

EFFECTOS DE CORTO PLAZO DE LA INTERACCIÓN RIEGO-FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE UN CAMPO NATURAL DE BASALTO EN URUGUAY

SHORT-TERM EFFECTS OF THE INTERACTION IRRIGATION-FERTILIZATION IN THE PRODUCTION AND COMPOSITION OF A NATURAL FIELD OF BASALT IN URUGUAY

Jaurena M.^{1*}, D. Giorello¹, E. Pérez Gomar¹,
M. Do Carmo¹ & G. Cardozo¹

RESUMEN

El riego suplementario es una opción estratégica para asegurar la producción de forraje en un escenario de alta variabilidad climática, pero en Uruguay falta información para generar coeficientes técnicos de respuesta. Se realizó un experimento con el objetivo de evaluar los efectos del riego y la fertilización N-P en la producción de forraje y composición botánica de un campo natural de basalto. En el período octubre de 2011 a Junio 2012 se desarrolló un ensayo con un diseño de parcelas divididas. En las parcelas mayores se ubicaron el riego suplementario y el secano, mientras que en las parcelas menores se ubicaron un testigo sin fertilizar y siete tratamientos de fertilización: una dosis de fósforo (80 kg P₂O₅.ha⁻¹), tres dosis de nitrógeno (50, 100 y 200 kg N.ha⁻¹) y tres combinaciones N-P (80 P₂O₅-50 N; 80 P₂O₅-100 N; y 80 P₂O₅-200 N). La interacción del riego con la fertilización nitrogenada explicó las variaciones a corto plazo de la productividad y composición botánica de la vegetación. El riego incrementó la respuesta a la fertilización nitrogenada duplicando la producción de forraje del campo natural y generando condiciones para el aumento de la contribución de los tipos productivos más valiosos desde el punto de vista forrajero.

PALABRAS CLAVE: Riego, Fertilización, Campo, Natural, Basalto, Uruguay.

ABSTRACT

Supplementary irrigation is a strategic option to ensure the forage production in a scenario of high climate variability. Nevertheless, Uruguay lacks of information to be able to generate technical coefficients about responses. An experiment was performed with the objective to evaluate the effects of irrigation and N-P fertilization on forage yield and botanical composition in a basaltic natural grassland. In the period October 2011 to June 2012 was carried out an experiment to determine the effect of supplemental irrigation and fertilization N-P in a split plot design. Supplementary irrigation and rainfed were located in the big plots, while the fertilizer ones were established at smaller plots. Fertilizer treatments consisted on one unfertilized control and seven fertilization treatments: one with phosphorus only (80 kg P₂O₅.ha⁻¹), three nitrogen rates (50, 100 and 200 kg N.ha⁻¹) and three N-P combinations (80 P₂O₅-50 N, 80 P₂O₅-100 N, P₂O₅ and 80-200 N). The interaction of irrigation with nitrogen fertilization explained the short-term variations in productivity and botanical composition. Irrigation improved the response to nitrogen fertilization doubling forage production, and allowed conditions to increase the contribution of the most valuable forage productive types.

KEY WORDS: Irrigation, Fertilization, Grasslands, Natural, Basaltic, Uruguay.

¹ Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA, Estación Experimental del Norte, Ruta 5 km 386, Tacuarembó, Uruguay

* mjaurena@tb.inia.org.uy

INTRODUCCIÓN

Existe un creciente interés por conocer el impacto del riego y la fertilización en la sostenibilidad de los ecosistemas de campos naturales en Uruguay. Si bien los campos naturales representan el principal recurso forrajero del Uruguay, ocupando una superficie mayor a 11 millones de hectáreas (70 % del país) (DIEA-MGAP, 2002), su sostenibilidad está siendo amenazada por cambios en el uso del suelo y por el sobrepastoreo (Díaz *et al.*, 2006). Estos campos naturales presentan valores únicos de biodiversidad con más de tres mil especies de plantas vasculares de clima templado y subtropical (Bilenca & Miñarro, 2004), destacándose por la coexistencia de gramíneas C3 y C4. En este contexto, es necesario desarrollar estrategias destinadas a mejorar su productividad y conservar su diversidad biológica.

La mayor parte de la producción de carne y lana de Uruguay se basan en la utilización de estos campos, los cuales presentan grandes fluctuaciones anuales y estacionales en la producción y calidad del forraje. Se ha demostrado, tanto a nivel de campos naturales de Uruguay en la región de Basalto (Berreta, 1998) y en las lomadas del Este (Bermudez & Ayala, 2005), como a nivel global (Knapp & Smith, 2001) que la productividad es afectada por las precipitaciones. Los modelos de cambio climático para el bioma campos coinciden en que el escenario futuro más probable incluye aumentos de la temperatura media y de las lluvias especialmente en los meses de primavera y verano (Giménez *et al.*, 2009). Esta situación no implica mayores niveles de agua disponible para el crecimiento de las praderas ya que también se incrementará la frecuencia de eventos extremos como sequías severas e inundaciones (Yahdjian & Sala, 2008). Por lo tanto, resultaría aún más difícil ajustar la carga animal de los potreros y lograr un uso sostenible del recurso campo natural.

La región de Basalto ocupa casi una cuarta parte de la superficie de Uruguay, en la cual dos tercios de los suelos son superficiales (DSA-MGAP, 1979), presentando una aptitud de uso principalmente ganadero-pastoril. La heterogeneidad de estas praderas fue clasificada por Le-

zama (2005), destacando a la disponibilidad de agua como el principal factor de control ambiental que explica los gradientes florísticos y funcionales. La escasa profundidad de los suelos determina un alto riesgo de sequía y de erosión de suelos, proceso que se acelera en campos sobrepastoreados (Durán, 1985). Para atenuar los impactos de la variabilidad climática en la producción de forraje, una de las opciones tecnológicas para esta región es la implementación de pequeñas áreas de alta producción de forraje.

El agua disponible en el suelo afecta directamente la proporción alcanzable del crecimiento potencial de las praderas (Andales *et al.*, 2006). El riego suplementario es una opción estratégica para asegurar una base de alimentación para los animales. El aumento del agua disponible mejora la capacidad de crecimiento de la pastura, pero asociado a dicho incremento del crecimiento pueden aparecer restricciones nutricionales. En la medida en que el riego propicia la obtención de una mayor proporción del potencial de producción de las pasturas, es esperable que el aporte del suelo no alcance a cubrir la demanda de nitrógeno y otros nutrientes, necesitando mayores aportes vía fertilización.

Dentro de las alternativas de intensificación, una de las opciones a evaluar es potenciar al campo natural mediante el riego suplementario y la fertilización. La productividad vegetal y animal de estas comunidades, está limitada por la baja disponibilidad de Nitrógeno (N) y Fósforo (P). La respuesta a la fertilización en un experimento de largo plazo ha sido reportada por Rodríguez Palma (2010). En dicho experimento, aplicando anualmente 100 kg de N.ha⁻¹ y 40 Kg de P₂O₅.ha⁻¹ en Basalto, en el promedio de siete años se obtuvo un incremento del 29 % en la producción de forraje y de un 67 % en la producción animal.

En Uruguay falta información que permita generar coeficientes técnicos de respuesta al riego en campo natural y su interacción con la fertilización primavera-estival. A partir de estos antecedentes se propuso realizar un experimento con el objetivo de conocer los efectos del riego y la fertilización en la producción y composición de un campo natural de basalto.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el período octubre de 2011 a Junio 2012 se desarrolló un experimento para conocer el efecto del riego y la fertilización N-P en la producción de forraje y composición botánica de un campo natural sobre un suelo Vertisol de Basalto (Tabla 1). El sitio experimental se localizó en el campo experimental de riego de INIA-Tacuarembó cercano a la localidad de Tambores. (31,53 S, 56,14 W). El diseño experimental utilizado fue de parcelas divididas con tres repeticiones en bloques al azar. En las parcelas mayores (24 x 16 m) se ubicaron el tratamiento de riego suplementario (T1) y el seco sólo con aporte de lluvias (T0). El riego suplementario se realizó por aspersión con Ala Piovana conectada a un equipo autoenrollable. Se estableció como criterio de riego una reposición de lámina del 90 % de la evapotranspiración de referencia y un umbral de 50% de agua disponible del rango entre 34 a 18 % de humedad volumétrica, para capacidad de campo y punto de marchitez permanente respectivamente. En el período experimental las lluvias acumuladas totalizaron 1004 mm y se realizaron 13 riegos suplementarios que acumularon 324 mm.

Dentro de cada una de las parcelas mayores se ubicaron las parcelas menores (8 x 4 m) que incluyeron siete tratamientos de fertilización y un testigo sin fertilizar. Dichos tratamientos de fertilización consistieron en una dosis de fósforo (80 kg P₂O₅/ha), tres dosis de nitrógeno (50, 100 y 200 kg N/ha) y tres combinaciones N-P (80 P₂O₅-50 N; 80 P₂O₅-100 N; y 80 P₂O₅-200 N). Se evaluó la producción de forraje en cinco cortes cada 45 a 50 días en el periodo 15 de Octubre de 2011 al 5 de Junio de 2012. En cada parcela menor se estimó la producción de forraje mediante cortes a 5 cm de altura de tres franjas de 0,52 m de ancho que totalizaron 6,24 m². Se registró el peso verde del corte de cada parcela menor y se tomaron submuestras del mismo para la determinación del porcentaje de materia seca en estufa a 70° C durante 72 horas.

Previo a cada corte se estimó la composición botánica en el tratamiento de mayor fertilización N-P (80 P₂O₅-200 N) y en el testigo sin fertilizar en las situaciones de riego suplementario y seco utilizando el método Botanal (Tothill *et al.*, 1978), modificado por Millot & Saldanha,

(1998). Dicho método se utilizó para registrar la contribución específica (biomasa de una especie/biomasa del total de especies) por apreciación visual con un mínimo de 5 %, en cinco cuadros fijos de 0,25 m² ubicados equidistantemente en una de las diagonales de cada parcela menor de los tratamientos señalados. Se estimó la contribución a la biomasa total de cada una de las 12 especies más dominantes integrando las estimaciones de producción con la contribución específica en cada una de las parcelas menores de los tratamientos seleccionados. Adicionalmente, se monitoreo la humedad en el suelo mediante balances hídricos con el software Win Isareg y un equipo TDR portátil "FieldScout 300" (Spectrum Technologies Inc.).

Para analizar la producción acumulada de forraje en los cinco cortes se ajustó un modelo de análisis de varianza considerando a los efectos del riego, los niveles de fertilización y la interacción de ambos factores. Las medias de los efectos significativos fueron comparadas usando el test DGC al 5% utilizando el programa Infostat (Infostat, 2012). La base de datos de contribución específica consistió en 59 especies y 12 parcelas menores evaluadas (cuatro tratamientos x tres repeticiones). Posteriormente se eliminaron 19 especies presentes en una única parcela menor, quedando una matriz de 40 columnas y 12 filas. Con esta matriz depurada se realizaron análisis de varianza de la contribución porcentual de los principales tipos productivos clasificados según Rosengurtt (1979). Con las 13 especies más abundantes (contribución específica promedio mayor a 3 %), agrupadas por tratamiento de riego y fertilización N-P, se realizó un análisis multivariado de su contribución porcentual por Componentes Principales utilizando el programa Infostat (Infostat, 2012). Este análisis se realizó utilizando a distancias euclidianas y estandarizando los valores (restándoles la media y dividiéndolos por el desvío estándar).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción acumulada de forraje registró una interacción significativa ($p < 0,01$) del riego con la fertilización nitrogenada (Tabla 2), mientras que no se encontraron efectos de la fertilización fosfatada. Dicha interacción se relacionó principalmente con un incremento en la res-

puesta a la fertilización nitrogenada en condiciones de riego respecto al secano. En condiciones de riego se maximizó la eficiencia de la fertilización, prácticamente duplicando la respuesta registrada en la situación de secano. En este sentido, en condiciones de humedad favorable, López *et al.* (2002) señalan que la aplicación de N estimula la mineralización en suelos bien provistos de N y potencialmente mineralizable. El tratamiento que combinó el nivel más alto de fertilización nitrogenada (200 kg N) con el riego, duplicó el nivel de producción del testigo sin riego y sin fertilización. La máxima respuesta a la fertilización nitrogenada, obtenida en condiciones de riego y 50 kg de N en el período primavera-estival, es similar a los valores de 16 kg de MS.ha⁻¹ alcanzado por Zanoniani *et al.* (2011) y de 21 kg de MS.ha⁻¹ reportado por Rodríguez Palma (2010) con la fertilización otoño-invernal de campos naturales en Uruguay.

En la medida en que las tecnologías de riego y fertilización primavera-estival sean rentables implicarían un gran avance para la estabilidad de los sistemas de producción, ya que la producción de forraje en primavera y verano se independizaría del efecto año (lluvias). La respuesta al riego fue muy baja comparada con los antecedentes de riego en especies forrajeras cultivadas en Uruguay: templadas con rangos de 4,2 a 16,9 kg MS.mm⁻¹ de agua de riego (Sawchik & Formoso, 2000) y subtropicales 8,6 a 23 kg MS.mm⁻¹ de agua de riego (Giorello *et al.*, 2012). Dentro de los bajos valores de respuesta del campo natural al riego en este experimento, se destaca el incremento de la respuesta en el nivel más alto de fertilización N. Esta situación se relacionaría con que niveles altos de N mejorarían la eficiencia de uso del agua en condiciones de riego suplementario.

Los incrementos de producción del campo natural fueron muy diferentes en sus principales tipos productivos constituyentes. El grupo dominante de gramíneas estivales finas y tiernas representó aproximadamente la mitad de la producción de forraje y fue el único que presentó una interacción significativa entre la fertilización N-P y el riego (Figura 1), por lo cual se analizó por separado. Estos resultados ejemplifican

nuevamente que el riego no tuvo efecto en la producción de las principales especies estivales del campo natural en ausencia de la fertilización.

El único tipo productivo que presentó respuesta al riego fue el de los graminoides. Dicho comportamiento fue explicado por el incremento significativo de la contribución a la biomasa de las Ciperáceas en condiciones de riego suplementario (Tabla 3).

Todos los tipos productivos presentaron respuesta significativa a la fertilización nitrogenada, destacando el comportamiento de las gramíneas invernales finas (*Bromus auleticus*, *Stipa Setigera* y *Poa lanígera*) que incrementaron su producción un 136 % en la condición de fertilización evaluada (Tabla 4).

El ordenamiento por componentes principales de las especies y el agrupamiento de las parcelas permitió visualizar claramente las especies que más se relacionaron con la interacción riego-fertilización. El primer componente explicó el 51 % de la variación y se relacionó con el gradiente de variación del testigo (sin fertilizante ni riego) a la situación de riego. Mientras que el segundo eje explicó 25 % y se asoció principalmente con la fertilización N-P en condiciones de secano y riego.

Las especies que más incrementaron su contribución en las parcelas con riego y fertilización fueron *Coelorhachis selloana*, *Stipa setigera*, Ciperáceas, *Axonopus affinis* y *Botriochloa laguroides*, que verían favorecida su capacidad de competencia en condiciones de riego suplementario. En tanto *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum* fueron las especies que más se relacionaron con el comportamiento del testigo, aspecto que estaría asociado con su tolerancia a condiciones intermedias de stress.

CONCLUSIONES

La interacción de la fertilización nitrogenada con el riego suplementario explicó las variaciones a corto plazo de la productividad y composición botánica de un campo natural de Basalto en Uruguay. El riego incrementó la respuesta a la fertilización nitrogenada en el período primavera-estival, alcanzando valores similares a los reportados para campos naturales en el período

otoño-invernal. Además, la interacción N-riego generó condiciones para un incremento de los tipos productivos del campo natural más valiosos desde el punto de vista forrajero. A partir de estos resultados recomendamos continuar investigando en los efectos en la vegetación de la interacción riego-N a mediano y largo plazo, especialmente en los efectos en la productividad y biodiversidad del campo natural.

AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros de INIA que colaboraron con los muestreos en el campo de riego en Tambores.

BIBLIOGRAFÍA

- Andales A.A., J.D. Derner, L.R. Ahuja & R.H. Hart. 2006. Strategic and tactical prediction of forage production in Northern mixed-grass prairie. *Rangeland Ecol. Manag.* 59: 576-584.
- Bermudez R. & W. Ayala. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del este. En: Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural. Serie Técnica 151. Montevideo: INIA. pp. 33-40.
- Berretta E. 1998. Principales características de las vegetaciones de los suelos de Basalto. En: Reunión del Grupo técnico regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical (E. Berretta Ed.). Grupo Campos, 14. Anales. Serie Técnica 94. Montevideo: INIA. pp. 11-19.
- Bilenca D. & F. Miñarro. 2004. Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil. Buenos Aires. Fundación Vida Silvestre. pp. 353.
- Díaz R., M. Jaurena & W. Ayala. 2006. Impacto de la intensificación productiva sobre el campo natural en Uruguay. En: Reuniao do Grupo técnico em forrageiras do Cone Sul: Grupo Campos 21. Palestras e resumos. Pelotas, RS, Brasil: EMBRAPA. 1: 49-67.
- DIEA, MGAP & Uruguay. 2002. Censo general agropecuario 2000: resultados definitivos. En: www.mgap.gub.uy . Vol. I.
- DSA, MGAP & Uruguay. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay a escala 1:1000000. Montevideo: División Suelos y Aguas, MGAP.
- Durán A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo: Hemisferio Sur. pp. 398.
- Giménez A., J.P. Castaño, W. Baethgen & B. Lanfranco. 2009. Cambio climático en Uruguay, posibles impactos y medidas de adaptación en el sector agropecuario. Serie Técnica 151. INIA. pp. 50.
- Giorello D., M. Jaurena, P. Boggiano & E. Perez Gomar. 2012. Respuesta al riego suplementario en pasturas y forrajes. En 2º Seminario Internacional de Riego en Cultivos y Pasturas. En prensa.
- InfoStat. 2012. Manual de usuario. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Knapp A. K. & M. D. Smith. 2001. Variation among biomes in temporal dynamics of aboveground primary production. *Science* 291: 481-484.
- Lezama F. 2005. Las comunidades herbáceas de un área de pastizales naturales de la región basáltica de Uruguay. Tesis de Maestría, Programa PEDECIBA, Uruguay. pp. 62.
- López S., E. Guevara, M. Maturano, M. Melaj, J. Bonetto S. Meira, O. Martín & N. Bárbaro. 2002. Absorción de nitrógeno en trigo en relación con la disponibilidad hídrica. *Terra Latinoamericana* 2 (1): 7-15.
- Millot J. & S. Saldanha. 1998. Caracterización de pasturas naturales sobre Basalto medio. En: Reunión del Grupo técnico regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical (E. Berretta Ed.). Grupo Campos, 14. Anales. Serie Técnica 94. Montevideo. INIA. pp. 167-170.
- Rodríguez Palma R. & T. Rodríguez. 2010. Fertilización de campo natural: forraje crecido. Memorias del III Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal. *Agrociencia Uruguay* 14(3): 133.
- Rosengurt B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de

campos naturales en el Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.

Tothill J.C., J.N.G Hargreaves & R.M. Jones. 1978. Botanal - A Comprehensive Sampling and Computing Procedure for Estimating Pasture Yield and Composition. I. Field Sampling. Tropical Agronomy Technical Memorandum 8. CSIRO Division of Tropical Crops and Pastures, Brisbane.

Sawchik J. & F. Formoso. 2000. Inserción del riego en rotaciones de cultivos y pasturas. INIA Serie de Actividades de Difusión. 227: 13-25.

Yahdjian L. & O. Sala. 2008. Climate Change Impacts on South American Rangelands. *Rangelands* 30(3): 34-39.

Zanoniani R., P. Boggiano & M. Cadenazzi. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. *Agrociencia Uruguay* 15 (1): 115-124.

Tabla 1. Características químicas del suelo del experimento (0-15 cm).

Table 1. Soil chemical characteristics of the experiment (0-15 cm).

Ph (H ₂ O)	Carbono Organico (%)	CIC pH ₇ (meq/100g)	P Acido Cítrico (µg P/g)
5,6	4,2	40,4	5,7

Tabla 4. Producción de forraje (Kg MS.ha⁻¹) de diferentes tipos productivos en las situaciones testigo sin fertilización y fertilizado con 200 kg N- 80 Kg P₂ O₅.

Table 4. Forage production (Kg MS.ha⁻¹) of different productive types of control without fertilization and fertilized with 200 kg N, 80 kg P₂ O₅.

	Gram. est. ordinarias	Gram. inv. finas	Gram. inv. tiernas	Dicotiledóneas	Graminoides
Sin Fertilización N-P	514 A	190 A	242 A	101 A	151 A
Con Fertilización N-P	912 B	425 B	338 A	188 B	244 B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Gram est. – Gramíneas estivales

Gram inv. – Gramíneas invernales

Tabla 2. Producción de forraje, respuesta a la fertilización N y al riego suplementario.
Table 2. Forage production, N fertilizer response and supplementary irrigation response.

Parcela Mayor	Parcela menor Kg N.ha ⁻¹	Producción de forraje	Respuesta fert N	Respuesta riego
Secano	0	2239 A	-----	-----
Secano	50	2563 B	6,5	-----
Secano	100	2903 C	6,6	-----
Secano	200	3573 D	6,7	-----
Riego	0	2585 B	-----	1,1
Riego	50	3098 C	17,2	1,7
Riego	100	3380 D	11,4	1,5
Riego	200	4607 E	11,8	3,2

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Producción de forraje (Kg MS.ha⁻¹)

Respuesta fert N = Respuesta a la fertilización nitrogenada (Kg MS.Kg N⁻¹)

Respuesta riego = Respuesta al riego (Kg MS.mm de riego⁻¹)

Tabla 3. Producción de forraje (Kg MS.ha-1) de diferentes tipos productivos en las situaciones de riego y secano.
Table 3. Forage production (Kg MS.ha-1) of different productive types of supplementary irrigated and rainfed situations.

	Gram. est. ordinarias	Gram. inv. finas	Gram. inv. tiernas	Dicotiledóneas	Graminoides
Sin Riego	662 A	274 A	284 A	111 A	165 A
Con Riego	765 A	341 A	296 A	178 A	231 B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Gram est. = Gramíneas estivales

Gram inv. = Gramíneas invernales

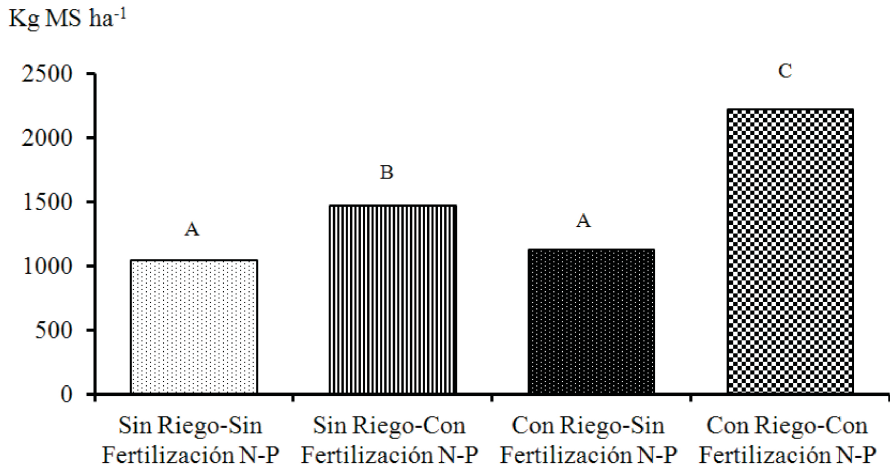


Figura 1. Producción de forraje (Kg MS.ha⁻¹) de Gramíneas estivales finas y tiernas.
Figure 1. Forage production (Kg MS. ha⁻¹) of fine and tender summer grasses.

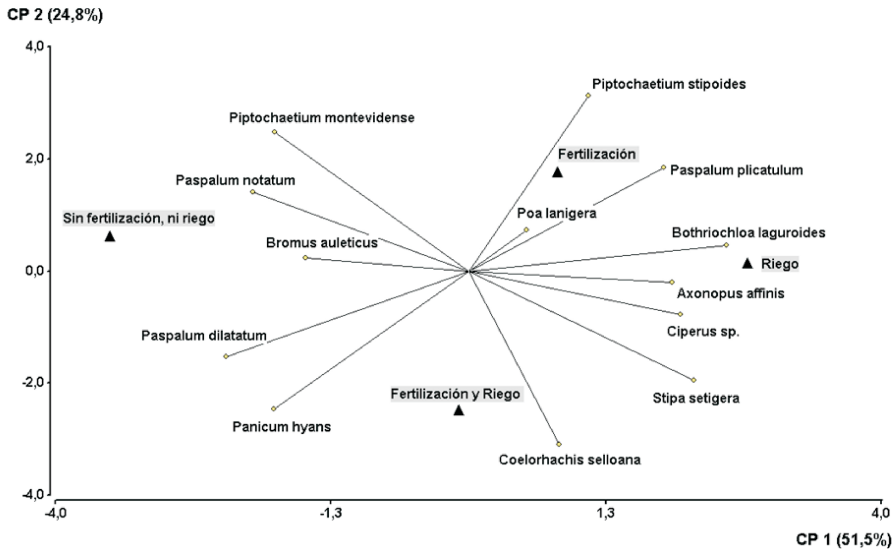


Figura 2. Ordenamiento multivariado de la contribución porcentual de las 13 especies más abundantes, por componentes principales del agrupamiento de parcelas menores según la interacción riego-fertilización NP.
Figure 2. Multivariate ordering of the 13 most abundant species contribution by principal component plots grouping smaller plots according to the irrigation-fertilization NP interaction.