

Boggiano, P.¹, Zanoniani, R.¹, Cadenazzi, M.², Giménez, L.³, Formoso, D.⁴, Aguirre, S.⁵, Irazabal, N.⁵, Otegui, I.⁵, Arce, M.⁵, Fernández, P.⁵, Riccetto, S.⁵

¹Departamento de Producción Animal y Pasturas.

²Departamento de Biometría Estadística y Cálculo.

³Departamento de Producción Vegetal.

⁴Programa Nacional de Pasturas y Forrajes.

⁵Tesista de grado

Evaluación de la respuesta al riego suplementario de gramíneas perennes durante el período estival

INTRODUCCIÓN

En Uruguay los sistemas de producción animal son desarrollados principalmente bajo alimentación pastoril, variando la cantidad y la calidad del forraje ofrecido cada año y entre años, como consecuencia de situaciones climáticas.

El clima del Uruguay se caracteriza por una alta variabilidad, con períodos de déficit hídrico a veces muy importantes durante los meses de verano debido a las altas evapotranspiraciones.

En promedio la capacidad de almacenaje de agua de los suelos oscila entre 60-180 mm (Molfino y Califra, 2001), que representa en el mejor de los casos el 50 % de las necesidades de algunas forrajeras para producir y persistir (Sawchik *et al.*, 2010). Conjuntamente el régimen de precipitaciones, deficitario en verano en relación a las necesidades hídricas de los cultivos (Giménez, 2010), determinan que no se satisfagan la demanda de cultivos y pasturas, lo cual afecta directamente su producción y persistencia.

Según Beathgen y Terra (2010), el cambio climático ya es una realidad y está instalado en la región, producto de las altas emisiones de carbono a nivel mundial. Este cambio climático se refiere a la variabilidad climática existente en períodos largos de tiempo, determinando que las precipitaciones medias a lo largo de los años tengan una tendencia ascendente, así como también la intensidad de las mismas y la evaporación, lo que provoca un aumento en los índices de escorrentía. También, destacaron la gran variabilidad climática intra-anual, que pro-

voca períodos de abundancia alternados con períodos de gran escasez de precipitaciones.

Surge de lo anterior la necesidad de profundizar en el conocimiento del uso de riego como otra herramienta que permita estabilizar la oferta de forraje en los sistemas de producción.

Formoso y Sawchik (2000), comprobaron en general respuestas productivas significativas pero de baja magnitud a la aplicación de riego suplementario en especies forrajeras de origen templado en situaciones con déficit hídricos no extremos. Trabajos nacionales muestran que la inclusión de especies C4 en mezclas resulta en aumentos de la producción estival y total, con reducciones significativas de enmalezamiento. (Santiñaque y Carambula, 1981). Otros trabajos nacionales muestran elevados rendimientos de materia seca en gramíneas tropicales y sub-tropicales evaluadas con riego, siendo netamente superiores a los obtenidos por especies de origen templado, (Mas 2007, Giorello *et al.*, 2010). Los rendimientos de estas especies pueden cuadruplicarse mediante riego, frente a los rendimientos en secano (Mas, 2007).

El uso del agua para riego de pasturas debe considerarse como un recurso escaso y siendo una tecnología de alto costo, por lo cual deberían regarse especies que presenten una alta eficiencia en el uso del agua para la producción de forraje, de forma de reducir el área a regar sin sobredimensionar los equipos y los costos.

El presente trabajo tiene como objetivo general evaluar el efecto de dos mane-

jos de agua (M1, M2) y un testigo (M3) sobre la producción de tres gramíneas C4, perennes estivales: *Paspalum dilatatum* subsp. *dilatatum*, *Paspalum notatum* var. *saurae* cv. Pensacola, *Pennisetum purpureum* cv. Mott, y una gramínea perenne invernal C3: *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Estación Experimental Dr. Mario A Cassinoni de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, en el departamento de Paysandú, Uruguay, a 32°23'20.23" de latitud sur y 58°02'37.98" de longitud oeste.

El área experimental se ubicó en una ladera alta sobre un suelo Brunosol Eutrípico Típico de la Unidad San Manuel según la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (1:1.000.000) (Altamirano *et al.*, 1976), desarrollado sobre la formación geológica Fray Bentos (Bossi, 1969).

El trabajo se llevó a cabo durante dos períodos, el primer año entre el 08 de diciembre del año 2010 y el 20 de abril del año 2011 completando 133 días de evaluación y el segundo año entre el 28 de noviembre de 2011 y el 11 de abril de 2012, totalizando 151 días de evaluación.

Siembra y fertilización

Las parcelas de *Pennisetum purpureum* se plantaron a mano en octubre de 2009, en surcos con 0,7 metros de entre-surco y dentro de estos una distancia entre planta de 0,5 metros, resultando una densidad de 2,8 plantas m².

En octubre de 2009 se sembraron a chorrillo en la línea con una distancia entre líneas de 0,14 metros *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum*, a una densidad de siembra de 12 kg por hectárea de semilla comercial. Luego debieron ser resembradas en febrero de 2010 debido a fallas de implantación, lográndose instalarlas con éxito.

La siembra de *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé se realizó en agosto de 2010, a chorrillo en la línea con una distancia entre líneas de 0,14 metros, a una profundidad de 2 centímetros y a

razón de 12 kilos por hectárea de semilla comercial.

La fertilización se realizó con 300 kg/ha de P₂O₅ a la siembra y en cada año se realizaron cinco fertilizaciones de 50 kg/ha⁻¹ de N bajo la forma de urea, cada 30 días luego de los cortes.

Método de riego

El método de riego utilizado fue el de aspersión fija con tres aspersores por parcela mayor, la cual contenía las cuatro subparcelas correspondientes a las especies en estudio.

Los aspersores utilizados regaban un caudal de 70 l/h⁻¹. El riego se realizó por la noche para evitar los efectos de deriva que habitualmente se producen por el viento durante el día.

Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas en bloques con tres repeticiones. El factor mayor es el manejo del agua, con tres niveles: M1, M2 y M3, y el factor menor la especie: *Paspalum dilatatum* subsp. *dilatatum*, *Paspalum notatum* var. *Saurae* cv. Pensacola, *Pennisetum purpureum* cv. Mott y *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé. Los tratamientos corresponden a la combinación de niveles de riego por especie, dando un total de 12 tratamientos distribuidos en 36 parcelas. El nivel de significación aceptado para los test de diferencias de medias fue del 10 %.

Los manejos del agua fueron: M1: riego que cubre el 100 % de la ETo, M2: riego que cubre el 50 % de la ETo y M3: secano; siendo ETo la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm), la cual fue estimada utilizando la ecuación de FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998).

Para determinar la producción de materia seca se realizaron 4 cortes espaciados cada 30 días.

Los cortes se realizaron con tijeras de mano, cortando dos cuadros por parcela que fueron embolsados juntos conformando una única muestra. El tamaño de

cuadro y las alturas remanentes fueron ajustados según la especie forrajera.

Para las especies *Paspalum notatum* var. Saurae cv. Pensacola, *Paspalum dilatatum* subsp. *dilatatum* y *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé se utilizaron cuadros de 0,2 m x 0,5 m y se dejó un remanente de 5 cm. Para la especie *Pennisetum purpureum* cv. Mott se utilizó un cuadro de 1,2 m x 0,5 m y se dejó una altura remanente de 0,4 m.

Luego de cada corte las parcelas se emparejaron dejando un remanente de 5 cm para las primeras tres especies y de 0,4 m en *Pennisetum purpureum*.

El material colectado en cada corte fue separado en el laboratorio en las fracciones lámina, vainas y tallos florales y malezas. La cantidad de material muerto presente en el material cortado fue insignificante. Luego de separadas las fracciones fueron secadas en estufa de circulación forzada de aire, a una temperatura de 60 °C hasta peso constante. Con los pesos de las muestras secas, se calculó la materia seca por hectárea de cada fracción.

Al momento del último corte (4 de abril del 2011) se realizó la determinación de la densidad, peso y partición de la MS de macollos.

Para determinar la densidad de macollos se contó el número de macollos en dos cuadros de 0,2*0,25 m por parcela en *Festuca* y *Paspalum*. Dado el mayor

tamaño de las plantas *Pennisetum purpureum* se utilizaron dos cuadros de 1,20*0,60 m.

El peso de los macollos fue determinado cortando a ras del suelo 20 macollos por parcela que se secaron a 60 °C en estufa de circulación forzada de aire hasta peso constante.

Condiciones generales del período de evaluación

Las condiciones ambientales en el primer año de evaluación mostraron un período de menor precipitación con 231,2 mm registrados y un período de mayor precipitación con 266,6 mm de registro pluviométrico, totalizando 497,8 mm en todo el período de evaluación. Del total de la lluvia registrada en el primer período 73,3 mm se dieron el 26 de enero pesando más sobre el crecimiento posterior al corte del 31 de ese mes. La Figura 1 muestra la distribución de las precipitaciones y los momentos de riego para los distintos manejos de riego. Las flechas indican momentos en que coincidió el riego en M1 y M2 y la línea azul separa los dos períodos.

En el segundo ciclo de evaluación nuevamente se dio un período de menor lluvia desde el 28 de noviembre al 30 de enero con 137 mm, seguido de un período lluvioso desde el 31 de enero al 16 de abril con 774 mm, sumando un total de

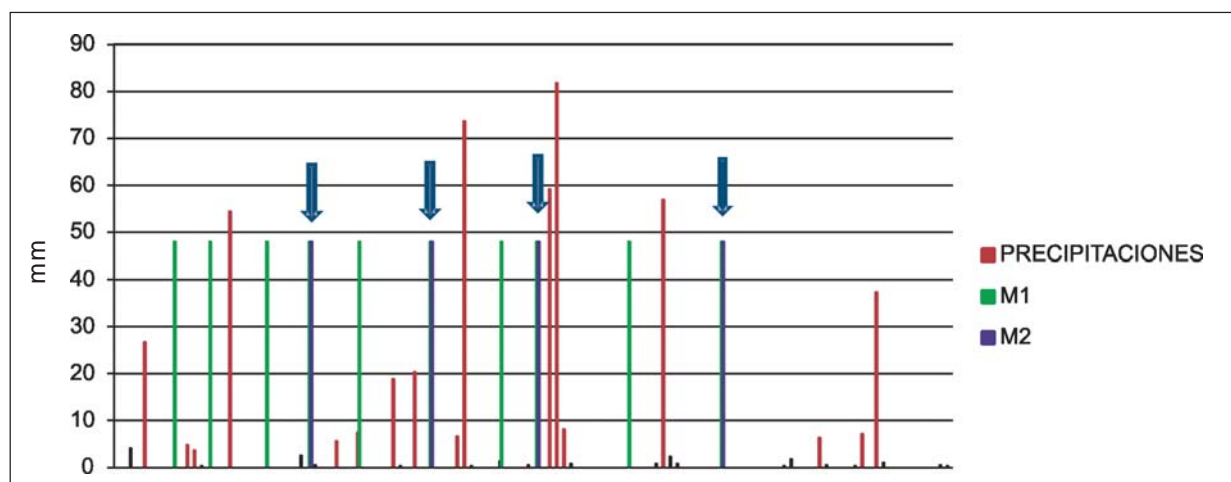


Figura 1. Régimen de precipitaciones, momento y niveles de agua agregada en los manejos de riego suplementar (mm). Las flechas indican momentos en que coincidió el riego en M1 y M2. Período 2010-2011.

911 mm en todo el periodo estudiado de 151 días. En la Figura 2 se muestran las precipitaciones ocurridas, los momentos y la cantidad de agua (expresada en mm) en que se realizó el riego suplementario.

Los dos años evaluados presentaron en común la existencia de períodos menos lluviosos en la primera mitad de inicio de la evaluación seguidos por períodos más llovedores. Se aprecia que el primer año presento 400 mm menos de lluvia que se concentran en la segunda mitad de la evaluación. En ese sentido la cantidad de lluvia que afectaría los resultados del período menos lluvioso es similar en ambos años, no así para el período más lluvioso, que no requirieron riegos en ninguno de los dos años.

En la Figura 3 se observan las temperaturas promedio, mínimas y máximas para los dos años de evaluación. Se puede ver como las temperaturas fueron mayores en los meses de diciembre-enero y menores en febrero-marzo, de manera similar a la serie histórica.

En dicha figura, las temperaturas medias fueron similares a la media histórica, con diferencias de aproximadamente 1,5 °C entre los períodos experimentales, siendo mayor únicamente en no-

viembre en el período 2011-2012, en tanto las temperaturas medias de diciembre y marzo fueron superiores en el período 2010. Las temperaturas máximas fueron mayores de enero a abril en 2010-2011 y en diciembre 2011-2012 presentando valores cercanos a la media histórica desde febrero. Las temperaturas mínimas del primer período de evaluación fueron mayores en diciembre y a partir de enero entre 3 °C y 6 °C menores que la media histórica y que el segundo período evaluado.

Las temperaturas medias variaron entre 25,2 °C y 17,4 °C en los períodos de estudio, ubicándose por debajo de los óptimos para las especies C4 y por encima de los requeridos por especies C3. Según Cooper y Taiton (1968), el crecimiento máximo en especies tropicales y subtropicales se da con temperaturas de entre 30 °C y 35 °C, mientras que con temperaturas menores a 10 °C casi no se registra crecimiento; mientras que en especies templadas las temperaturas óptimas de crecimiento oscilan entre 20 °C y 25 °C y a pesar de que el crecimiento disminuye con temperaturas por debajo de los 10 °C, con temperaturas de 5 °C todavía se registran crecimientos.

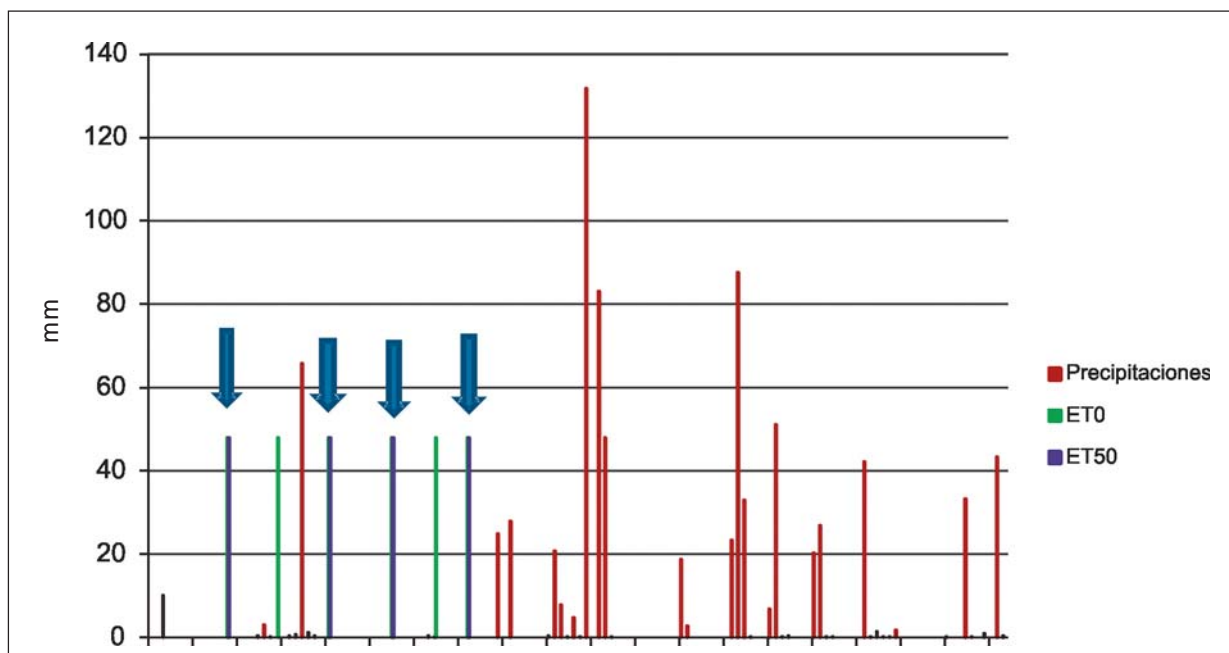
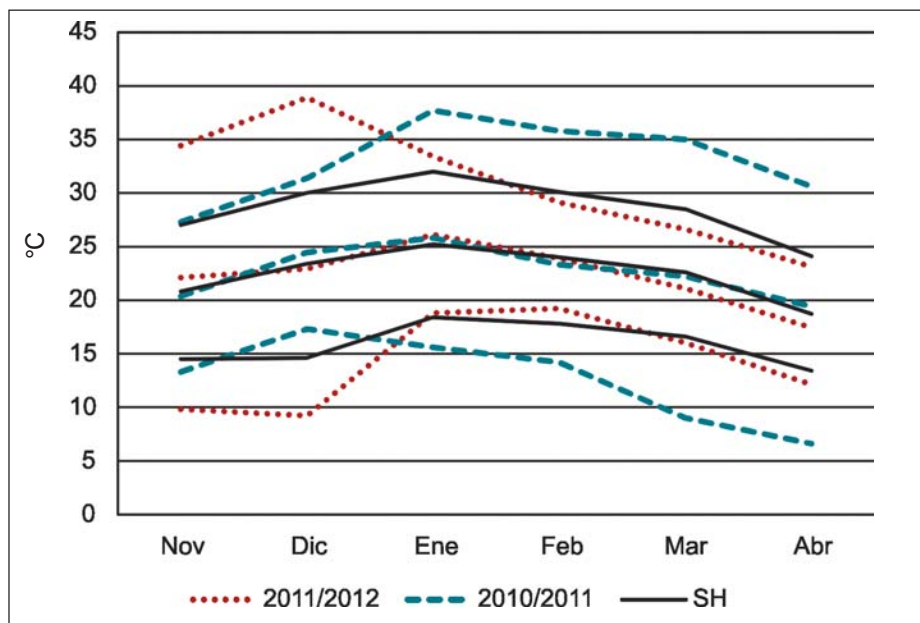


Figura 2. Régimen de precipitaciones, momento y niveles de agua agregada en los manejos de riego suplementar (mm). Las flechas indican momentos en que coincidió el riego en M1 y M2. Período 2011-2012.

Figura 3. Temperaturas máximas, medias y mínimas promedios mensuales de los períodos de evaluación (2010-2011), (2011-2012) y serie histórica (1980-2009).



RESULTADOS

Período 2010 - 2011

Producción de Materia Seca

La producción total mostró efectos significativos de las especies ($P=0,0001$) y del nivel de riego ($P=0,08$), sin efecto de la interacción nivel de riego por especie. La producción de lámina, mostró diferencias significativas en cuanto a la especie ($P=0,0001$), a nivel de riego ($P=0,07$) y sin efecto de la interacción nivel de riego por especie. En tallos, no se encontró efecto del nivel de riego, ni de la interacción especie por nivel de riego, si hubo efecto significativo de la especie ($P=0,025$). Estos resultados coinciden con Bergottin I. *et al.* (2006) quien tampoco encontró efectos significativos en la interacción al comparar dos gramíneas tropicales bajo riego.

Se puede ver en el cuadro 1 la superioridad de la especie tropical frente a las subtropicales, y de estas frente a la templada. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Alvim *et al.* (1986) evaluando la producción de gramíneas tropicales, subtropicales y templadas. En el cual la especie que obtuvo mayor producción de materia seca fue el *Pennisetum purpureum*, superando las $32 \text{ t ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

Datos nacionales reportados por Bemhaja (2000) trabajando con *Pennisetum purpureum* Schum var. INIA Lambaré en Tacuarembó, muestran producciones promedio de tres años consecutivos de hasta 45 toneladas por hectárea en secano con agregado de 100 kg de nitrógeno y 100 kg de fósforo.

También Lopes y Fonseca (2009), encontraron respuestas crecientes en producción de materia seca para *Pennisetum purpureum* al aumento de la lámi-

Cuadro 1. Producción total y por fracción en materia seca según especies.

Especie	MS lámina (kg/ha)	MS tallo (kg/ha)	MS Total (kg/ha)
<i>P. purpureum</i>	26344 A	-	26344 A
<i>P. dilatatum</i>	5200 B	4.318 A	9518 B
<i>P. notatum</i>	5668 B	3.434 B	9102 B
<i>F. arundinacea</i>	1283 C	-	1283 C

na de agua, alcanzando las mayores producciones con una lámina de 120 % de la evapotranspiración con producciones de 29049 kg/ha⁻¹ de MS.

En producción total y fracción lámina se mantiene la superioridad de *P. purpureum* seguido por las especies del género *Paspalum* y por último *Festuca*.

En cuanto al tallo, la especie con mayor producción es *Paspalum dilatatum*, difiriendo significativamente de *Paspalum notatum*. Estos datos toman especial relevancia a la hora de evaluar la respuesta en producción de materia seca de cada especie, lo ideal será encontrar aquellos materiales que produzcan grandes cantidades de materia seca de calidad. Una especie que utilice agua para producir tallo bajará la eficiencia de los sistemas de producción debido a la menor calidad de esta fracción frente a las hojas.

Tanto *Pennisetum purpureum* y *Festuca arundinacea* no registraron crecimiento de tallo. El caso de P.p. es una gramínea tropical de floración tardía, escapando al período de evaluación, y por tanto, no se registran producciones de tallo. La floración en *Festuca* se da en primavera, por lo cual tampoco se registra producción de tallo.

En relación al efecto del manejo de agua, en el Cuadro 2 se puede observar que los tratamientos que recibieron el máximo nivel de riego fueron superiores a aquellos de secano (P=0,10), y que los

tratamientos con riego intermedio mostraron un comportamiento también intermedio.

Se puede observar que el máximo nivel de riego fue superior al secano, y el mínimo nivel de riego mostró un comportamiento intermedio. Esto es importante desde el punto de vista de producción animal, ya que la fracción lámina de la planta posee mayor calidad, y diferencias de 3000 kg/ha⁻¹ MS de lámina entre el mayor nivel de riego y el secano, podrían significar diferencias en desempeño animal de 200 kg/ha⁻¹ de peso vivo (Almeida, 1997). Parecería lógico buscar aquellas especies que produzcan la mayor cantidad de materia seca de calidad.

Según Formoso (2010), *Festucas* irrigadas aumentaron su producción de materia seca en secano con 1.000 kg ha⁻¹ a 3.000 kg ha⁻¹ bajo riego.

El análisis de las respuestas según período más o menos lluvioso permitió detectar significancia de la interacción manejo de agua por período (P=0,0005). En el Cuadro 3 se observa que el mayor rendimiento se logra con el mayor nivel de agua en el período seco y el menor con secano. El resto de los tratamientos mostró un comportamiento intermedio.

En el Cuadro 4 se presenta el efecto en la interacción especie por período (P=0,012), donde se destaca la mayor producción de *Pennisetum purpureum* sobre el resto de las especies, seguido por *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum*, y con menor rendimiento *Festuca arundinacea*. Es decir, independientemente del período evaluado, el orden de las especies se mantiene.

Para la producción de láminas (kg/ha⁻¹) se observaron tendencias similares tanto en la período manejo de agua como con las especies.

El nivel de enmalezamiento definido como producción de materia seca de malezas presento efectos significativos para especie (P=0,0001), así como en la interacción nivel de riego por especie (P=0,006). El efecto nivel de riego presentó tendencia (P=0,06). En el Cuadro 5 se observa la producción de materia seca de malezas según especie y nivel de riego.

Cuadro 2. Respuesta promedio al manejo de agua en producción de materia seca de láminas (MSL) y materia seca total (MST).

Manejos	MSL (kg/ha)	MST (kg/ha)
M1	11084 A	13274 A
M2	9704 AB	11423 AB
M3	8083 B	9989 B

Cuadro 3. Producción de materia seca de total (kg ha⁻¹) promedio por manejo de agua según período.

Manejo	- Lluvia	+ Lluvia
M1	7196 A	6063 AB
M2	5638 AB	5784 AB
M3	4404 B	5586 AB

Cuadro 4. Producción de materia seca total (kg/ha⁻¹) promedio por especie según período.

Especie	- Lluvia	+ Lluvia
<i>P. purpureum</i>	12.478 A	13.866 A
<i>P. notatum</i>	4.741 B	4.362 B
<i>P. dilatatum</i>	5.074 B	4.444 B
<i>F. arundinacea</i>	691 C	573 C

Cuadro 5. Producción de materia seca (kg/ha⁻¹) de malezas según especie y manejo del agua.

Especie	M1	M2	M3
<i>P. purpureum</i>	0 C	0 C	0 C
<i>P. notatum</i>	0 C	0 C	23 C
<i>P. dilatatum</i>	549 BC	423 BC	90 C
<i>F. arundinacea</i>	5418 A	5455 A	2376 B

Festuca es la especie que presentó mayor invasión de malezas con riego independientemente del nivel, mostrando diferencias significativas ($P < 0,05$) con el tratamiento de secano y con el resto de las especies. Este mayor enmalezamiento se lo atribuye principalmente a la fecha de siembra de agosto que determinó que al inicio del período de evaluación las plantas presentarían un pobre desarrollo, dejando espacios libres en las parcelas, aprovechados por las malezas en su mayoría gramíneas C4 como, *Cynodon dactylon*, *Eragrostis lugens*, *Setaria geniculata* y *Sporobolus indicus*. Por otro lado, los tratamientos bajo riego se vieron más enmalezados que secanos, dado por mejores condiciones para el crecimiento de malezas estivales, espacio, disponibilidad de agua y fertilización nitrogenada. Formoso (2010), en experimentos realizados con riego de *Festuca arundinacea*, encontró que el 16 % de los tratamientos bajo riego produjeron menos forraje que los tratamientos en secano durante las estaciones posteriores a la irrigación, debido principalmente a una mayor infestación de malezas gramíneas estivales que comprometerían la persistencia de la pastura. Por otro lado, Lowe y Bowdler (1984), evaluando distintas especies, encontraron que, aunque la Festuca fue la gramínea templada que alcanzó mayor rendimiento, su persistencia se vio comprometida por competencia con malezas,

con leguminosas, enfermedades y deficiencias de fertilidad.

El enmalezamiento en los tratamientos con riego de *Paspalum dilatatum* no difieren significativamente con Festuca en secano. Por su parte *Pennisetum purpureum* debido a su mayor porte, que mantiene sombreados la entrelínea y *Paspalum notatum* dado su hábito de crecimiento estolonífero-rizomatoso, con capacidad de colonizar totalmente la superficie del suelo, no se enmalezaron.

Características estructurales

Otra característica afectada por los tratamientos fue la estructura de la pastura definida por la densidad de macollos y el peso de los mismos.

El número de macollos m⁻² tuvo efecto significativo de los manejos del agua ($P = 0,04$), de la especie ($P = 0,0001$), y de la interacción manejo de agua por especie ($P = 0,04$) (Cuadro 6).

Se observa que la mayor densidad de macollos m⁻² la registraron las especies del género *Paspalum*, sin diferencias entre ellos. La Festuca mostró un comportamiento intermedio para los tratamientos de riego, mientras que el tratamiento de secano presentó el menor número de macollos m⁻², sin diferencias con *Pennisetum purpureum*. La densidad de macollos m⁻² encontrada para Festuca muestra diferencias con la encontrada por

Cuadro 6. Densidad de macollos (macollos m⁻²) según especie y manejo del agua.

Especie	M1	M2	M3
<i>P. purpureum</i>	233 C	232 C	173 C
<i>P. notatum</i>	2760 A	2813 A	2253 A
<i>P. dilatatum</i>	2720 A	2813 A	2613 A
<i>F. arundinacea</i>	1473 B	1166 B	380 C

Machado *et al.* (2002) que registraron valores de entre 2100 y 2500 macollos m⁻² y De Souza y Presno (2013) con densidades de 2942 a 3952 macollos m⁻². La baja densidad obtenida es atribuible a la fecha de siembra tardía que reduce el macollaje, además de someter a las plantas con bajo desarrollo radicular a probables deficiencias hídricas de noviembre y diciembre que comprometerían la sobrevivencia de los macollos.

Hirata y Pakiding (2001) estudiando la dinámica de macollos en *Paspalum notatum* también encontraron poblaciones superiores a las aquí obtenidas reportando valores entre 3819 a 4875 macollos m⁻². Hunt (1979) estudiando los efectos de pisoteo y la altura de defoliación en *Paspalum dilatatum*, observó variaciones de entre 2795 a 3309 macollos m⁻² durante el período estival.

Densidades similares reporta Almeida (1997) estudiando *P. purpureum* cv. Mott con poblaciones de 196 a 273 macollos m⁻² variando con la oferta de forraje.

Gonçalves *et al.* (2010, 2011), registraron que el número de macollos aumenta, conforme aumenta la lámina de agua aplicada. Sostienen además, que las mayores productividades se obtienen con el mayor N^o de macollos, logrado con la mayor cantidad de agua aplicada. Botrel *et al.* (1991), Vitor *et al.* (2009) también observaron que el número de macollos aumenta al aumentar la lámina de agua.

Cuadro 7. Peso promedio (g) de macollos según especie.

Especie	Peso de macollos (g)
<i>P. purpureum</i>	5,25 A
<i>P. dilatatum</i>	0,35 B
<i>P. notatum</i>	0,32 B
<i>F. arundinacea</i>	0,21 B

El peso de los macollos mostró efecto muy significativo únicamente de la especie (P=0,0001). No se encontró efecto del manejo de agua ni de la interacción manejo de agua por especie.

En el Cuadro 7 se aprecia que fue significativa la diferencia en peso de los macollos sólo para la especie *Pennisetum purpureum*, el resto de las especies no mostró diferencias. Estos resultados son coherentes con la morfología de las plantas, donde el pasto elefante es una especie de mayor porte, y por lo tanto, de macollos más pesados. Datos similares fueron publicados por Setelich (1999), estudiando la respuesta del cultivar Mott al agregado de nitrógeno. Indicó que con el agregado de 205 kg ha⁻¹ de N el peso de macollo en marzo fue de 6,53 g, variando los pesos en esta fecha entre 4,92 g y 9,21 g según las dosis de N utilizadas.

Cornaglia *et al.* (2010) trabajando con 3 cultivares de *Paspalum dilatatum* encontró una variabilidad en el peso de macollo de entre 0,1 g y 0,3 g, dependiendo la misma fundamentalmente de la variedad. Menciona que la variedad de mayor porte fue la que obtuvo mayores pesos de macollos independientemente de las condiciones hídricas. Hirata y Pakiding (2002) encontraron en *Paspalum notatum* un rango de pesos de macollos algo inferiores, variando entre 0,07 g y 2,57 g por macollo.

En *Festuca arundinacea* los pesos de macollos también tienen un amplio rango de variación, Faber (2012) reporta pesos que variaron entre 0,09 g hasta 0,265 g por macollo.

La variación que se observa tanto en número como en peso de macollos es propia de las especies forrajeras con gran capacidad de adaptación diferentes ambientes.

Período 2011 - 2012**Producción de Materia Seca**

El análisis de la producción (kg ha⁻¹) de materia seca de lámina (MSL), materia seca de tallo (MS tallo) y materia seca total (MST) mostro efectos significativos para el factor especie (P=0,003) y a manejos de agua la MSL (P<0,1). Los resultados obtenidos muestran similar tendencia que en el período 2010-2011, siendo *Pennisetum purpureum* la especie de mayor producción en el total del período, duplicando la producción de las especies de *Paspalum* que presentaron producciones intermedias sin diferencias significativas entre estas. La menor producción fue de *F.arundinacea*, que acarrea en este período las limitantes de la fecha de siembra tardía.

Según Fernandes y Rossiello, citados por Mota *et al.* (2010) la mayor producción de las gramíneas C4 se da por su mayor capacidad fotosintética, mayor eficiencia en el uso del agua y su alta respuesta a la fertilización nitrogenada, determinando altas tasas de crecimiento. Sumado a esto, el alto grado de enmalezamiento estival con especies de gramíneas C4 explican la baja produc-

ción de *Festuca* presentada en este trabajo.

Para la producción de láminas se mantiene el orden como se aprecia en el Cuadro 8, *P.purpureum* presentó la mayor producción de lámina, difiriendo significativamente de las demás especies; *P.notatum* y *P.dilatatum* presentaron un comportamiento intermedio, mientras que *F.arundinacea* presentó una producción significativamente menor.

En producción de tallo *P.notatum* y *P.dilatatum* presentaron producciones significativamente mayores que *P.purpureum* y *F.arundinacea*, las cuales no difirieron significativamente. Esto es esperable debido al ciclo de floración de estas especies, que incrementan la floración hacia mediados y finales de verano, mientras que *Festuca* se mantiene en estado vegetativo.

En el Cuadro 9 se presentan las producciones por especie y manejos de agua, donde se aprecia similar comportamiento que en el primer año de evaluación. El manejo de agua M1 presenta producciones medias superiores (P<0,10) a secano (M3), mientras los rendimientos de M2 son intermedios.

Cuadro 8. Producción de materia seca en kg ha⁻¹ de MSL, MS tallo y MST según especie.

Especie	MSL	MS tallo	MST
<i>P.purpureum</i>	9711 A	589 B	10300 A
<i>P.dilatatum</i>	2488 B	1879 A	4367 B
<i>P.notatum</i>	3291 B	1728 A	5025 B
<i>F.arundinacea</i>	1417 C	552 B	1970 C

Letras diferentes dentro de la columna representan diferencias significativas (P<0,05).

Cuadro 9. Producción de materia seca de láminas (kg ha⁻¹) por especie y por manejo de agua.

Manejo	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Paspalum notatum</i>	<i>Paspalum dilatatum</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	Media
M1	12945	5342	4313	2496	6274 A
M2	11167	6088	3380	2185	5705 AB
M3	5137	4761	5426	185	3877 B
Media	9749 a	5397 b	4373 bc	1622 c	

Letras mayúsculas indican diferencias significativas (P<0,05), Letras minúsculas indican diferencias significativas (P<0,10).

Al estudiar las producciones entre períodos diferentes de lluvias, se detectan efectos significativos para especie, tanto para producción de lámina (MSL) ($P < 0,001$), producción de tallo (MS tallo) ($P = 0,005$) y en producción total (MST) ($P < 0,001$).

En el Cuadro 10 se observa que la mayor producción de MST la presenta *P.purpureum* en el periodo lluvioso, seguido por las especies de *Paspalum* en periodo lluvioso sin diferenciarse de los rendimientos de *P. purpureum* en el período de menor lluvia. Si bien *F. arundinacea* presenta el menor rendimiento no difiere de los obtenidos por las especies de *Paspalum* en el período de menos lluvia. Las especies *P.notatum* y *P. dilatatum* tienen un peso de materia seca intermedio entre *F. arundinacea* y *P. purpureum*.

En relación a la producción de láminas se aprecia que independiente del período *P. purpureum* es la especie que más produce, registrando el mayor rendimiento en el periodo de más lluvia, mientras que *F. arundinacea* presenta la menor producción y *P. notatum* y *P. dilatatum* presentan producciones intermedias.

La producción de tallo es mayor en el período de más lluvia y particularmente para las especies de *Paspalum*, debido

que en este período ya está avanzada la floración de estas especies (Cuadro 11).

El grado de enmalezamiento medido a través de la producción de malezas, fue muy significativo a nivel de especie ($P < 0,001$). Las malezas que aparecieron con más frecuencia fueron: *Conyza bonariensis*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus eragrostis*, *Setaria geniculata*, *Sida rhombifolia* y *Sporobolus indicus*, todas de ciclo de producción estival.

Los resultados del Cuadro 10 ilustran la baja participación de *F. arundinacea* a la materia seca total, a la cual contribuye con un 55 %. El alto grado y tipo de enmalezamiento que presentó esta especie, con respecto a las especies tropicales y subtropicales, explican las bajas tasas de crecimiento y producción total. Se trata de una especie de baja capacidad competitiva frente a especies estivales en condiciones de alta temperatura y disponibilidad hídrica. Contrariamente, *P.purpureum* presenta los menores valores de enmalezamiento dado su porte alto y el sombreado que genera, impidiendo el desarrollo de malezas. Según Pizarro (2002) *P. dilatatum* sería una especie buena competidora dada su capacidad alelopática así como *P. notatum* es una especie que resiste la invasión de malezas dada la estructura densa y ce-

Cuadro 10. Producción (kg ha⁻¹) de MSL, MS tallo y MST por período promedio por especie.

Período	Especie	MST	MSL	MS tallo
- Lluvia	<i>P. purpureum</i>	2764 BC	2764 B	0
	<i>P. dilatatum</i>	1128 D	919 DE	209 CD
	<i>P. notatum</i>	1771 CD	1052 DE	718 BC
	<i>F. arundinacea</i>	689 D	629 E	124 CD
+ Lluvia	<i>P. purpureum</i>	7537 A	6947 A	589 BCD
	<i>P. dilatatum</i>	3239 B	1570 CD	1669 A
	<i>P. notatum</i>	3255 B	2239 BC	1010 AB
	<i>F. arundinacea</i>	1281 D	788 DE	511 BCD

Cuadro 11. Enmalezamiento expresado en kg ha⁻¹ de MS de malezas según especie.

Especie	kg/ha de MS de malezas	% del total acumulado
<i>F. arundinacea</i>	1578 A	45
<i>P. dilatatum</i>	406 B	8,5
<i>P. notatum</i>	222 B	4,2
<i>P. purpureum</i>	47 B	0,45

rada de la pastura (Burson y Watson, 1995).

Características estructurales

Se presenta el análisis de las características estructurales densidad de macollos y peso de los mismos.

En el Cuadro 12 se presenta la densidad de macollos.m⁻², el cual fue significativo para la interacción manejo de agua por especie (P=0,007).

La mayor densidad de macollos la presentó *P. notatum*, en todos los niveles de agua, seguido de *P. dilatatum*, y las de menor población fueron para *F. arundinacea* y *P. purpureum*. Para el caso de *P. notatum* no hay diferencias significativas entre los manejos de agua, logrando la mayor población en el manejo de agua M2, mientras que en *P. dilatatum* la densidad fue decreciente con el nivel de agua, sin presentar diferencias significativas.

En el caso de *F. arundinacea* no son diferentes estadísticamente la población en los manejo de agua M1 y M2, siendo significativamente mayores que en el tratamiento M3, lo que muestra una respuesta positiva del riego sobre la densidad de macollos.

Las menores densidades fueron determinadas en *P. purpureum* que no presentó comportamiento diferencial estadísticamente entre los distintos manejos del agua.

Comparando los resultados con los del año anterior se puede observar en el Cuadro 13 la disminución que hubo en la

población de macollas entre el primer y segundo año evaluado.

Comparando con los resultados del primer año, se registra una disminución poblacional para todas las especies en el segundo año. La especie mayormente afectada fue *F. arundinacea* para el nivel de riego M2, y la menos afectada *P. purpureum* nivel de riego M1. Se observa que de los doce tratamientos, cinco perdieron más del 50 % de la población de un año para otro.

Esta disminución en la población de macollos es probablemente el factor de mayor peso que explica la disminución en la producción total de materia seca del segundo año.

Si bien los factores que afectan el macollaje son diversos, se cree que probablemente los factores de mayor repercusión hayan sido las bajas temperaturas ocurridas en el invierno del 2011 que pudo determinar la muerte de los mismos y al estrés hídrico que puede afectar negativamente la tasa de macollaje y acelerar la muerte de hojas y macollos.

Por otro lado el peso de las macollas no fue afectado por el manejo del agua, detectándose diferencias significativas (P<0,001) entre las especies.

La especie que presentó mayor peso promedio de macollos fue *P.purpureum* difiriendo estadísticamente del resto de las especies. Esto se debe a que es una especie de mayor porte con mayores tamaños de hoja, posee menor número de macollos pero de mayor peso. Para el caso de *F.arundinacea*, si bien el peso promedio de macollos es considerable-

Cuadro 12. Población de macollos.m² según especie y manejo de agua.

	<i>P. purpureum</i>	<i>P. notatum</i>	<i>P. dilatatum</i>	<i>F. arundinacea</i>
M1	58 D	1397 AB	743 C	677 C
M2	72 D	1597 A	990 BC	903 BC
M3	87 D	1440 AB	1020 BC	130 D

Cuadro 13. Disminución de la población de macollos entre el primer y segundo año, expresado en porcentaje.

	<i>P. purpureum</i>	<i>P. notatum</i>	<i>P. dilatatum</i>	<i>F. arundinacea</i>
M1	25	51	27	46
M2	31	57	35	77
M3	50	64	39	34

Cuadro 14. Peso promedio por macollo (g) según especie.

Especie	Peso por macolla(g)
<i>P.purpureum</i>	16 A
<i>P.dilatatum</i>	0,533 B
<i>P.notaum</i>	0,403 B
<i>F.arundinacea</i>	0,001 B

mente inferior al de *P.dilatatum* y *P.notaum*, no difiere estadísticamente con éstas debido a la amplia variabilidad de los datos.

Comparando los datos obtenidos durante el período evaluado con la bibliografía revisada, se observa una baja densidad de macollos para todas las especies evaluadas. Esto afirma que hubo algún factor perjudicial para las especies durante el invierno (bajas temperaturas y/o heladas), que provocaron una reducción en la densidad de macollas. Esto sumado al déficit hídrico ocurrido en el período de menor lluvia, provocó los bajos rendimientos obtenidos en el período evaluado, no pudiendo concretar las producciones esperadas.

Los datos obtenidos en el primer año de evaluación muestran menor peso por macollo asociado a mayores densidades, lo cual está de acuerdo con Grant *et al.* (1981), que establece que existe una relación inversa entre la densidad y el tamaño de macollos.

Igualmente, a pesar de haber obtenido mayores pesos de macollos debido a una menor densidad, esta no pudo compensar la producción y lograr rendimientos próximos al primer año.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los dos años de estudios permiten concluir sobre el mayor potencial de producción de forraje de láminas foliares que presentó la especie tropical (Cuadro 15).

La producción promedio de *P. purpureum* representa una tasa diaria de crecimiento de 120 kg ha⁻¹ de materia seca de láminas por encima de una remanente de 0,40 m, lo cual representaría la dieta diaria de 12 novillos con ganancias de 1kg/animal/día⁻¹ (Almeida, 1997).

El efecto del riego muestra una superioridad ($P < 0,10$) de los rendimientos de los tratamientos regados frente a secano y muestra diferencias entre los manejos de agua. Las diferencias entre M1 y secano, representan un incremento diario de 13,4 kg/ha⁻¹ de materia seca de láminas foliares, en la producción de forraje estival.

Las respuestas obtenidas concuerdan con reportes de la bibliografía donde las gramíneas tropicales rinden más que las subtropicales y la producción de *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum* incrementan sus rendimientos por riego sobre el rendimiento de secano en menos del 60 % (Mas, 2007; Mansfield *et al.*, 1990).

Por otro, lado Festuca presenta una alta respuesta al riego coincidiendo con lo reportado por Formoso (2000).

En resumen podemos decir que el nivel de producción de las especies se asoció a los diferentes metabolismos fotosintéticos y al origen de las mismas, siendo mayor en la especie tropical, in-

Cuadro 15. Producción promedio (kg/ha⁻¹) de materia seca de láminas según especie y manejos de agua.

Manejos	Especies				Media
	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Paspalum notatum</i>	<i>Paspalum dilatatum</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	
M1	20248	4646	4157	2854	7976 A
M2	19083	4743	3568	1675	7267 B
M3	15636	4052	3808	353	5962C
Media	18322 a	4480 b	3844 b	1627 c	7068

termedio en las subtropicales y menor en la templada.

Por lo que el uso de especies forrajeras tropicales permitiría aprovechar el potencial ambiental de verano para la producción de forraje de calidad, tanto en seco como bajo riego, siendo necesario aumentar la base de información hacia otras especies disponibles en el mercado.

El uso del riego permitió incrementar la producción de forraje, siendo su efecto significativo en los períodos de menor pluviosidad. Con máximo nivel de riego se maximizaron las producciones de materia seca en todo el período y para todas las especies evaluadas

La producción de la fracción lámina fue modificada por los manejos de agua.

Los manejos de agua no afectaron la población de macollas de las especies C4, ni el peso de las macollas en ninguna especie.

La reducción en la población de macollas no pudo ser compensada por el aumento de peso de las mismas, determinando la reducción en la producción del segundo año.

En los tratamientos de riego asociados a niveles altos de fertilización nitrogenada, se promovió el aumento de las malezas de ciclo estival.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M.** 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO. 300p. (Irrigations and Drainage; 56).
- ALMEIDA, E. X.** 1997. Oferta de forragem de capim elefante anão (*Pennisetum purpureum* Scum. Cv. Mott), dinamica da pastagem e sua relação com o rendimento animal no alto vale do itajai, Santa Catarina. Tesis de Posgrado. Porto Alegre, Brasil. Universidad Federal do Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomia. 112 p.
- ALTAMIRANO, A.; DA SILVA, H.; ECHEVERRÍA, A.; PANARIO, D.; PUENTES, R.** 1976. Clasificación de suelos del Uruguay. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
- ALVIM, M.J.; DE ANDRADE, M.; NOVELLY, P.E.** 1986. Produção de gramíneas tropicais e temperadas, irrigadas na época seca. Revista Brasileira de Zootecnia. 15 (5): 384-392.
- BAETHGEN, W.E.; TERRA, R.** 2010. El riego en un clima cambiante. In: Primer Seminario Internacional, Paysandú, Uruguay. Potencial del Riego Extensivo en Cultivos y Pasturas. INIA, Montevideo, Uruguay. 208 p.
- BEMHAJA, M.** 2000. Pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) INIA Lambaré. Montevideo, INIA. 14 p. (Boletín de Divulgación no. 72).
- BERGOTTINI, J.G.; DE ALENCAR, C.A.; RIBEIRO, E.G.; CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; FERNANDES, A.M.** 2006. Influência da irrigação sobre a disponibilidade, a composição química, a digestibilidade e o consumo dos capins mombaça e napier. Revista Brasileira de Zootecnia. 35 (6): 2381-2387.
- BOSSI, J.** 1969. Geología del Uruguay. Montevideo, Universidad de la República, Departamento de publicaciones. 464 p.
- BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.** Efeito da irrigação sobre algumas características agronômicas de cultivares de capim-elefante. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.26, n.10, p.1731-1736, 1991.
- BURSON, B. L.; WATSON, V. H.** 1995. Bahiagrass, Dallisgrass, and other Paspalum species. In: Burson, B. L.; Watson, V. H. eds. Forages; an introduction to grassland agriculture. 5th. ed. Ames, Iowa, Iowa State University. v.1, pp. 431-462
- CASTAÑO, J.P.; GIMÉNEZ, A.; CERONI, M.; FUREST, J.; AUNCHAYNA, R.** 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. INIA. Serie Técnica N° 193. Montevideo.
- COOPER, J. P.; TAITON, N. M.** 1986. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperature grasses. Herbage Abstracts. 38(3):167-176.
- CORNAGLIA, P.S.; COUSO, L.L.; FERNANDEZ, R.J.; GATTI, M.L.; SCHRAUF, G.E.** 2010. Are more productive varieties of *Paspalum dilatatum* less tolerant to draught? Grass and Forage Science. 65: 296-303.

- MANSFIELD, C.W.; MISLEVY, P.; HAMMOND, L.C.** 1990. Yield and nutritive value of forages grown under irrigated and nonirrigated conditions. *Tropical Grasslands*. 24: 55-60.
- MOLFINO, J. H.; CALIFRA, A.** 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay; segunda aproximación. Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. División Suelos y Aguas. Dirección General de Recursos Naturales Renovables Uruguay. 13 p.
- MOTA, V. J.; DOS REIS, S. T.; JUNQUEIRA DE SALES, E. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; GONÇALVES DE OLIVEIRA, F.; WALKER, S. F.; MARTINS, C. E.; CÔSER, A. C.** 2010. Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39(6):1191-1199.
- _____.; **ROCHA JUNIOR, V. R.; REIS, S. T.; SALES, E. C. J.; OLIVEIRA, F. G.; GOMES, V. M.; MARTINS, C. E.; COSER, A. C.** 2011. Laminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período chuvoso no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal (Salvador)*. 12(4): 908-922.
- SANTIÑAQUE, F.; CARAMBULA, M.** 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. *Investigaciones agronómicas*. 2. Centro de Investigaciones Agrícolas «Alberto Boerger», Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo. UY. 1981. 16-21.
- SAWCHIK, J.; MAS, C.; PÉREZ GOMAR, E.; BERMUDEZ, R.; PRAVIA, V.; GIORELLO, D.; AYALA, W.** 2010. Riego suplementario en pasturas: antecedentes de investigación nacional. In. *Potencial del riego extensivo en cultivos y pasturas*. 1er Seminario internacional. Paysandú, Uruguay.
- SETELICH, E.A.** 1999. Resposta à adubação nitrogenada de capim elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott), sob pastejo no alto do Itajai, Santa Catarina. Tese Doutorado em Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 104 p.
- PIZZARO, E.** 2002. Potencial forrajero del genero *Paspalum*. *Pasturas Tropicales*. 22 (1): 38-46.
- VITOR, C.M.T.; FONSECA, D.M.; COSER, A.C.** 2009. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.435-442.