Nutritional Contents and yield performances of Lucerne (*Medicago sativa* L.) cultivars in Southern Black Sea Shores. *J Anim Vet Adv* 2010;9(15):2067-2073
19. Castro RR, Hernández GA, Vaquera HH, Hernández GJ, Quero CA, Enríquez QJF, Martínez HPA. Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Rev Fitotec Mex* 2012;35(1):87-95.
20. Castillo EG, Valles MB, Jarillo RJ. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. *Téc Pecu Méx* 2009;47(1):79-92.

21. Castro RR, Hernández GA, Aguilar BG, Ramírez RO. 2011. Comparación de métodos para estimar rendimiento de forraje en praderas asociadas. *Naturaleza y Desarrollo* 2011;9(1):38-46.
22. SAS. User's Guide: Statistics (Version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 2002.
23. Wolfinger RD. Covariance structure selection in general mixed models. *Communications in statistics simulation and computation*. Philadelphia 1993;22(4):1079-1106.
24. Littell RC, Milliken GA; Stroup WW, Wolfinger RD. SAS System for mixed models. Cary: SAS Institute, 1996.
25. SigmaPlot. User's Guide (Versión 12.0.). Systat software 2015.
26. Ahmad J, Iqbal A, Ayub M, Akhtar J. Forage yield potential and quality attributes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under various agro-management techniques. *J Anim Plant Sci* 2016;26(2):465-474.
27. Villegas AY, Hernández GA, Martínez HPA, Pérez PJ, Herrera HJG, López CC. Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. *Rev Fito Mex* 2006;29 (4):369-372.
28. Altinok S, Karakaya A. Forage yield of different alfalfa cultivars under Ankara Conditions. *Turk J Agric For* 2002;(26):11-16.
29. Sun Y, Yang Q, Kang J, Guo W, Zhang T, Li Y. Yield evaluation of seventeen lucerne cultivars in the Beijing area of China. *J Agric Sci* 2011;3(4):215-223.
30. Bernáldez ML, Basigalup D, Martínez FJ, Balzarini M, Alomar D. Comparación de dos índices cuantitativos de estimación del estado de desarrollo de la alfalfa. *Agriscientia* 2006; XXIII(2):77-82.