

# EFECTO DE LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN CON DIGESTATO EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.)

EFFECT OF DEFOLIATION AND FERTILIZATION WITH DIGESTATE ON THE YIELD COMPONENTS OF PERENNIAL RYEGRASS (*Lolium perenne* L.)

Montalvo-Aguilar, K.H.<sup>1</sup>, Castro-Rivera, R.<sup>1\*</sup>, Solís-Oba, M.M.<sup>1</sup>, Aguilar-Benítez, G.A.<sup>2</sup>,  
García-Barrera, L.J.<sup>1</sup>, Hernández-Garay, A.<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, CIBA Tlaxcala. Ex-Hacienda San Juan Molino, Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km. 1.5, C.P. 90700. Tlaxcala, México. <sup>2</sup>Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Altair 200, Fracc. del Llano. C.P. 78377. San Luis Potosí, S.L.P. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, México. CP. 56250.

\*Autor y correo de correspondencia: rcastror@ipn.mx

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la concentración de digestato, frecuencia de defoliación y de riego en los componentes del rendimiento de Ballico perenne en las épocas de verano y otoño bajo condiciones de invernadero. Se evaluaron concentraciones de 20, 40 y 60% de digestato; frecuencias de defoliación de 4, 5 y 6 semanas y frecuencias de riego de 15 y 30 días. Las variables evaluadas fueron: materia seca, altura de la planta, relación hoja:tallo, tasa de crecimiento y porcentaje de proteína. Se utilizó un diseño factorial con arreglo 3×3×2, y las comparaciones de medias fueron por Tukey (P<0.05), mediante el procedimiento GLM del software SAS. El mayor rendimiento, tasa de crecimiento del cultivo y altura de la planta se obtuvo en el tratamiento con 60% de digestato, frecuencia de cosecha cada cinco semanas en verano y seis semanas en otoño, y riego cada 15 días (P<0.01). Se concluye que la concentración del digestato, las frecuencias de corte y la interacción de ambos afectan los componentes del rendimiento.

**Palabras clave:** Forrajes, periodos de corte.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of the digestate concentration, frequency of defoliation and irrigation in the components of perennial ryegrass yield during summer and fall seasons under greenhouse conditions. Digestate concentrations of 20, 40 and 60 % were evaluated; defoliation frequencies of 4, 5, and 6 weeks; and irrigation frequencies of 15 and 30 days. The variables evaluated were: dry matter, plant height, leaf:stem relation, growth rate, and percentage of protein. A factorial design with  $3 \times 3 \times 2$  arrangement was used, and means comparisons were by Tukey ( $P < 0.05$ ), through the GLM procedure of the SAS software. The highest yield, rate of crop growth, and plant height were obtained in the treatment with 60 % digestate, frequency of harvest every five weeks in the summer and six weeks in the fall, and irrigation every 15 days ( $P < 0.01$ ). It is concluded that the digestate concentration, the cutting frequencies, and the interaction of both affect yield components.

**Keywords:** Fodder, cutting periods.

digestatos puede ser considerado como una práctica de reciclaje de nutrientes, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de fertilización con digestatos a diferentes concentraciones y frecuencias de aplicación y de la frecuencia de defoliación en los componentes del rendimiento de Ballico perenne en condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en un invernadero del Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional ( $19^{\circ} 16' 50.3''$  N,  $98^{\circ} 21' 58.1''$  O) a 2221 m. La siembra de ballico perenne se realizó colocando 15 semillas en cada bolsa de plástico que contenía 1.5 kg de suelo (unidad experimental). Al emerger las plántulas se dejaron sólo 10 tallos por maceta y a los 70 días después de la siembra se realizó un corte de uniformización a 5 cm de altura, para reducir el efecto de covariable. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial  $3 \times 3 \times 2$ . Los tratamientos fueron concentración de digestato (20, 40 y 60%), frecuencia de defoliación (4, 5 y 6 semanas), frecuencia de aplicación del digestato (15 y 30 d), más dos testigos, un control positivo (fertilización 17N-17P-17K) y el control negativo (suelo sin fertilización).

Las semillas fueron donadas por el Laboratorio de Forrajes del Posgrado en Ganadería del Colegio de Postgraduados, el digestato líquido se obtuvo de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, y el suelo utilizado como sustrato se obtuvo de la parcela experimental de CIBA IPN Unidad Tlaxcala. El rendimiento de biomasa se determinó al cortar el forraje en cada maceta

## INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento adecuado de praderas requiere del conocimiento del manejo agronómico, distribución estacional del rendimiento y la respuesta a las frecuencias de defoliación; sin embargo, el rendimiento de los forrajes está sujeto a un patrón de crecimiento, influenciado por la temperatura, humedad y nutrientes del suelo que determinan la cantidad de biomasa por ciclo de producción (Chaves *et al.*, 2006; Castro *et al.*, 2012; Ahmad *et al.*, 2016). El costo económico y ambiental de los fertilizantes inorgánicos es elevado y su uso inadecuado provoca contaminación de suelos y agua. El uso de residuos sólidos orgánicos de origen animal transformados en fertilizantes orgánicos puede reducir el uso de agroquímicos; pero si se realiza de forma incorrecta genera un problema de contaminación de suelos y aguas por nitratos ( $\text{NH}_3$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^3$ ) (Walsh *et al.*, 2012).

La digestión anaeróbica de los residuos sólidos del ganado permite maximizar el retorno de nutrientes al suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. Al respecto Walsh *et al.* (2012) reportaron que en praderas de Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) el digestato registró rendimientos superiores ( $P < 0.05$ ) a praderas mixtas con trébol blanco y a los fertilizantes con N y NPK, donde éstos no registraron diferencias ( $P > 0.05$ ) con respecto a praderas no fertilizadas. Tampere y Viiralt (2014), reportaron que al aplicar digestato como fertilizante se incrementó en promedio  $2.41 \text{ t MS ha}^{-1}$  en comparación con praderas de clima templado que no se fertilizaron; así mismo, no se registraron diferencias ( $P > 0.05$ ) con la fertilización química la cual fue superada con  $1.3 \text{ t MS ha}^{-1}$ , y concluyen que los digestatos pueden ser usados como sustitutos de los fertilizantes químicos. Rancane *et al.* (2015), mencionan que los digestatos tienen efectos diferentes en cada especie de pasto, y por lo tanto conocer la reacción de las especies a este tipo de fertilización es importante para un adecuado manejo y aprovechamiento integral de ese recurso que no necesita más que darle manejo para que se conserve y persista en el lugar (Rancane *et al.*, 2016). Debido a lo anterior y considerando que el uso de

a una altura de 5 cm, posteriormente el material vegetal cosechado se lavó y pesó en fresco, para secarlo posteriormente en una estufa de aire forzado a 70 °C, por 48 horas.

Antes de cada corte se registró la altura del forraje con una regla graduada de 50 cm y una precisión de 0.1 cm, en plantas elegidas al azar, con la regla colocada completamente vertical desde la base de la planta hasta la hoja superior más joven (Castillo *et al.*, 2009; Castro *et al.*, 2011). La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) se calculó con los datos de rendimiento de materia seca por corte mediante la siguiente fórmula:

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

Donde  $FC$ =forraje cosechado (g MV maceta), y  $t$ =días transcurridos entre un corte y el siguiente.

La relación hoja: tallo se obtuvo dividiendo el rendimiento en base seca de hoja por corte entre el rendimiento en base seca del tallo por corte. El forraje cosechado se separó en los componentes morfológi-

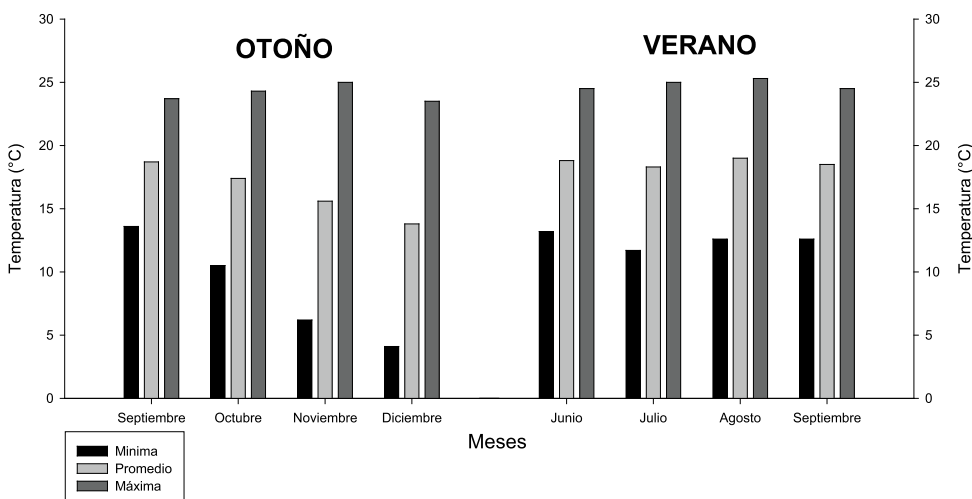
cos: hoja, tallo, inflorescencia y material muerto. Cada componente se pesó en fresco y posteriormente se secó en una estufa de aire forzado a 70 °C, por 48 horas. Para obtener el porcentaje de proteína de las hojas se molieron en un mortero y se utilizaron dos tamices de 0.5 y 0.17 mm de abertura. El material recuperado se introdujo en tubos Eppendorf de 1.5 ml. Se utilizó el equipo Analizador Elemental de Thermo SCIENTIFIC (FLASH 2000 SERIES Organic Elemental Analyzer), y el método analítico utilizado CHNS. Los valores agrupados por época se graficaron mediante el software estadístico SigmaPlot V.10 y se analizó con el procedimiento factorial ANOVA y PROC GLM del Software estadístico SAS® Versión 9.0 para Windows®. Las medias de tratamientos fueron estimadas utilizando Tukey a un nivel de significancia del 5%. Las variables climáticas (Temperatura Máxima, media y mínima) se muestran en la Figura 1.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados derivados del análisis factorial evidenciaron que, en la época de verano (Cuadro 1) y

otoño (Cuadro 2), el mayor rendimiento de forraje ( $P < 0.01$ ) se obtuvo con la concentración del 60% (D60) del digestato (4.7 y 6.7 g MS maceta, respectivamente), superando en promedio en 20 y 70% a la concentración de 40 y 20%, (D40 y D20 respectivamente). En las dos épocas, la frecuencia de riego de 15 días (FR15) fue superior en 40% de rendimiento en relación al riego cada 30 días (FR30); y la frecuencia de defoliación cada 5 semanas (FD5) en verano fue 14 y 65% superior a las de 4 y 6 semanas (FD4 y FD6, respectivamente). De otra forma, en otoño la FD6 fue 74 y 40% a las FD4 y FD5, respectivamente (Cuadro 2). En términos generales el rendimiento de forraje fue mayor en la época de otoño con respecto al verano, las concentraciones superaron en 40, 46 y 38% (60, 40 y 20%, respectivamente), las FR en 38 y 46% (15 y 30 días, respectivamente), y las FD en 1, 9 y 156% (4, 5 y 6 semanas).

El comportamiento por tratamiento en el rendimiento muestra un incremento gradual y positivo conforme incrementa el porcentaje de digestato y lo mismo ocurre con la frecuencia de riego, siendo el tratamiento 60% 15 d el que mostró los valores más altos tanto en verano como en otoño (Figura 2A y 2B); sin embargo, el control positivo a FD6, registró el valor más alto en otoño de todos los tratamientos, mientras que a la FD4 fue el más bajo, siendo superado por el suelo sin fertilizar (Figura 2A).



**Figura 1.** Temperatura promedio, máxima y mínima, durante el desarrollo del experimento en Tepetitla de Lardizabal, Tlaxcala, México. (<https://www.accuweather.com/es/mx/tepetitla/240244/march-weather/240244>).

La tasa de crecimiento presentó un comportamiento similar al rendimiento tanto en verano como en otoño, sin embargo, en esta última, la FD6 fue

**Cuadro 1.** Variables evaluadas en Ballico perenne (*Lolium perenne* L.), a diferentes concentraciones de digestato, frecuencias de corte y de aplicación en la época de verano.

Factores		Materia seca (g MS maceta)	Altura	TCC (g MS maceta d <sup>-1</sup> )	RHT	Proteína (g P*g Hoja)
Concentración	60	4.76 A	44.17 A	0.14 A	8.81 B	0.73 A
	40	3.84 B	41.94 B	0.11 B	9.83 B	0.60 B
	20	2.81 C	40.05 C	0.08 C	16.11 A	0.43 C
Aplicación	15 días	4.50 A	43.56 A	0.13 A	9.59 B	0.70 A
	30 días	3.11 B	40.55 B	0.09 B	13.61 A	0.48 B
Defoliación	4 semanas	4.01 B	39.87 B	0.14 A	11.87 AB	0.83 A
	5 semanas	4.61 A	40.62 B	0.13 A	14.02 A	0.60 B
	6 semanas	2.79 C	45.67 A	0.06 B	8.87 B	0.34 C
Significancia	Aplicación	**	**	**	**	**
	Concentración	**	**	**	**	**
	Defoliación	**	**	**	**	**
	C*A	**	**	**	**	**
	D*A	*	**	NS	*	NS
	D*C	**	**	**	**	**
	D*C*A	**	**	**	**	**

Diferentes literales en columnas y por factor son estadísticamente diferentes, (\*=P<0.05; \*\*=P<0.01).

**Cuadro 2.** Variables evaluadas en Ballico perenne (*Lolium perenne* L.), a diferentes concentraciones de digestato, frecuencias de corte y de aplicación en la época de otoño.

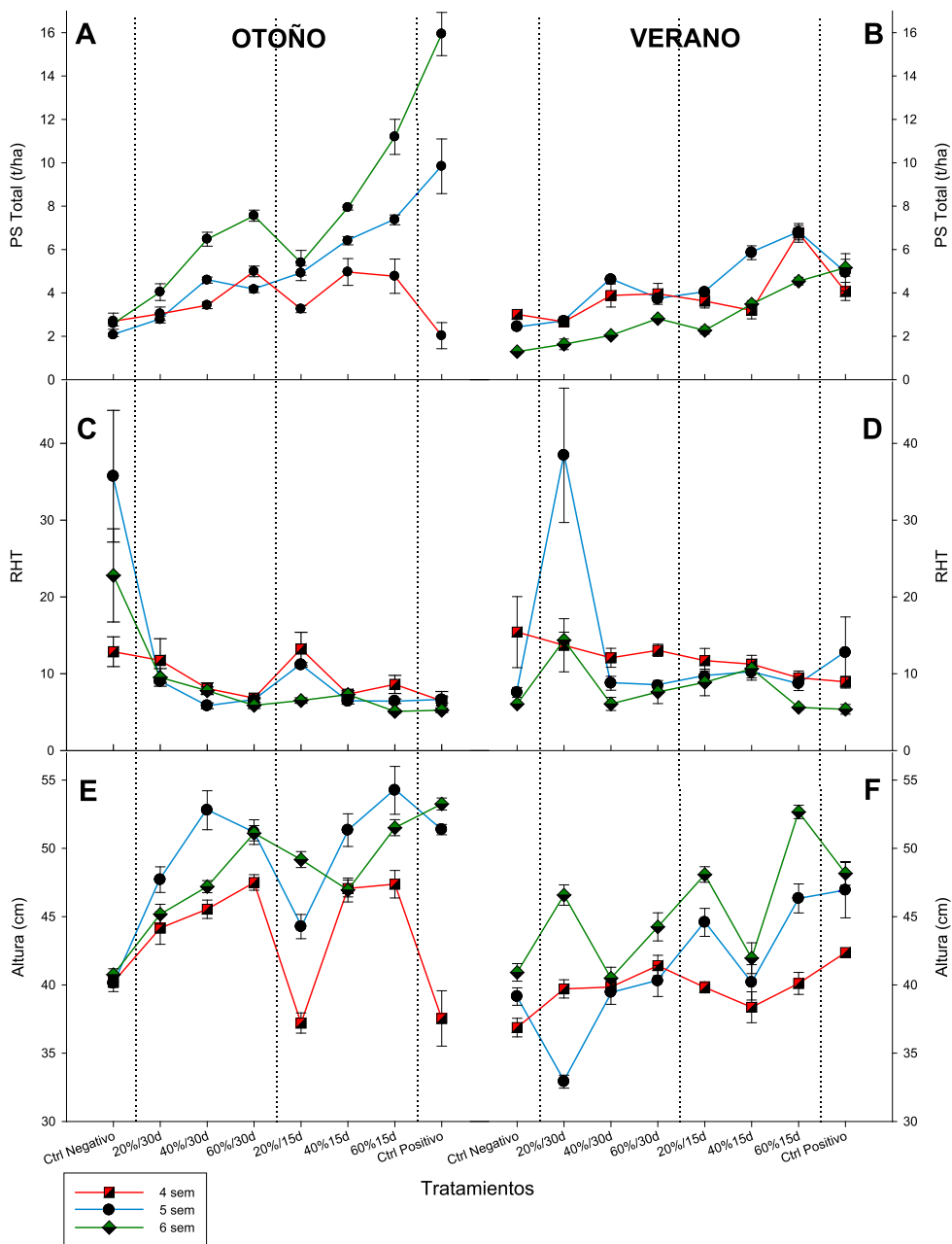
Factores		Materia seca (g MS maceta)	Altura	TCC (g MS maceta d <sup>-1</sup> )	RHT	Proteína (g P*g Hoja)
Concentración	60	6.67 A	50.48 A	0.18 A	6.56 B	1.03 A
	40	5.63 B	48.47 B	0.15 B	7.12 B	0.86 B
	20	3.90 C	44.61 C	0.11 C	10.19 A	0.54 C
Aplicación	15 días	6.24 A	47.68 A	0.17 A	8.00 A	0.93 A
	30 días	4.56 B	48.04 A	0.12 B	7.91 A	0.69 B
Defoliación	4 semanas	4.07 C	44.80 C	0.14 B	9.30 A	0.79 A
	5 semanas	5.03 B	50.25 A	0.14 B	7.56 B	0.78 A
	6 semanas	7.09 A	48.51 B	0.16 A	7.01 B	0.85 A
Significancia	Factores					
	Aplicación	**	NS	**	NS	**
	Concentración	**	**	**	**	**
	Defoliación	**	**	**	**	NS
	C*A	NS	*	NS	NS	**
	D*A	**	*	**	NS	NS
	D*C	**	**	**	*	NS
	D*C*A	**	**	*	NS	NS

Diferentes literales en columnas y por factor son estadísticamente diferentes, (\*=P<0.05; \*\*=P<0.01).

superior a FD4 y FD5, mientras que en verano se registró un comportamiento inverso.

La altura de la planta en verano (Cuadro 1) muestra que la D60 (44.2 cm) fue (P<0.01) superior en 5 y 10% a la

D40 y D20; mientras que la diferencia de la FR fue de 7%, y la FD6 fue superior 13% en promedio al resto de FD. En otoño (Cuadro 2) la D60 (50.5 cm) fue (P<0.01) superior en 4 y 13% a la D40 y D20; mientras que en las FR no se registraron diferencias (P>0.05) y la FD5 únicamente



**Figura 2.** Derecha (verano), izquierda (otoño) (rendimiento de materia seca A y B, relación hoja:tallo C y D y altura de la planta E y F) de Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) a diferentes concentraciones de digestato, en suelo, sólo y fertilizante químico (17N-17P-17K).

superó en 3 y 12% a las otras FD. En los tratamientos 20% (15 d) como control positivo de la FD4 y 6%/15 d FD5, la altura del pasto en verano fue superior al otoño (Figura 2E y 2F).

En la relación hoja:tallo todos los tratamientos en verano (Cuadro 1) mostraron valores superiores de 9, y la D20 (16.1), la FR30 (13.61) y la FD5 (14), fueron los que registraron los mayores valores ( $P < 0.01$ ). Mientras que en el otoño la D20 (10.19) superó en 43 y 55% a la D40 y D60, respectivamente; y las FR no mostraron diferencias ( $P > 0.05$ ). Finalmente, la FD4 (9.3) fue superior en 24 y 32% a la FD5 y FD6 (Cuadro 2).

En los tratamientos se puede observar que la relación hoja:tallo, en la FD5, en verano, tuvo una tendencia descendente conforme aumentó la concentración del digestato y la frecuencia de riego del mismo (Figura 2D); mientras que en otoño este mismo efecto se presentó en la FD de 6 semanas (Figura 2C). En el verano se registró una mayor cantidad de material muerto independientemente de la FD (Figura 3), lo que indicó mayor recambio de tejido; asimismo se observó que, a excepción de la FD4, en el resto de las FD en otoño se registró mayor producción de hoja, lo cual es un componente valioso para la especie en estudio.

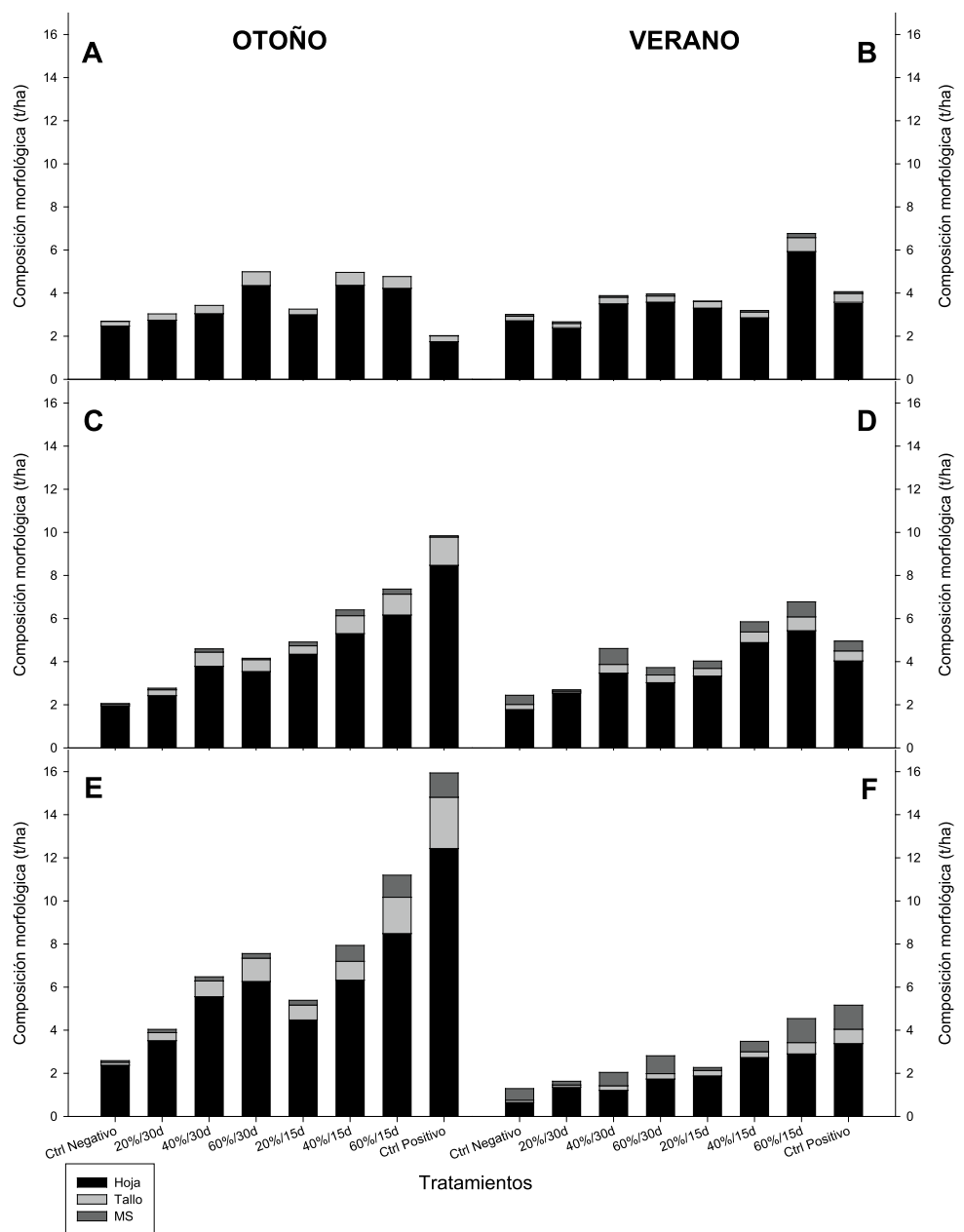
El contenido de proteína en hoja tuvo un efecto descendente y negativo conforme se incrementó la FD en la época de otoño, a excepción del control a la FD6 que registró el valor más alto (Figura 4A), esto se explica porque el triple 17, es un fertilizante de lenta liberación y promueve la acumulación de nitrógeno en las hojas; sin embargo, en el verano la FD4 fue superior a las de FD5 y FD6, en todos los tratamientos (Figura 4 B).

Los resultados observados en el presente trabajo concuerdan con lo expuesto por Rancane *et al.* (2015) y Wash (2012), quienes observaron un incremento en el rendimiento del forraje con la adición de digestato; sin embargo, estos autores solo exponen las diferencias en el rendimiento total y no describen los componentes del

rendimiento, que son referentes básicos para un programa adecuado de manejo. De otra forma, los resultados no concuerdan con lo reportado por Tampere y Viral (2014), quienes reportan una diferencia anual de 53% en el rendimiento entre el digestato y el fertilizante químico, sin experimentar con frecuencias de corte; mientras que, en este trabajo se observó un incremento promedio de 35% en el verano y un efecto inverso en el otoño. Debido a que en este documento solo se reportan dos épocas, se recomienda continuar con la evaluación del efecto de los digestatos en el rendimiento acumulado en las cuatro épocas del año. Con respecto a las frecuencias de defoliación los resultados obtenidos son similares a los reportados en Ballico perenne por Velasco *et al.* (2001; 2007); Rojas *et al.* (2016) y Garduño *et al.* (2009); quienes reportan que conforme avanza la edad de rebrote el rendimiento incrementa, así como los componentes del mismo; y en las semanas 4 y 5 de rebrote es cuando se da la mayor proporción de hoja como se obtuvo en este experimento en el verano y en el otoño. Además, en éste estudio se registró mayor rendimiento en otoño que en verano, lo que puede atribuirse a que el experimento fue en invernadero y los trabajos de Velasco *et al.* (2002; 2007) y Garduño *et al.* (2009) fueron a cielo abierto.

### CONCLUSIONES

Mayor concentración del digestato el rendimiento de forraje aumenta positivamente, y lo mismo en los niveles de proteína de la hoja, por lo que el forraje producido es de mejor calidad. Las frecuencias de defoliación, tuvieron in-



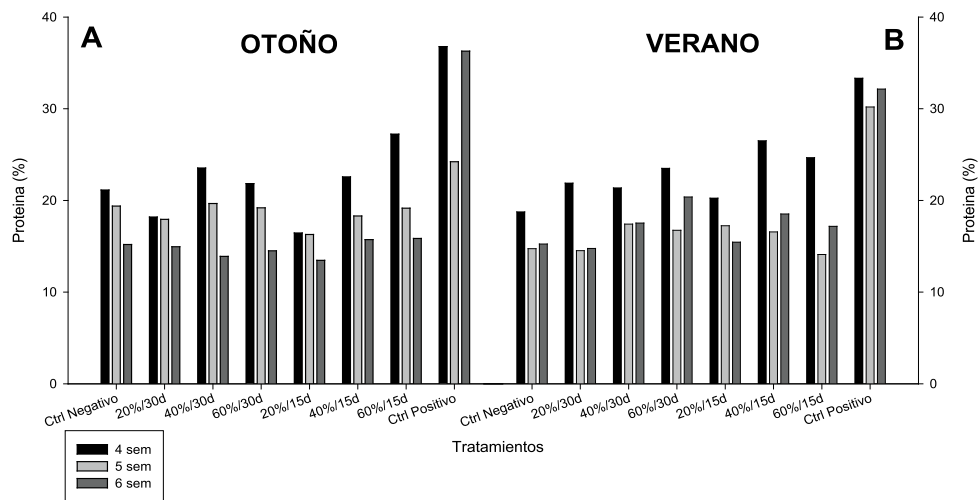
**Figura 3.** Composición morfológica de ballico perenne. Derecha (verano), izquierda (otoño), a diferentes frecuencias de corte (A y B cada cuatro semanas; C y D cada cinco semanas y E y F cada seis semanas) y concentraciones de digestato en las épocas de verano y otoño.

fluencia en el rendimiento de forraje y en los componentes del rendimiento, siendo la frecuencia de cuatro semanas la que mostro los valores superiores en estas variables.

### LITERATURA CITADA

Ahmad J., Iqbal A., Ayub M., Akhtar J. 2016. Forage yield potential and quality attributes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) Under various agro-management techniques. The Journal of Animal & Plant Science 26 (2): 465-474.

Castillo EG, Valles MB, Jarillo RJ. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. 2009. Técnica Pecuaria México 47(1): 79-92.



**Figura 4.** Contenido de proteína en hoja de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) a diferentes concentraciones de digestato y frecuencias de corte en dos épocas del año.

Castro RR, Hernández GA, Aguilar BG, Ramírez RO. 2011. Comparación de métodos para estimar rendimiento de forraje en praderas asociadas. *Naturaleza y Desarrollo* 9(1):38-46.

Castro RR., Hernández GA., Vaquera HH., Hernández GJ, Quero CA, Enríquez QJF, Martínez HPA. 2012. Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35 (1): 87-95.

Chavez V A., Waghorn G C., Brookes I M., Woodfield D R. Effect or maturation and initial harvest dates on the nutritive characteristics of ryegrass (*Lolium perenne* L.). 2006. *Animal Feed Science and Technology* (127): 293-318.

Gaggia F., Baffoni L., Di Gioia D., Accorsi M., Bosi S., Marotti I., Biavati B., Dinelli G. 2013. Inoculation with microorganisms of *Lolium perenne* L. In: Evaluation of plant growth parameters and endophytic colonization of roots. *New Biotechnology* 30 (6): 695-704.

Garduño, V. S., Pérez, P. J., Hernández, G. A., Herrera, H. J. G., Martínez, H. P. A., Joaquín, T. B. M. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de Ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Técnica Pecuaria en México* 47(2): 189-202.

Rancane S., Karklins A., Lazdina D., Berzins P. 2015. Biomass yield and chemical composition of perennial grasses for energy production. *Engineering for rural development* (20): 546-551.

Rancane S., Karklins A., Lazdina D., Berzins P., Bardule A., Butlers A., Lazdins A. 2016. The evaluation of biomass yield and quality of *Phalaris arundinacea* and *Festululium* fertilized with bio-energy waste products. *Agronomy Research* 14(1): 198-210.

Rojas G. A. R., Hernández G. A., Quero C. A. R., Guerrero R. J. D., Ayala W., Zaragoza R. J. L., Trejo L. C. 2016. Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(4): 885-895.

SAS. 2002. User's Guide: Statistics (Version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.

SigmaPlot. 2015. User's Guide (Versión 10.0). Systat software.

Tampere M., Viiralt R. 2014. The efficiency of biogas digestate on grassland compared mineral fertilizer and cattle slurry. *Research for rural development*. (1): 89- 94.

Velasco, Z. M. E., Hernández, G. A., González, H. V. A. 2007. Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de Ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 30(1): 79-87.

Velasco, Z. M. E., Hernández, G. A., González, H. V. A., Pérez, P. J., Vaquera, H. H., Galvis, S. A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México* 39(1):1-14.

Walsh J. J., Jones D. L., Edwards-Jones G., Williams A. P. 2012. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. *Journal Plant Nutrition Soli Science* (175): 840-845.