



Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias

ISSN: 2007-1124

garcia.zeferino@inifap.gob.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Sánchez Gutiérrez, Ricardo A.; Servin Palestina, Miguel; Gutiérrez Bañuelos, Héctor;  
Serna Pérez, Alfonso

Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) con sistema  
de riego subsuperficial

Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, vol. 8, núm. 4, octubre-diciembre, 2017, pp. 429  
-435

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Morelos, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265653150010>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

## **Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sistema de riego subsuperficial**

## **Water use efficiency of alfalfa varieties (*Medicago sativa*) with subsurface irrigation system**

Ricardo A. Sánchez Gutiérrez<sup>a\*</sup>, Miguel Servin Palestina<sup>a</sup>, Héctor Gutiérrez Bañuelos<sup>b</sup>, Alfonso Serna Pérez<sup>a</sup>

### **RESUMEN**

Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar la eficiencia del agua de riego en la producción de materia seca y proteína cruda en cinco variedades de alfalfa y dos sistemas de riego, en Zacatecas. La siembra se realizó el 2 de febrero del 2012 bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. Los sistemas de riego evaluados fueron gooteo sub-superficial (RGS) e inundación en melgas; y las variedades Silverado, Júpiter, 58n57, Excelente, y Gigante. El análisis estadístico fue en un diseño de parcelas divididas mediante el paquete estadístico SAS. La producción de materia seca (PMS) no se afectó por el sistema de riego ( $P>0.05$ ), con una media para el total de cinco cortes de 15,561 y 14,121 kg ha<sup>-1</sup> para los sistemas RGS e inundación; respectivamente. En cuanto a variedades solamente se encontraron diferencias ( $P<0.05$ ) en el tercer corte para PMS, sobresaliendo Gigante y Júpiter con 4,638 y 4,263 kg ha<sup>-1</sup>; respectivamente. No hubo interacción entre riego\*variedad ( $P>0.05$ ). Los sistemas de riego no afectaron el porcentaje de proteína cruda y la producción de proteína cruda del forraje. El sistema RGS redujo en 44 % el volumen de agua aplicada en comparación al riego por inundación. Además en el mismo sentido incrementó la eficiencia del agua de riego en la producción de materia seca y proteína cruda del forraje en 49.2 y 50.9 % respectivamente.

**PALABRAS CLAVE:** Alfalfa, Proteína cruda, Materia seca, Eficiencia hídrica.

### **ABSTRACT**

A study was carried out to evaluate the efficiency of irrigation water in the production of dry matter and crude protein in five varieties of alfalfa and two irrigation systems in Zacatecas. Planting date was on February 2012. Split plot design was used. Irrigation systems evaluated were subsurface drip (SSD) and basin flooding; and also the alfalfa varieties: Silverado, Jupiter, 58n57, Excellent and Giant. Statistical analysis performed was split plot using the SAS statistical package. The dry matter production (DMP) was not affected by the irrigation system ( $P>0.05$ ), with an average for the total of five cuts of 15,561 and 14,121 kg ha<sup>-1</sup> for SSD and basin flooding systems; respectively. As for varieties only differences ( $P<0.05$ ) were found in the third cut to DMP, standing out Giant and Jupiter with 4,638 and 4,263 kg ha<sup>-1</sup>; respectively. There was no interaction between irrigation\*variety ( $P>0.05$ ). Irrigation systems did not affect the percentage of crude protein and crude protein production of forage. The SSD system reduced by 44 % the volume of water applied compared to the basin flooding. Moreover in the same way increased the efficiency of irrigation water in the production of dry matter and crude protein forage by 49.2 and 50.9 % respectively.

**KEY WORDS:** Alfalfa, Crude protein, Dry matter, Water efficiency.

Recibido el 23 de agosto de 2016. Aceptado el 21 de marzo de 2017.

<sup>a</sup> Campo Experimental Zacatecas. INIFAP. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500 Calera de V.R. Zacatecas, México.

<sup>b</sup> Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Autónoma de Zacatecas. México.

\*Autor de correspondencia: [sanchez.ricardo@inifap.gob.mx](mailto:sanchez.ricardo@inifap.gob.mx)

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una leguminosa que se siembra en climas templados húmedos, áridos y semiáridos del mundo, para la alimentación de rumiantes productores de carne y leche. En el estado de Zacatecas, la alfalfa está posicionada dentro de las cadenas agrícolas con mayor importancia económica<sup>(1)</sup>, e incrementó la superficie sembrada de 8,600 a 13,500 ha de 2000 a 2014<sup>(2)</sup>. Su producción se lleva a cabo bajo condiciones de riego, específicamente con agua subterránea. Moreno *et al*<sup>(3)</sup> mencionaron que este cultivo demanda 15,000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de agua de riego, lo que representa, de acuerdo con la superficie sembrada actual, un volumen importante que incide en el abatimiento de los acuíferos. Esta leguminosa se adapta a diferentes ambientes, fija nitrógeno al suelo y produce forraje de excelente calidad nutricional. Pero su eficiencia en el uso del agua es menor que otras especies forrajeras anuales<sup>(4)</sup>, por lo que es necesario incrementarla mediante el uso de tecnología.

Con la escasez de agua para el uso agrícola se han desarrollado estrategias para reducir la cantidad de agua aplicada a los cultivos, sin afectar el rendimiento, que incluyen el desarrollo de sistemas de riego más eficientes, programas de riego intermitentes y variedades resistentes al estrés hídrico<sup>(5)</sup>. El riego por goteo subsuperficial (RGS) es una de las técnicas de irrigación más modernas y efectivas actualmente, ya que permite la aplicación de láminas de riego pequeñas a una mayor frecuencia y además reduce pérdidas de agua por evaporación directa, escurrimiento y percolación<sup>(6,7)</sup>.

La alfalfa establecida con RGS bajo condiciones de estrés hídrico ha mostrado habilidad para producir mejores rendimientos que otras leguminosas forrajeras en condiciones similares<sup>(8)</sup>. Harmoney *et al*<sup>(9)</sup> mencionaron que aplicando láminas de riego mediante RGS con un volumen del 70 o 85 % de la evapotranspiración, no se afecta el rendimiento ni la calidad del forraje. Otros autores han encontrado que es posible someter al cultivo a estrés hídrico a partir de inicio de floración, y reducir la aplicación de agua de riego hasta un 50 % del consumo hídrico de la planta, sin afectar la producción y calidad de semilla<sup>(10)</sup>.

Para hacer eficiente el uso del agua de riego con RGS, se deben de considerar factores como el tipo de suelo, prácticas de manejo y la elección de

la variedad adecuada<sup>(11)</sup>. En cultivares o genotipos de alfalfa, varios investigadores reportan que el medio ambiente es un factor que influye en la producción y calidad del forraje, por lo que se deben seleccionar materiales que se adapten a las condiciones de manejo, suelo y clima de la región productora<sup>(12,13)</sup>. En Zacatecas existe poca información sobre sistemas de riego y variedades de alfalfa que pudieran ser alternativas para incrementar el uso eficiente del agua de riego. Por lo que se realizó este estudio con el objetivo de evaluar la eficiencia del agua de riego en la producción de materia seca y proteína cruda en cinco variedades de alfalfa y dos sistemas de riego en el estado de Zacatecas.

El experimento se estableció en los terrenos del Campo Experimental Zacatecas (INIFAP), localizado en las coordenadas geográficas de 102° 39' O y 23° 36' N a 2,192 msnm. El suelo es Kastanozem, color pardo o rojo y con horizontes de acumulación de carbonatos de calcio, franco arenoso arcilloso, materia orgánica de 1 a 2 %, pH 7.5 y profundidad 0.8 m. El clima es semiárido y la mayor concentración de lluvias se registra en julio y agosto. El promedio histórico de la precipitación acumulada durante el ciclo de cultivo (febrero a octubre) es de 340 mm. En 2012 la precipitación estuvo por debajo de lo esperado, ya que solamente se acumuló el 59.7 % (203 mm). Por otro lado la evapotranspiración fue superior un 12.5 % al promedio para el período de cultivo<sup>(14)</sup>, acumulando un total de 1,469.7 mm (Figura 1).

La siembra se realizó con una sembradora tipo billion el 2 de febrero del 2012 bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. La densidad de siembra fue de 30 kg ha<sup>-1</sup> con una dosis de fertilización de 40-100-00 N-P-K respectivamente. Los tratamientos de la parcela grande fueron riego por inundación y riego por goteo subsuperficial (RGS); en la parcela chica se evaluaron variedades de diferentes compañías semilleras, utilizadas por productores de la región, Silverado, Jupiter, 58n57, Excelente y Gigante. En riego por gravedad se diseñaron melgas de 13 m de ancho por 50 m de largo y se dieron dos riegos por corte con tubería multicamada de 150 mm de diámetro. El riego se

aplicó con un gasto uniforme por compuerta, y se concluyó una vez que el manto del agua llegó hasta el otro extremo de la melga; de esta forma se aplicaron riegos que variaron de 12 a 15 cm de lámina. La lámina de riego aplicada por parcela y evento se estimó con un medidor volumétrico instalado al inicio de la tubería de riego, dividiendo el volumen de agua registrado sobre el número de parcelas regadas. La lámina de riego total aplicada en cada corte mediante riego por inundación se muestra en la Figura 2.

Para RGS se utilizó cintilla calibre 10 mil con un gasto por emisor de  $1 \text{ L h}^{-1}$  y una separación entre emisores de 0.20 m. La cintilla se colocó a una profundidad de 0.20 m con una separación entre líneas regantes de 0.80 m. El RGS se realizó con una frecuencia de tres días, utilizando la metodología de tanque evaporímetro tipo A descrito en el capítulo 4 de manual N° 56 de la FAO<sup>(15)</sup>. Para obtener la evapotranspiración del cultivo se consideró un 80 % de la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ). El volumen de riego aplicado para cada parcela y

Figura 1. Precipitación mensual y evapotranspiración del año 2012 en el Campo Experimental Zacatecas (INIFAP)

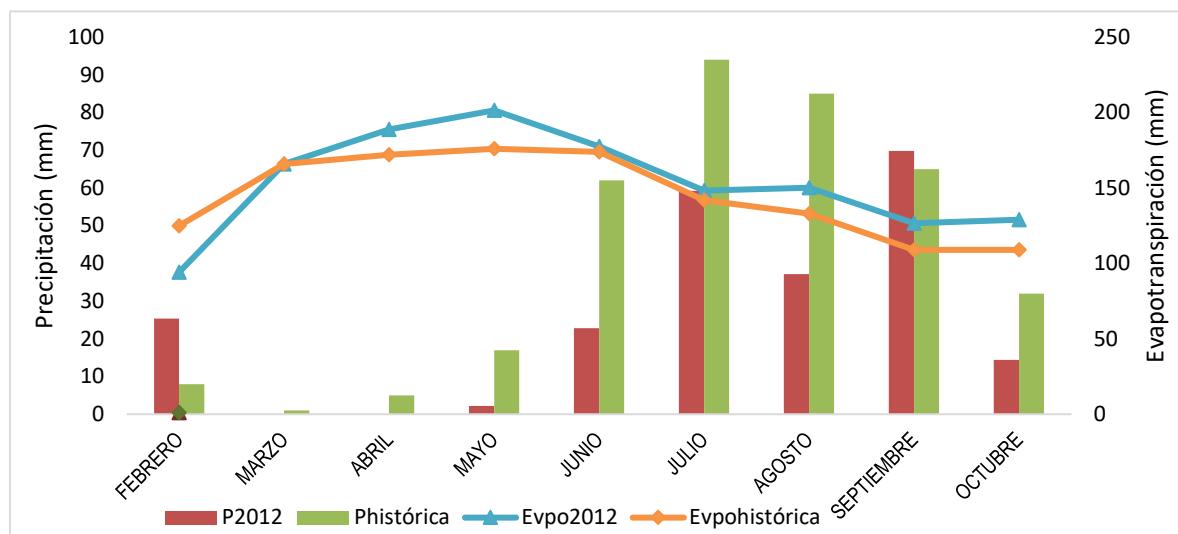
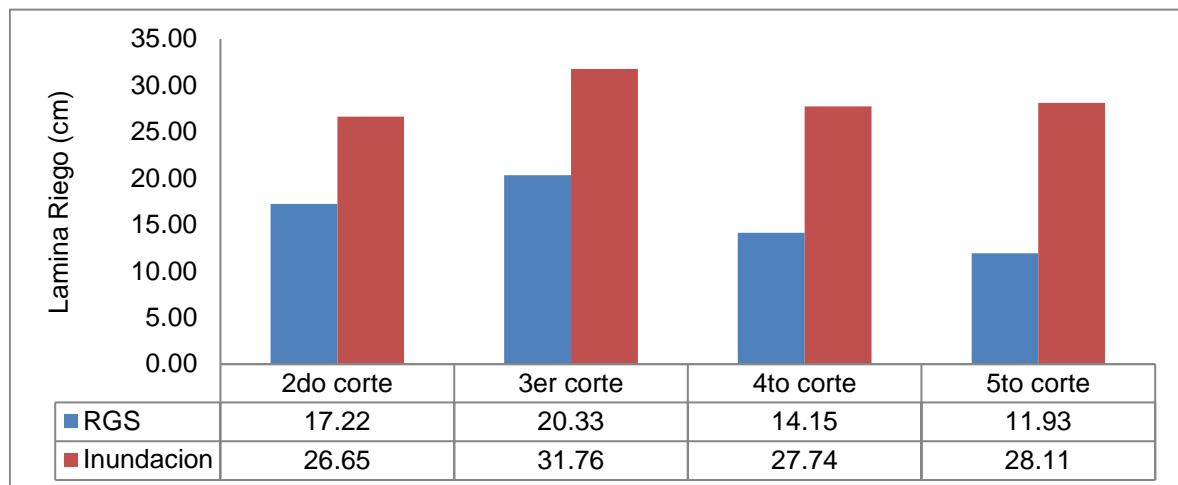


Figura 2. Gasto de agua en el sistema de riego por goteo sub-superficial (RGS) e inundación



tratamiento se validó nuevamente con el medidor instalado al inicio de la tubería de riego. Es importante mencionar que el tanque evaporímetro de donde se obtuvieron los datos de evaporación se encontraba a 600 m de la parcela experimental.

El primer corte se descartó por motivo de estandarización de las parcelas. Al segundo corte se realizaron los muestreos en cada unidad experimental, en donde la parcela útil constó de 2 m<sup>2</sup> y se determinaron las siguientes variables:

Producción de materia seca (PMS). Se calculó a partir de la producción de forraje verde de las parcelas y el porcentaje de materia seca de las muestras. En la parcela se estimó la producción de forraje verde y se obtuvo una muestra de 0.5 kg en peso verde para llevarla a una estufa a 60° C hasta llegar a peso constante, y así determinar el porcentaje de materia seca.

Porcentaje de proteína cruda (PC). Las muestras con las que se determinó la materia seca se procesaron en un molino Willy con criba de 1 mm, y posteriormente se determinó PC mediante el método de Dumas por combustión<sup>(16)</sup>.

Producción de proteína cruda (Kpc). Se obtuvo multiplicando los pares correspondientes de PMS por PC.

Eficiencia del agua de riego en la producción de materia seca (EMS) y proteína cruda (EPC). Se dividió la PMS y Kpc entre la lámina de riego aplicada por cada uno de los sistemas de riego evaluados.

Los análisis estadísticos se realizaron para un diseño experimental de bloques al azar, en arreglo de parcelas divididas utilizando el procedimiento Proc Mixed<sup>(17)</sup>. Las medias se separaron mediante la prueba DMS al 5 % de probabilidad, también mediante el paquete estadístico SAS.

Los resultados de producción de materia seca evaluados en ambos sistemas de riego, no presentaron diferencias ( $P>0.05$ ) tanto en cada corte como en la sumatoria (Cuadro 1). En PMS de variedades solamente se encontraron diferencias ( $P<0.05$ ) en el tercer corte, sobresaliendo Gigante y Júpiter con 4638 y 4263 kg ha<sup>-1</sup>; respectivamente. No hubo interacción entre riego\*variedad. Los rendimientos de forraje obtenidos son ligeramente mayores a los reportados para ambos sistemas de riego en Coahuila, con volumen promedio de agua de riego por corte de 2,500 m<sup>3</sup> y 1,494.6 m<sup>3</sup> para riego por inundación y RGS, respectivamente<sup>(18)</sup>. Sin embargo, con el RGS se logró reducir en 44 % el volumen de agua aplicado (Figura 2). En Zacatecas la superficie con potencial para alfalfa bajo condiciones de riego es mayor a 700,000 ha<sup>(19)</sup> por lo que el RGS es una alternativa para reducir el volumen de agua que se aplica en riego por inundación.

En porcentaje de proteína cruda del forraje y producción de proteína cruda total no se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos de riego (Cuadro 2). En el corte 3 y 5 las variedades

Cuadro 1. Producción de materia seca de cinco variedades de alfalfa y dos sistemas de riego en Zacatecas, México (kg/ha)

	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	$\Sigma$
RGS	4255.3 ± 242	4317.9 ± 179	3379.9 ± 150	3697.3 ± 253	15561 ± 545
Inundación	3802.2 ± 242	3994.2 ± 179	3075.9 ± 150	3248.4 ± 249	14121 ± 531
V1	3707.7 ± 327	4092.2 ± 189 <sup>b</sup>	3215.2 ± 174	3427.5 ± 252	14443 ± 634
V2	4507.8 ± 327	4638.6 ± 189 <sup>a</sup>	3314.3 ± 174	3127.9 ± 275	15362 ± 703
V3	4037.0 ± 327	3879.5 ± 189 <sup>b</sup>	3071.4 ± 174	3454.1 ± 252	14442 ± 634
V4	4196.6 ± 327	4263.1 ± 189 <sup>ab</sup>	3048.0 ± 174	3517.7 ± 252	15025 ± 634
V5	3694 ± 327	3906.8 ± 189 <sup>b</sup>	3490.2 ± 174	3841.1 ± 254	14933 ± 634
Riego*variedad	0.533	0.0696	0.5966	0.1294	0.548

RGS= riego goteo subsuperficial; V1= Silverado; V2=Júpiter; V3=58n57; V4=Excelente; V5=Gigante.

ab Valores con distinta literal son diferentes ( $P<0.05$ ).

presentaron diferencias ( $P<0.05$ ) de porcentaje de proteína cruda. La variedad Silverado fue la que acumuló el menor porcentaje con 19.6 siendo diferente ( $P<0.05$ ) a las demás, que la superaron en un 20 % y estadísticamente fueron similares. Las variedades Júpiter, Excelente, Gigante y 58n57 sobresalieron ( $P<0.05$ ) en la producción de proteína cruda total con rendimientos mayores a 3,000 kg. No se presentaron interacciones en riego\*variedad. Las medias de proteína cruda concuerdan con los reportados en cuatro variedades de alfalfa en el Estado de México y con once variedades evaluadas en Yucatán<sup>(20,21)</sup>. La proteína cruda del forraje de

alfalfa representa un parámetro importante para la alimentación animal, por lo tanto, las variedades Júpiter, Excelente y Gigante y tienen potencial de una mejor respuesta en los sistemas de producción.

Con el riego por goteo sub-superficial se obtuvo la mayor ( $P<0.05$ ) eficiencia en el uso de agua, la productividad fue de  $2.44 \text{ kg MS m}^{-3}$  y  $0.51 \text{ kg PC m}^{-3}$  de agua aplicada (Figura 3). Los resultados concuerdan con los obtenidos en la región Lagunera de México, donde la eficiencia del uso de agua con RGS con separación de 0.80 m por cintilla fue de  $2.14 \text{ kg MS m}^{-3}$ , mientras que la eficiencia con riego

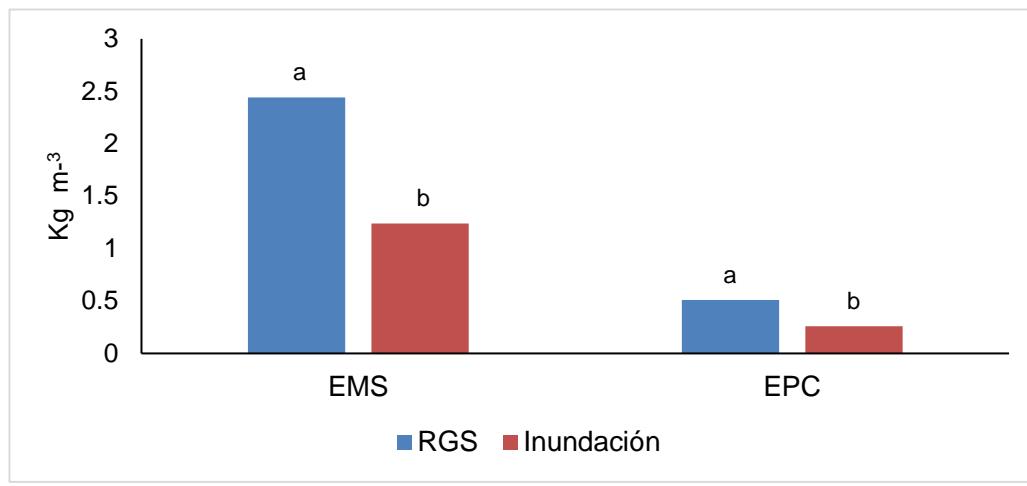
Cuadro 2. Porcentaje de proteína cruda y producción de proteína cruda (KpcT) para cinco variedades de alfalfa y dos sistemas de riego en Zacatecas, México

	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Media	KpcT
RGS	$19.2 \pm 0.44$	$21.4 \pm 0.80$	$22.1 \pm 0.75$	$21.1 \pm 0.27$	$20.9 \pm 0.21$	$3261.9 \pm 120$
Inundación	$18.9 \pm 0.44$	$22.6 \pm 0.80$	$22.8 \pm 0.75$	$21.7 \pm 0.25$	$21.5 \pm 0.21$	$3035.9 \pm 117$
V1	$18.3 \pm 0.59$	$20.1 \pm 0.94^b$	$21.4 \pm 0.64$	$20.3 \pm 0.40^c$	$20.0 \pm 0.28^b$	$2887.9 \pm 129^b$
V2	$19.1 \pm 0.59$	$23.3 \pm 0.94^a$	$22.6 \pm 0.64$	$22.5 \pm 0.45^a$	$21.8 \pm 0.28^a$	$3358.9 \pm 142^a$
V3	$19.0 \pm 0.59$	$22.2 \pm 0.94^a$	$22.8 \pm 0.64$	$21.3 \pm 0.40^{abc}$	$21.3 \pm 0.28^a$	$3071.1 \pm 129^{ab}$
V4	$18.8 \pm 0.59$	$22.5 \pm 0.94^a$	$22.6 \pm 0.64$	$21.7 \pm 0.40^{ab}$	$21.5 \pm 0.28^a$	$3222.9 \pm 129^a$
V5	$19.9 \pm 0.59$	$22.2 \pm 0.94^a$	$22.7 \pm 0.64$	$21.2 \pm 0.40^{bc}$	$21.5 \pm 0.28^a$	$3203.7 \pm 129^{ab}$
Cort*variedad	0.939	0.6135	0.59	0.698	0.7389	0.5131

RGS= riego goteo subsuperficial; V1= Silverado; V2=Júpiter; V3=58n57; V4=Excelente; V5=Gigante.

ab Valores con distinta literal son diferentes ( $P<0.05$ ).

Figura 3. Eficiencia del agua en materia seca (EMS) y proteína cruda (EPC) de alfalfa con riego por goteo subsuperficial (RGS) e inundación



ab ( $P<0.05$ ).

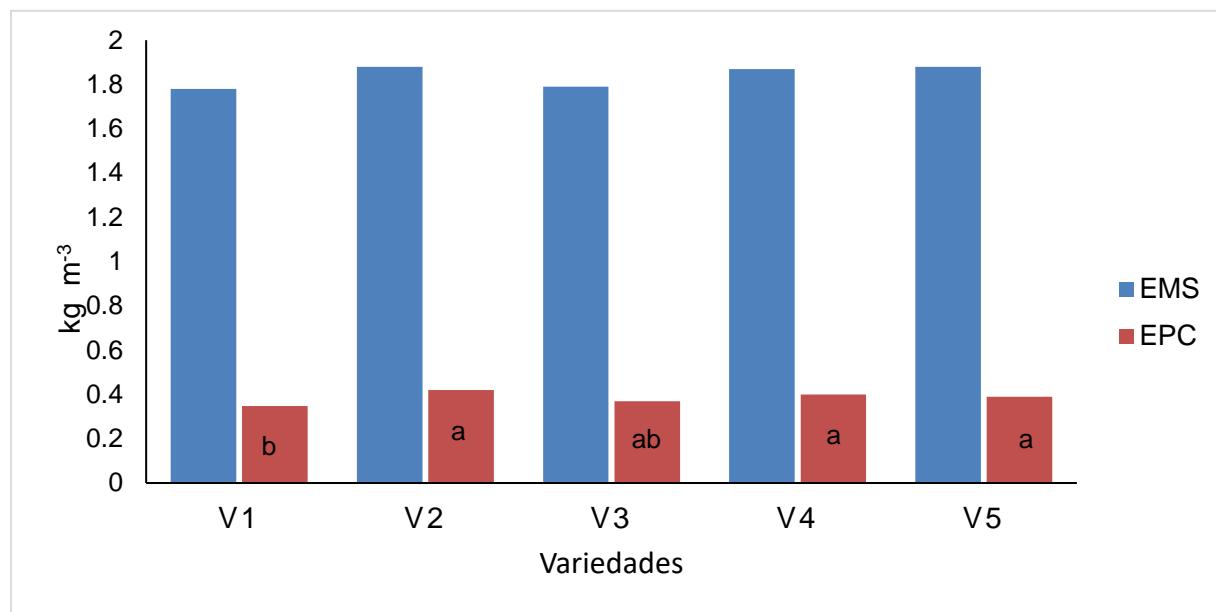
por inundación fue de 1.3 kg<sup>(22)</sup>. Estos resultados de eficiencia de uso de agua en materia seca son similares a tratamientos de déficit hídrico, en donde la humedad del suelo fue de alrededor del 75 al 85 % de la capacidad de campo<sup>(6,23)</sup>. También con estos niveles de irrigación la alfalfa mantiene la misma proteína cruda en comparación a ensayos que mantuvieron el 100 % de humedad a capacidad de campo<sup>(9)</sup>. Con el RGS es posible maximizar la eficiencia en el uso del agua de riego, logrando obtener mayores cantidades de forraje seco y kilogramos de proteína cruda con un menor volumen de agua aplicado.

La eficiencia del uso del agua en la producción de materia seca (EMS) de las variedades evaluadas fue similar ( $P>0.05$ ) (Figura 4). Los kilogramos producidos por metro cúbico de agua aplicado fueron desde 1.78 a 1.88. En la eficiencia del agua de riego en la producción de proteína cruda (EPC) se observaron diferencias ( $P<0.05$ ) entre las variedades. Silverado presentó los valores más bajos con 0.35 kg de proteína cruda. Tanto en EMS como en EPC no se presentaron interacciones entre riego\*variedad. Las variedades fueron ligeramente menores en EMS comparado con variedades en Wyoming bajo un 75 % de déficit hídrico, cuyos

valores variaron de 1.9 a 2.6 kg m<sup>-3</sup><sup>(23)</sup>. La baja eficiencia se pudiera atribuir a que la precipitación del año 2012 fue inferior a los promedios históricos, y se consideró como un año con sequía severa<sup>(24)</sup>, por lo que las variedades fueron menos eficientes. En otros estudios en donde se utilizaron algunas de estas variedades para la producción de materia seca, la variedad Júpiter reportó mejores rendimientos comparada con otras 16 variedades<sup>(20,25)</sup>. Sin embargo, Jupiter al igual que 58n57, Excelente y Gigante, sobresalieron en EPC. El uso de estas variedades manejadas con un sistema de riego subsuperficial son una alternativa para hacer más eficiente el recurso agua en los sistemas de producción animal; también, contrarrestaría el abatimiento de los mantos acuíferos. Se recomienda continuar con la investigación en estas variedades por más de dos años bajo el sistema RGS para determinar el comportamiento productivo en las diferentes estaciones del año.

El riego por goteo subsuperficial mejora la eficiencia en el uso de agua, disminuyendo un 44 % el volumen de agua de riego aplicada en comparación al riego por inundación, además de que logra mantener la misma producción de materia seca y proteína cruda del forraje de alfalfa.

Figura 4. Eficiencia del agua en materia seca (EMS) y proteína cruda (EPC) en cinco variedades de alfalfa evaluadas



Las variedades de alfalfa evaluadas presentaron semejante eficiencia del uso de agua en la producción de materia seca; sin embargo, Jupiter, 58n57, Excelente y Gigante sobresalieron en la eficiencia del agua para la producción de proteína cruda.

## LITERATURA CITADA

1. Sánchez TBI, Zegbe DJA, Rumayor RAF, Moctezuma LG. Estructura económica competitiva del sector agropecuario de Zacatecas: un análisis para agrocadenas. *Rev Mex Agro* 2013;(33):552-563.
2. Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera (SIAP). Anuario estadístico de la producción agrícola. 2014.
3. Moreno DL, García AD, Faz CR. Producción y utilización de la alfalfa en zona norte de México. Campo Experimental La Laguna. CIRNOC. INIFAP. Libro técnico No. 2. 2000.
4. Hirth JR, Haines PJ, Ridley AM, Wilson KF. Lucerne in crop rotation on the Riverine Plains 2. Biomass and grain yields, water use efficiency, soil nitrogen, and profitability. *Aust J Agric Res* 2001;(52):279-293.
5. Howell TA. Enhacing water use efficiency in irrigate agriculture. *Agr J* 2001;93(2):281-289.
6. Ismail SM, Alarshadi MH. Maximizing productivity and water use efficiency of alfalfa under precise subsurface drip irrigation in arid regions. *Irrig Drain* 2013(62):57-66.
7. Alam M, Trooein TP, Dumler TJ, Rogers DH. Using subsurface drip irrigation for alfalfa. *J Am W Res Ass* 2002;38(6):1715-1721.
8. Brown HE, Moot DJ, Pollock KM. Herbage production, persistence, nutritive characteristics and water use of perennial forages grown over 6 years on a Wakanui silt loam. *N Z J Agr Res* 2005;(48):423-439.
9. Harmoney KR, Lamm FR, Johnson SK, Aboukheira AA. Reducing water inputs with subsurface drip irrigation may improve alfalfa nutritive value. *Forage Graz* 2013:1-8.
10. Shock CC, Feibert EBG, Saunders LD, Klauzer J. Deficit irrigation for optimum alfalfa seed yield and quality. *Agronomy J* 2007;99(4):992-998.
11. Almarshadi MH, Ismail SM. Effects of precision irrigation on productivity and water use efficiency of alfalfa under different irrigation methods in arid climates. *J Appl Sci Res* 2011;7(3):299-308.
12. Julier B, Huyghe Ch, Ecalle Ch. Within- and among-cultivar genetic variation in alfalfa: forage quality, morphology, and yield. *Crop Sci* 2000;(40):365-369.
13. Humphries AW, Hughes SJ. Preliminary evaluation of diverse Lucerne (*Medicago sativa* spp) germplasm to identify new material for livestock and cropping based farming system in Australia. *Aus J Agri Res* 2006;(57):1297-1306.
14. Medina GG, Ruiz CA. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (Periodo 1961-2003). 1<sup>a</sup> ed. México: INIFAP; 2004.
15. Allen R, Pereiras LS, Raeks D, Smith M. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia: FAO; 2006.
16. AOAC. Oficial Methods of Analysis. 16th ed Assoc. Off Anal Chem, Arlington, VA. 1996.
17. SAS. User Guide. Statistical Analysis System. Inc. Cary, NC. versión 9.1. 2006.
18. Godoy AC, Pérez GA, Torres EC, Hermosillo LJ, Reyes JI. Uso de agua producción de forraje y relaciones hidráticas en alfalfa por riego por goteo subsuperficial. *Agrociencia* 2003;37(2):107-115.
19. Medina GG, Salinas GH, Rubio AF. Potencial productivo de especies forrajeras en el estado de Zacatecas. 1er ed. Zacatecas, México. 2001.
20. Camacho GJL, García MJG. Producción y calidad de forraje de cuatro variedades de alfalfa asociada con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovillo. *Vet Mex* 2003;34(2):149-177.
21. Urbano D, Davila C. Evaluación del rendimiento y composición química de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo corte en la zona alta del estado de Mérida, Venezuela. *Rev Fac Agron* 2003;(20):97-107.
22. Montemayor TJA, Aguirre AHW, Olague RJ, López AR, Rivera GM, Preciado RP, *et al.* Uso del agua en alfalfa (*Medicago sativa*) por riego por goteo subsuperficial. *Rev Mex Cienc Pecu* 2010;1(2):145-156.
23. Carter C, Garcia GA, Islam MA, Hansen K. Effect of deficit irrigation on water use and water use efficiency of alfalfa. *ASSABE Meet Pres* 2013:1-14.
24. Medina GG, Ramirez CNYZ, Baez GAD. Reporte agrometeorológico, septiembre 2012. Folleto informativo. Zacatecas, México. 2012.
25. Morales AJ, Jiménez VJL, Velasco VVA, Villegas AY, Enríquez JR, Hernández GA. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertiriego en la Mixteca de Oaxaca. *Téc Pecu Méx* 2006;44(3):277-288.