

1 Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
2 Universidad Nacional de La Plata



5

6 Trabajo final

7

8 **Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo**
9 **sobre la acumulación de biomasa de pasturas de**
10 ***Panicum coloratum* implantadas sobre suelos**
11 **hidro-halomórficos de la Pampa Deprimida.**

12

13

14

15 **Alumno:** Insausti, Mariano

16 **Legajo:** 25988/2

17 **DNI:** 34369873

18 **Correo electrónico:** mariano1703@hotmail.com

19 **Teléfono:** 02241-15-497096

20 **Director:** Otondo, José

21 **Codirector:** Heguy, Bárbara

22 **Fecha de presentación:** Abril, 2016

23 **Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la**
24 **acumulación de biomasa de pasturas de *Panicum coloratum***
25 **implantadas sobre suelos hidro-halomórficos de la Pampa**
26 **Deprimida.**
27

28 **RESUMEN**

29 La Pampa Deprimida es una región con un alto porcentaje de suelos con
30 características de hidro-halomorfismo donde la principal actividad es la ganadería. Se han
31 incorporado a estos ambientes especies megatérmicas con capacidad de adaptarse a la
32 salinidad y a anegamientos temporarios. El objetivo de este trabajo es observar el
33 comportamiento productivo de *Panicum coloratum* L. "Mijo perenne" ante diferentes dosis
34 y combinaciones de nitrógeno y fósforo en dos ambientes hidro-halomórficos de la Pampa
35 Deprimida. La especie mencionada se implantó en el año 2009 en parcelas con pH>9; CE
36 1-3 y PSI>17. En noviembre de 2012, se estableció un diseño experimental en parcelas
37 subdivididas, tomando cómo parcela principal al tratamiento sitio, sub parcela al
38 tratamiento fosforo (P) y sub-sub-parcela al tratamiento nitrógeno (N). Se establecieron,
39 con un diseño completamente aleatorizado, nueve tratamientos, con tres repeticiones, con
40 diferentes dosis de nitrógeno (0-50-100 kg/Ha), fósforo (0-25-50 kg/Ha) y sus
41 combinaciones. Se realizaron tres cortes entre enero de 2013 y febrero de 2014, el
42 material se secó en estufa a 60°C para determinar materia seca. Previo a los cortes se
43 realizaron censos florísticos y se estimó el porcentaje de cobertura, suelo desnudo y
44 broza. Los datos se analizaron mediante ANVA, y para el cálculo de las diferencias
45 mínimas entre medias se utilizó el test de Tukey ($p<0.05$). Los resultados evidencian que
46 la fertilización, de una pastura de *Panicum coloratum* sobre un suelo halomórfico de la

47 Pampa Deprimida incrementa la cobertura total del suelo como la acumulación total de
48 biomasa. Por otro lado, no se observaron diferencias entre sitios, posiblemente debido a
49 que las características edáficas y las precipitaciones fueron similares. La fertilización de
50 una pastura de *Panicum coloratum* sobre un suelo halomórfico puede considerarse una
51 alternativa promisorio pero es necesario tener en cuenta lo complejo de estos sitios.

52	ÍNDICE GENERAL	
53		
54	RESUMEN.....	2
55	ÍNDICE GENERAL.....	4
56	ÍNDICE DE TABLAS.....	5
57	ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
58	INTRODUCCIÓN:.....	7
59	MATERIALES Y MÉTODOS:	10
60	Variables funcionales.....	11
61	<i>Biomasa Acumulada</i>	11
62	Variables estructurales.....	12
63	<i>Cobertura</i>	12
64	Características edáficas.....	12
65	RESULTADOS.....	12
66	Variables estructurales y funcionales.....	12
67	Biomasa aérea total.....	12
68	Cobertura y biomasa acumulada por estaciones.....	13
69	• <i>Primavera-verano 1</i>	13
70	• <i>Otoño-invierno 1</i>	15
71	• <i>Primavera-verano 2</i>	17
72	DISCUSIÓN.....	19
73	CONCLUSIONES.....	21
74	BIBLIOGRAFÍA:.....	23
75		
76		

77 **ÍNDICE DE TABLAS**

78 Tabla 1. Tratamientos de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y sus combinaciones..... 10

79 Tabla 2. Propiedades químicas del suelo (materia orgánica, fósforo, pH, conductividad

80 eléctrica y porcentaje de sodio intercambiable) y llluvias en General Belgrano (GB) y Punta

81 Indio (PI) durante el período evaluado. 12

82 Tabla 3. Porcentaje de Cobertura total y por grupos florísticos para las distintas dosis de N

83 y P y la estación primavera-verano1. 14

84 Tabla 4. Porcentaje de Cobertura total y por grupos florísticos para las distintas dosis de N

85 y P y la estación otoño-invierno 1 16

86 Tabla 5. Porcentaje de Cobertura total y por grupos florísticos para las distintas dosis de N

87 y P y la estación primavera-verano 2. 18

88 **ÍNDICE DE FIGURAS**

89 Figura 1. Biomasa acumulada ($\text{kgMs}\cdot\text{ha}^{-1}$) de *Panicum Coloratum* para el nutriente
90 nitrógeno (N) (a) y para el nutriente fósforo (P) (b). Letras diferentes señalan diferencias
91 significativas ($p<0,05$)..... 13

92 Figura 2. Biomasa acumulada ($\text{kgMs}\cdot\text{ha}^{-1}$) con tres dosis de nitrógeno (N0, N50, N100) (a)
93 y fósforo (P0, P25, P50) (b) en la primavera-verano 1 (P-V 1). Letras diferentes señalan
94 diferencias significativas ($p<0,05$)..... 15

95 Figura 3. Biomasa acumulada ($\text{kgMs}\cdot\text{ha}^{-1}$) con tres dosis de nitrógeno (N0, N50, N100)
96 (a) y fósforo (P0, P25, P50) (b) en el otoño-invierno1 (O-I 1). Letras diferentes señalan
97 diferencias significativas ($p<0,05$)..... 17

98 Figura 4. Biomasa acumulada ($\text{kgMs}\cdot\text{ha}^{-1}$) con tres dosis de nitrógeno (N0, N50, N100)
99 (a) y fósforo (P0, P25, P50) (b) en la primavera-verano 2 (P-V 2). Letras diferentes
100 señalan diferencias significativas ($p<0,05$)..... 18

101 **INTRODUCCIÓN:**

102 La Pampa Deprimida cubre una extensa región de la provincia de Buenos Aires,
103 de aproximadamente seis millones de hectáreas, cuya actividad principal es la cría de
104 ganado vacuno (Soriano, 1991). Más del 60% de la Pampa Deprimida se encuentra
105 afectada por excesos de agua, junto con exceso de sales y sodio intercambiable
106 (Taboada et al., 2007). Los suelos poseen textura franca a franca fina y presentan en
107 profundidad un horizonte arcilloso sódico poco permeable (horizonte nátrico), sobre el
108 cual se acumula el agua de lluvia que ocasiona la mayoría de las inundaciones (Taboada
109 et al., 2007). Los Grandes Grupos de Natracuoles y Natracualfes predominan en la región,
110 seguidos por Natralboles y Argialboles, encontrando también en las zonas altas
111 Argiudoles y Hapludoles. Presenta un régimen hídrico isohigro, con pequeñas diferencias
112 entre estaciones y su precipitación media anual es de 1050 ± 263 mm. (INTA GOT Salado
113 Norte). La formación vegetal predominante en la Pampa Deprimida es el pastizal natural
114 (Batista et al., 2005). A pesar de su aspecto monótono, una observación detallada permite
115 comprobar que, en realidad, dichos pastizales comprenden un mosaico de comunidades
116 vegetales (Burkart et al., 1990), con una gran diversidad de plantas nativas y exóticas
117 (Perelman et al., 2001; Chaneton et al., 2002), donde alternan estepas y praderas
118 gramíneas con diferente cobertura y altura de pastos, hierbas y pequeños arbustos
119 (Batista et al., 2005). Es así que Burkart y colaboradores (2005) realizaron una
120 clasificación de las comunidades vegetales asociadas a posiciones en el relieve: la
121 pradera de mesófitas (GUV I), la pradera húmeda de mesófitas (GUV II), la pradera de
122 hidrófitas (GUV III) y estepa de halófitas (GUV IV).

123 La estepa de halófitas se encuentra fuertemente vinculada a suelos con altos
124 niveles de salinidad y sodicidad (halomórficos) desde la superficie o muy cerca de la
125 superficie, usualmente asociada a áreas planas, tendidas, a pequeños manchones y

126 anillos ubicados en torno a ambientes húmedos (Burkart et al., 2005). Esta comunidad
127 ocuparía aproximadamente el 16% de la Pampa Deprimida (Burkart et al., 2005)
128 alcanzando las 960.000 hectáreas. Los rasgos más comunes son la alta dominancia de
129 especies del género *Distichlis*, y en los extremos más salinos-sódicos, la dominancia de
130 especies de los géneros *Spartina* y *Salicornia*. Las especies acompañantes más
131 frecuentes son *Sporobolus pyramidatus*, *Hordeum stenostachys*, *Puccinellia glaucescens*,
132 *Pappohorum mucronulatum*, *Spergula* sp., *Lepidium* sp., *Acicarpa procumbens*,
133 *Heliotropium curassavicum* y *Limonium brasiliense* (Burkart et al., 2005). Su producción es
134 marcadamente estival y la producción anual no supera los 2100 kgMs.ha⁻¹.año⁻¹ (Hidalgo
135 y Cauhepé, 1991; Batista et al., 2005). Se trata de ambientes frágiles donde la roturación
136 del suelo resulta particularmente detrimental para la estructura y el funcionamiento del
137 pastizal (Ansín et al., 2000).

138 La ganadería vacuna argentina ha visto reducida su superficie a causa de la
139 importante expansión de la agricultura (Rearte, 2007). Este incremento tuvo obviamente al
140 cultivo de soja como principal protagonista (Rearte, 2007). A pesar de ello, según datos
141 del SENASA el stock ganadero no ha sufrido grandes cambios a lo largo de los últimos
142 años. Esto se pudo lograr debido al desplazamiento de la ganadería a regiones
143 extrapampeanas (Rearte, 2007) y dentro de la región Pampeana a suelos de menor
144 calidad, tanto a nivel regional (Pampa Deprimida) como a nivel predial (suelos clase V o
145 VI). Frente a este panorama, los productores deben trabajar más eficientemente y lograr
146 mayor receptividad de los recursos forrajeros (Rearte, 2011). Surge entonces la
147 necesidad de encontrar alternativas tecnológicas que permitan sostener el aumento de la
148 carga animal en zonas donde no es viable la agricultura. Una de estas alternativas es
149 mejorar la cantidad y calidad de forraje, en particular en las áreas con pastizales menos

150 productivos. Uno de estos escenarios con potencial para mejorar son las estepas de
151 halófitas o bajos alcalinos-sódicos (Otondo et al., 2008).

152 En la última década se han introducido en la Pampa Deprimida dos especies
153 forrajeras megatérmicas exóticas, *Panicum coloratum* L. o “Mijo perenne” y *Chloris*
154 *gayana* Kunth o “Grama rhodes” (Otondo et al., 2008). Estas especies sembradas en
155 suelos hidro-halomórficos de la Pampa Deprimida han reportado valores cercanos a los
156 5000 kgMs.ha⁻¹.año⁻¹ (Pérez et al., 2007, Otondo, 2011). Ambas especies se siembran en
157 primavera y el éxito de su implantación depende fuertemente de la humedad edáfica tanto
158 al momento de la siembra como luego de la misma (Otondo, com. Pers.). Estudios
159 realizados a campo han demostrado que *Panicum coloratum* posee una mejor adaptación
160 a las condiciones de hidro-halomorfismo zonal, persistiendo luego de eventos de estrés
161 como bajas temperaturas, sequías y encharcamientos, mientras que *Chloris gayana* se ve
162 severamente afectada (Otondo et al, 2013).

163 Es conocida la respuesta positiva de *Panicum coloratum* a la aplicación de
164 fertilizantes en otras regiones del país y en otros ambientes tal como lo muestran Ferri y
165 Jouve (2007) donde la acumulación de materia seca fue mayor al incrementar la dosis de
166 nitrógeno en un trabajo realizado en La Pampa. También se ha estudiado la respuesta
167 positiva que presenta esta especie a la fertilización nitrogenada en otros países
168 (Rudmann et al, 2001). Pero no existe información que cuantifique la respuesta de esta
169 especie al agregado de nutrientes (nitrógeno y fósforo) mediante la fertilización, en suelos
170 con problemas de hidro-halomorfismo.

171 En el presente trabajo se plantea la siguiente hipótesis:

- 172 • La aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados sobre una pastura de
173 *Panicum coloratum* implantada en un suelo hidro-halomórfico modifica la
174 acumulación de biomasa.

175 Los objetivos que se plantean son:

- 176 • Estimar la acumulación de biomasa de *Panicum coloratum* en suelos halomórficos
177 frente a diferentes dosis y combinaciones de nitrógeno y fósforo.
- 178 • Estimar la cobertura vegetal de una estepa de halófitas con *Panicum coloratum*
179 implantado y fertilizada con diferentes dosis y combinaciones de nitrógeno y
180 fósforo.
- 181 • Comparar el comportamiento de la especie en dos ambientes hidro-halomórficos
182 de la Pampa Deprimida.

183

184 **MATERIALES Y MÉTODOS:**

185 Se trabajó en dos sitios de la Pampa Deprimida que poseían una pastura de
186 *Panicum coloratum* implantada durante la primavera del año 2009 y cuyo stand de matas
187 y cobertura total era similar. Los mismos fueron:

188 Sitio 1: Establecimiento La Larga, partido de Punta Indio.

189 Sitio 2: Establecimiento Santo Tomás, partido de General Belgrano.

190 Se llevaron a cabo nueve tratamientos, con tres repeticiones, con diferentes dosis
191 de fertilizante nitrogenado, fosforado y sus combinaciones de acuerdo al siguiente detalle
192 (Tabla 1):

193

194 **Tabla 1.** Tratamientos de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y sus combinaciones.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N-P	0 – 0	50 -0	100-0	0-25	0-50	50-25	50-50	100-25	100-50

195

196 El diseño experimental fue en parcelas subdivididas, tomando cómo parcela
197 principal al tratamiento sitio, sub parcela al tratamiento fosforo (P) y sub-sub-parcela al

198 tratamiento nitrógeno (N). Los datos Biomasa acumulada y cobertura vegetal se
199 analizaron mediante ANVA, y para el cálculo de las diferencias mínimas entre medias de
200 tratamientos se utilizó el test de Tukey ($p < 0.05$). Para realizar el análisis estadístico de los
201 datos de cobertura, los cuales presentaban distribución binomial, se aplicaron
202 transformaciones angulares o arcoseno. Todos los análisis se hicieron utilizando el
203 paquete estadístico InfoStat (Infostat, 2007).

204 Los tratamientos se aplicaron la primera semana de noviembre de 2012. Cada
205 parcela tenía una dimensión de 10 m de largo y 2 m de ancho, y previo a la aplicación de
206 los tratamientos fueron cortadas a 7 cm de altura a modo de enrase. En el caso de las
207 dosis más altas de N, se aplicaron divididas, mitad en noviembre y mitad en enero de
208 2013 sobre toda la parcela. El diseño a campo permitió que las dosis de N estuviesen
209 suficientemente separadas en el espacio, como para evitar contaminación de parcelas por
210 movimiento de este nutriente.

211

212 **Variables funcionales**

213 *Biomasa Acumulada*

214 La biomasa acumulada se evaluó a través de cortes a 7 cm de altura de los 10 m²
215 centrales de la parcela. Se realizaron en enero de 2013 para contabilizar el crecimiento
216 primavero-estival del primer año (PV1), a mediados de noviembre de 2013 para el
217 crecimiento otoño-invernal (OI1), y nuevamente en febrero de 2014 para calcular el
218 crecimiento primavero-estival del segundo año (PV2). Se pesó el material para determinar
219 kgMV.ha⁻¹ y se tomó una alícuota, se llevó a estufa a 60°C hasta peso constante para
220 determinar kgMs.ha⁻¹.

221 **Variables estructurales**

222 *Cobertura*

223 Se estimó antes de cada corte el porcentaje de cobertura. Para ello se utilizó la
224 metodología para censos florísticos de Braun-Blanquet (1950) definiendo tres estaciones
225 fijas por parcela. A su vez se sub-dividieron las especies vegetales en diferentes grupos
226 florísticos que fueron: C3 anuales, C3 perennes, C4 anuales, C4 perennes, latifoliadas,
227 leguminosas y monocotiledóneas (Jacobbo et al., 2006).

228

229 **Características edáficas**

230 Los datos de análisis de suelo y las precipitaciones registradas durante el periodo
231 experimental fueron provistos por el INTA EEA Cuenca del Salado-CT Cuenca Norte
232 (Tabla 2).

233

234 **Tabla 2.** Propiedades químicas del suelo (materia orgánica, fósforo, pH, conductividad eléctrica y porcentaje
235 de sodio intercambiable) y lluvias en General Belgrano (GB) y Punta Indio (PI) durante el periodo evaluado.

Sitio	M.O. (%)	P (ppm)	pH	C.E.	P.S.I.	Precipitaciones (mm)		
						PV1	OI1	PV2
GB	2,65	3,8	9,7	1,7	58,8	487	781	224
PI	2,3	4,5	9,5	2,18	17,4	561	647	331

236

237 **RESULTADOS**

238 **Variables estructurales y funcionales**

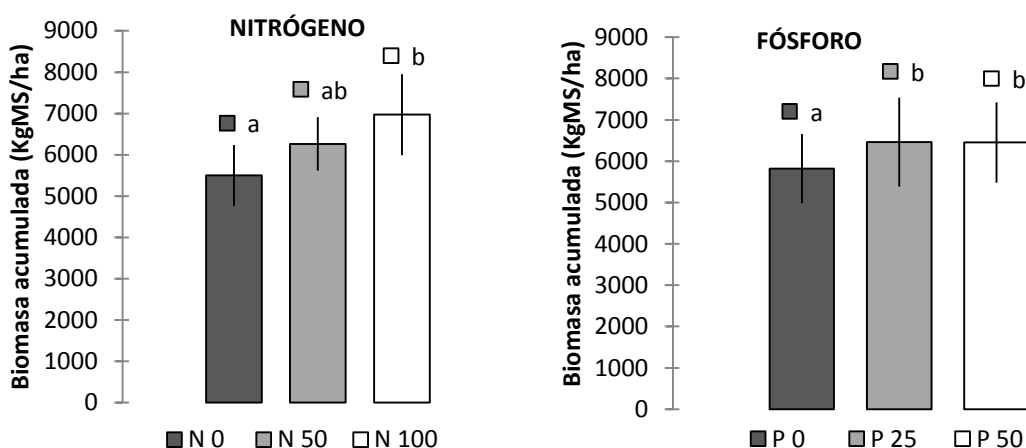
239 *Biomasa aérea total*

240 La biomasa acumulada total no arrojó diferencias significativas para la interacción
241 entre variables. Tampoco se registraron diferencias entre sitios (6296 kgMs.ha⁻¹ y 6194
242 kgMs.ha⁻¹ en Belgrano y Punta Indio respectivamente).

243 Por otro lado, se registraron diferencias significativas en la biomasa acumulada
 244 según el nutriente aplicado. La respuesta a la fertilización con N fue significativamente
 245 mayor con la dosis más alta y se diferenció de la dosis más baja ($p < 0.05$), obteniéndose
 246 valores de $6971 \text{ kgMs.ha}^{-1}$ para N 100 y de $5499 \text{ kgMs.ha}^{-1}$ para N 0 (Figura 1 a).

247 La menor respuesta a la aplicación de fósforo fue con la dosis más baja y se
 248 obtuvo mayor e igual respuesta con las otras dosis, ($p = 0,0047$). La biomasa acumulada
 249 fue de 5821 ; 6462 y $6451 \text{ kgMs.ha}^{-1}$ para P 0, P 25 y P 50 respectivamente (Figura 1 b).

250



251

252 a

b

253 **Figura 1.** Biomasa acumulada (kgMs.ha^{-1}) de *Panicum Coloratum* para el nutriente nitrógeno (N) (a) y para el
 254 nutriente fósforo (P) (b). Letras diferentes señalan diferencias significativas ($p < 0,05$).

255

256 Cobertura y biomasa acumulada por estaciones

- 257 • Primavera-verano 1

258 Para analizar los datos de cobertura vegetal se tuvo en cuenta los grupos de
 259 especies C3 anuales, C3 perennes, C4 perennes, latifoliadas y leguminosas,
 260 descartándose los grupos C4 anuales y monocotiledóneas ya que los mismos en ningún
 261 caso alcanzaban el 1 % de la cobertura total, y no variaron con los distintos tratamientos.

262 Durante la primera estación no se observaron diferencias significativas para la
 263 interacción entre variables. Tampoco se registraron diferencias entre sitios ni para
 264 ninguno de los nutrientes en ninguno de los grupos florísticos (Tabla 3).

265 En esta estación de crecimiento, la cobertura total fue de 56,95 %, siendo el
 266 principal componente de la misma el grupo florístico de especies C4 perennes con un
 267 49,5 % de cobertura total, representado casi en su totalidad por *Panicum coloratum*. El
 268 segundo grupo florístico en importancia fue latifoliadas con un 3,24 %. Esta amplia
 269 diferencia marca la predominancia de las C4 perennes en su mayor época de crecimiento.

270

271 **Tabla 3.** Porcentaje de Cobertura total y por grupos florísticos para las distintas dosis de N y P y la estación
 272 primavera-verano1. Letras diferentes señalan diferencias significativas ($p < 0,05$).

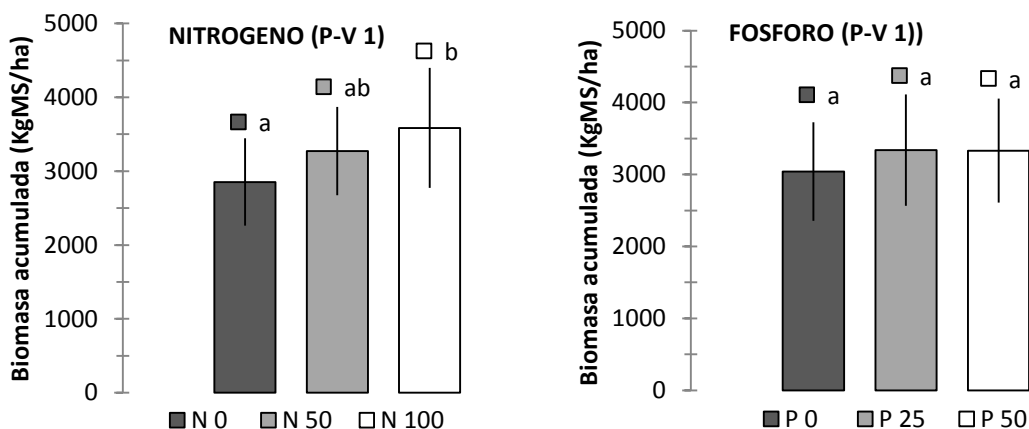
273

		C3 Anuales	C3 Perennes	C4 Perennes	Latifoliadas	Leguminosas	Cobertura Total
	N 0	0,56	0,22	49,9	2,94	1,89	55,6
	N 50	0,61	0,11	50,6	2,11	2,00	55,5
	N 100	0,39	5,89	47,8	4,67	1,06	59,8
PV1	P 0	0,56	2,39	49,5	2,61	1,61	56,3
	P 25	0,44	2,00	49,2	3,33	1,56	56,6
	P 50	0,56	1,83	50,0	3,78	1,78	57,9

274

275 Al analizar la biomasa acumulada por estación la respuesta a la fertilización fue
 276 diferente según el nutriente aplicado. El análisis estadístico no arrojó diferencias
 277 significativas para la interacción entre variables. Tampoco se registraron diferencias entre
 278 sitios. En este período, donde se evaluó el forraje acumulado luego de aproximadamente
 279 dos meses de la aplicación de los fertilizantes, sólo hubo diferencias significativas entre
 280 dosis para el nutriente N. Las diferencias se dieron entre la mayor dosis (N 100) y la dosis
 281 0 ($p = 0,0455$). La mayor producción de biomasa se dio para la dosis más alta de N (3585
 282 kgMs.ha⁻¹), y la menor correspondió a la dosis más baja (2853 kgMs.ha⁻¹) (Figura 2 a).

283 Con respecto al P, no hubo diferencias significativas entre las tres dosis diferentes
 284 del nutriente ($p=0,0612$). La producción de biomasa fue de 3040, 3339 y 3331 $\text{kgMs}\cdot\text{ha}^{-1}$
 285 para las dosis de 0, 25 y 50 kg de $\text{P}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente (Figura 2 b).



286

287 a

b

288 **Figura 2.** Biomasa acumulada ($\text{kgMs}\cdot\text{ha}^{-1}$) con tres dosis de nitrógeno (N0, N50, N100) (a) y fósforo (P0, P25,
 289 P50) (b) en la primavera-verano 1 (P-V 1). Letras diferentes señalan diferencias significativas ($p<0,05$).

290

291 • *Otoño-invierno 1*

292 El análisis estadístico de la cobertura durante esta estación no arrojó diferencias
 293 significativas para la interacción entre variables ni entre sitios.

294 Durante esta etapa de crecimiento el principal componente de la cobertura total
 295 fueron las C3 anuales, que cubrieron un 42,7 % de la superficie (promedio), y su
 296 componente principal fue el *Lolium multiflorum*. Seguido a este grupo estaban las C4
 297 perennes que aportaron sólo el 21,06 % por encontrarse *Panicum coloratum*, su principal
 298 componente, en reposo en esta época del año. El aporte de las leguminosas fue de 6,42
 299 %, mientras que el resto de los grupos funcionales fue insignificante (Tabla 4).

300 Teniendo en cuenta las diferentes dosis de N, se observan diferencias
 301 significativas entre la dosis mayor (N 100) y las otras dos dosis para la variable cobertura

302 total que incluye todos los grupos funcionales. Los resultados fueron 66,9; 71,9 y 79,1 %
 303 para las dosis N 0, N 50 y N 100 respectivamente (Tabla 2). El grupo de especies C3
 304 anuales presentó diferencias significativas en su cobertura entre la dosis N 0 (36,4 %) y N
 305 100 (47,6 %) (Tabla 4), explicando el aumento de cobertura total. Este incremento de
 306 cobertura se correspondió con una mayor presencia de *Lolium multiflorum*, especie anual
 307 naturalizada de crecimiento invernal.

308 En el caso del fósforo, se registraron diferencias significativas para las especies
 309 C4 perennes entre la dosis P 0 (19,5 %) y P 25 (22,2 %), estando representado este
 310 grupo por el *Panicum coloratum*. Estas diferencias si bien fueron significativas, no
 311 alcanzaron para generar una diferencia importante en la cobertura vegetal total de las
 312 parcelas (Tabla 4).

313

314 **Tabla 4.** Porcentaje de Cobertura total y por grupos florísticos para las distintas dosis de N y P y la estación
 315 otoño-invierno 1. Letras diferentes señalan diferencias significativas (p<0,05).

		C3 Anuales	C3 Perennes	C4 Perennes	Latifoliadas	Leguminosas	Cobertura Total
OI1	N 0	36,4 a	1,67	20,9	0,61	7,28	66,9 a
	N 50	44,1 ab	0,61	21,1	0,00	6,11	71,9 a
	N 100	47,6 b	2,89	20,9	1,83	5,89	79,1 b
	P 0	42,8	2,56	19,5 a	0,67	5,83	71,4
	P 25	41,7	1,67	22,2 b	0,89	6,11	72,6
	P 50	43,6	0,94	21,8 ab	0,89	7,33	73,9

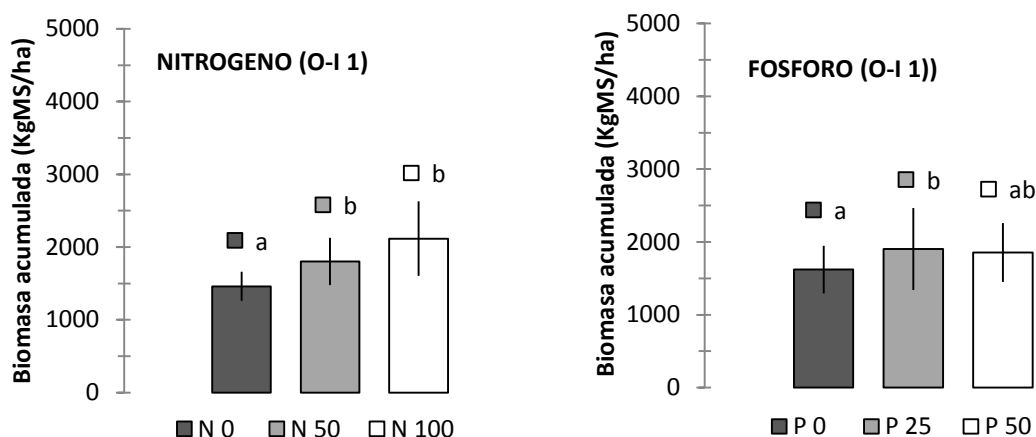
316

317 La biomasa acumulada obtenida durante el otoño invierno post fertilización no
 318 arrojó diferencias significativas para la interacción entre variables ni entre sitios. Sólo se
 319 observaron diferencias significativas para las distintas dosis de nutrientes.

320 Al analizar los datos de N, se registró la mayor biomasa con las dosis más alta de
 321 este nutriente (2116 kgMs.ha⁻¹), y con la dosis intermedia (1801 kgMs.ha⁻¹). Con la dosis

322 más baja ($1460 \text{ kgMs.ha}^{-1}$) la producción de biomasa fue estadísticamente inferior a las
323 otras dos ($p=0,0018$) (Figura 3 a)

324 Cuando se fertilizó con P el tratamiento P25 produjo estadísticamente mayor
325 biomasa que el tratamiento P0 ($p=0,0319$). Los valores de biomasa fueron de 1620, 1903
326 y $1854 \text{ kgMs.ha}^{-1}$ para las dosis de 0, 25 y 50 kg P.ha^{-1} respectivamente (Figura 3 b).



327

328 a

b

329 **Figura 3.** Biomasa acumulada (kgMs.ha^{-1}) con tres dosis de nitrógeno (N0, N50, N100) (a) y fósforo (P0, P25,
330 P50) (b) en el otoño-invierno1 (O-I 1). Letras diferentes señalan diferencias significativas ($p<0,05$).

331

332 • *Primavera-verano 2*

333 En la segunda primavera-verano post fertilización tampoco hubo diferencias
334 significativas entre sitios ni interacciones entre nutrientes. Sólo se observaron diferencias
335 significativas en cobertura total con las diferentes dosis de N, existiendo diferencias entre
336 las dosis N 0 (59,4 %) y N 50 (57,6 %) que registraron valores inferiores que cuando se
337 aplicó el tratamiento N 100 (67,8 %) (Tabla 5).

338 En la primavera-verano 2, el patrón fue similar al de la primavera-verano 1, donde
339 el grupo de C4 perennes dominó, con un porcentaje de cobertura total de 53,6 %. (Tabla
340 5).

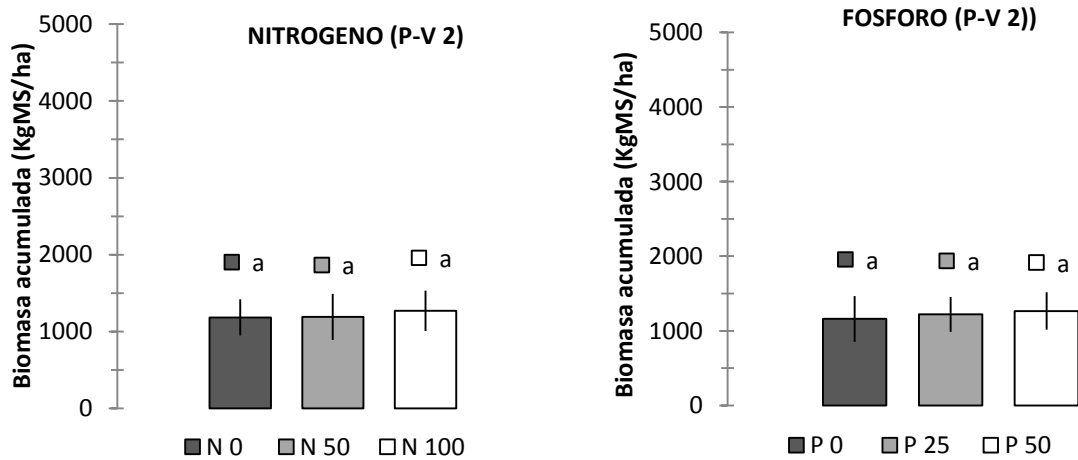
341 **Tabla 5.** Porcentaje de Cobertura total y por grupos florísticos para las distintas dosis de N y P y la estación
 342 primavera-verano 2. Letras diferentes señalan diferencias significativas ($p < 0,05$).

		C3 Anuales	C3 Perennes	C4 Perennes	Latifoliadas	Leguminosas	Cobertura Total
PV2	N 0	0,00	0,00	54,3	2,44	2,11	59,4 a
	N 50	0,06	0,00	50,7	4,00	0,94	57,6 a
	N 100	0,11	0,00	55,8	10,3	0,50	67,8 b
	P 0	0,06	0,00	53,6	5,11	0,50	59,9
	P 25	0,11	0,00	52,8	6,72	1,44	62,4
	P 50	0,00	0,00	54,4	4,89	1,61	62,3

343

344 La última medición de biomasa, en la segunda primavera-verano posterior a la
 345 aplicación de los fertilizantes el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas para
 346 la interacción entre variables ni entre sitios y tampoco se registraron diferencias
 347 significativas entre las diferentes dosis para ninguno de los dos nutrientes.

348 Los valores medidos fueron 1185, 1192 y 1269 kgMs.ha⁻¹ para las dosis de 0, 50 y
 349 100 kg de N.ha⁻¹. Cuando se aplicó P, la biomasa acumulada fue de 1160, 1220 y 1266
 350 kgMs.ha⁻¹ para las dosis de 0, 25 y 50 kg de P.ha⁻¹ (Figura 4).



351

352

a

b

353 **Figura 4.** Biomasa acumulada (kgMs.ha⁻¹) con tres dosis de nitrógeno (N0, N50, N100) (a) y fósforo (P0, P25,
 354 P50) (b) en la primavera-verano 2 (P-V 2). Letras diferentes señalan diferencias significativas ($p < 0,05$).

355

356 **DISCUSIÓN**

357 La fertilización, tanto nitrogenada como fosforada, de una pastura de *Panicum*
358 *coloratum* implantada sobre suelos halomórficos de la Pampa Deprimida generó un leve
359 incremento en la cobertura total del suelo como también en la acumulación de biomasa
360 total. Esta respuesta a la fertilización se puede observar con dosis medias a altas de N y
361 P. Cornacchione et al. (2008) encontraron respuesta positiva a la fertilización nitrogenada
362 para la producción de materia seca para otras megatérmicas con dosis de 69 kg/ha de
363 nitrógeno, mientras que en dosis de 46 kg/ha no hubo diferencia significativa. La falta de
364 diferencias entre sitios posiblemente se debió a que las características edáficas de los
365 sitios eran semejantes y las precipitaciones se comportaron de manera similar en ambos
366 lugares.

367 El aumento de cobertura vegetal se considera muy importante ya que actúa como
368 amortiguador del agua de lluvia, reduce la velocidad de escurrimiento mejorando la
369 infiltración, y con ello la disponibilidad de agua para los cultivos (Phillips, 1984; Mielke et
370 al., 1986), mantiene durante más tiempo mayor cantidad de poros llenos de agua y con
371 ello mejora su eficiencia de uso (Linn y Doran, 1984). El flujo de vapor a través de la
372 cobertura de residuos es generalmente más lento, amortiguando el régimen hídrico y
373 térmico del suelo (Phillips, 1984). En este sentido, Lavado y Taboada (1987) han
374 demostrado que, al disminuir la temperatura del suelo, la cobertura disminuye la tasa de
375 evaporación de agua y, con ello, el riesgo de salinización en suelos halomórficos. Queda
376 pendiente para trabajos futuros determinar si ante el aumento de cobertura producto de la
377 fertilización con los distintos nutrientes se observan mejoras en la calidad del suelo y así
378 la condición de la estepa de halófitas.

379 Los resultados desglosados por estaciones muestran una respuesta positiva a la
380 fertilización nitrogenada para la acumulación de biomasa en la primavera-verano 1 con

381 datos levemente superiores a los registrados por Ferri y Juvé (2007). Se observó un
382 rápido aprovechamiento del nutriente N, obteniéndose estos resultados en el primer corte,
383 no ocurriendo lo mismo con el nutriente P, donde no se observaron diferencias
384 significativas, posiblemente debido a su lenta disolución al quedar en superficie, y
385 posterior liberación en el suelo. Será interesante determinar en investigaciones próximas
386 si la fertilización nitrogenada ayuda a mejorar la calidad forrajera de *Panicum coloratum*,
387 ya que generalmente los análisis de calidad de esta especie suelen mostrar valores que
388 se ubican por debajo de la mayoría de los recursos forrajeros utilizados habitualmente
389 (Isla, 2012; Mendes, 2013). El porcentaje promedio de proteína en el forraje de gramíneas
390 megatérmicas, cuantificada a través de la evaluación de un gran número de especies, es
391 entre 4 y 6 puntos porcentuales menor que en especies templadas (Minson, 1990).

392 Para la estación de crecimiento otoño-invierno 1 se encontró respuesta positiva
393 tanto a la fertilización con N como con P, sin embargo no se observa interacción entre
394 ellos. En esta estación, aumentó la cobertura del grupo de especies C3 anuales ante la
395 mayor dosis del nutriente N. Este grupo florístico está representado principalmente por
396 *Lolium multiflorum*, especie que aumentó su cobertura consistentemente ante la
397 fertilización nitrogenada, tal cual lo muestra el trabajo realizado por Collantes *et al.* (1998)
398 para un pastizal natural de la Pampa Deprimida fertilizado. Esta gramínea anual se
399 encuentra naturalizada en los pastizales de la Pampa Deprimida, favorecer su
400 establecimiento permitiría aumentar la producción de biomasa invernal y complementar la
401 productividad estival del *Panicum coloratum*. Posiblemente, la implantación de la
402 gramínea C4, produjo una mayor cantidad de broza, esto aumento la materia orgánica y
403 redujo el pH, así fue posible que se establezca la especie *Lolium multiflorum* en una
404 estepa de halófitas. Por otro lado, la fertilización fosforada generó un incremento en el
405 grupo de especies C4 perennes, estando el mismo representado por *Panicum coloratum*.

406 Estos incrementos de cobertura vegetal se tradujeron en una mayor biomasa acumulada.
407 La falta de interacción entre nutrientes observada desde el primer corte puede deberse a
408 que el fósforo es un nutriente de liberación más lenta que el nitrógeno. Además, por
409 tratarse de un bajo alcalino de escasa cantidad de materia orgánica posiblemente haya
410 tardado más tiempo en estar disponible (de Bussetti et al, 1999), y su solubilización se
411 produjo recién para esta estación siendo aprovechado sólo por la especie antes
412 mencionada, la cual produjo una mayor cantidad de macollos, aumentando así su
413 cobertura y su producción de biomasa.

414 Finalmente en la primavera-verano 2 se observó una mayor cobertura total sólo en
415 los tratamientos fertilizados con N, explicado en parte por una mayor presencia de
416 latifoliadas planófilas, que no se tradujo en mayor acumulación de biomasa. Esta falta de
417 respuesta a los nutrientes aplicados posiblemente se deba a las escasas precipitaciones
418 registradas durante esta estación, existen evidencias que demuestran que el estado
419 hídrico de la planta, o la turgencia celular, pueden limitar las tasas de expansión foliar
420 durante períodos con alta demanda por evapotranspiración asociados con el déficit de
421 agua en el suelo (Munns et al., 2000). También en el caso del nitrógeno es posible que
422 haya salido del sistema suelo-planta por su rápido aprovechamiento por la vegetación y a
423 los sucesivos cortes de materia verde. Se ha demostrado que en una pastura de *Panicum*
424 *máximum* la remoción de N por parte de las plantas constituye el factor más importante de
425 pérdida de nitrógeno en el sistema suelo-planta (Pirela et al.,2006).

426

427 **CONCLUSIONES**

428 En suelos halomórficos de la Cuenca del Salado se evidenció repuesta a la
429 fertilización con N y P dada por una mayor cobertura vegetal y acumulación de biomasa
430 de *P. coloratum*. Los resultados mencionados generarían un círculo virtuoso, que

431 promoverían cambios favorables en la fertilidad del suelo, que a su vez favorecerían la
432 posterior implantación y producción de otras especies espontáneas acompañantes. De
433 esta manera se lograría obtener una oferta forrajera más estable a lo largo del año y no
434 de tan marcada estacionalidad como lo es una pastura de la especie en estudio.

435 La aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados en una pastura de *P.*
436 *coloratum* implantada en suelos hidro-halomórficos puede considerarse una alternativa
437 promisorio tanto para mejorar estos ambientes como para incrementar la oferta forrajera.
438 No obstante, al ser ambientes complejos es necesario continuar con la investigación para
439 confirmar este comportamiento e identificar las variables por las cuales la respuesta a la
440 fertilización no fue mayor.

441 **BIBLIOGRAFÍA:**

442 **Ansín, O.E., Oyhamburu, E.M. y Delgado Caffé, J.L.** 2000. Efectos de la roturación del
443 suelo durante el agregado de fosfato diamónico sobre la estructura y el funcionamiento de
444 un pastizal húmedo-alcalino de la pampa deprimida bonaerense (Argentina). Invest. Agr.:
445 Prod. Prot. Veg. Vol. 15 (1-2).

446 **Batista, W.B., Taboada, M.A., Lavado, R.S., Perelman, S.B. y León, R.J.C.** 2005.
447 Asociación entre comunidades vegetales y suelos en el pastizal de la Pampa Deprimida.
448 En: La Heterogeneidad de la Vegetación de los Agroecosistemas. Un Homenaje a
449 Rolando León. Eds: M. Oesterheld, M. Aguiar, C. Ghera y J. Paruelo. Páginas 113-127.

450 **Braun-Blanquet, J.** 1950. Sociología vegetal. Acmé Agency, 444 pp. Buenos aires.

451 **Burkart, S.E., Garbulsky, M.F., Ghera, C.M., Guerschman, J.P., León, J.C.R.,**
452 **Oesterheld, M., Paruelo, J.M. y Pérelman, S.B.** 2005. Las comunidades potenciales del
453 pastizal pampeano bonaerense. En: La Heterogeneidad de la Vegetación de los
454 Agroecosistemas. Un Homenaje a Rolando León. Eds: M. Oesterheld, M. Aguiar, C.
455 Ghera y J. Paruelo. Editorial de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

456 **Burkart, S.E., León R.J.C, Movia C.P.** 1990. Inventario fitosociológico del pastizal de la
457 Depresión del Salado (Prov. Bs. As.) en un área representativa de sus principales
458 ambientes. Darwiniana 30: 27-69.

459 **Chaneton, E.J., Perelman, S.B., Omacini, M. León R.J.C.** 2002. Grazing, Environmental
460 Heterogeneity, and Alien Plant Invasions in Temperate Pampa Grasslands. Biol. Inv., 4:7-
461 24.

462 **Collantes, M.B., Stoffella, S.L., Ginzo, H.D. y Kade, M.** 1998. Productividad y
463 composición botánica divergente de dos variantes florísticas de un pastizal natural de la

464 Pampa Deprimida fertilizadas con N y P. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata
465 103 (1).

466 **Cornacchione, M.V. y Sánchez, M.C.** 2008. Efecto de la fertilización líquida en pasturas
467 subtropicales en el sudeste santiagueño. Proyecto Regional Llanura chaqueña Oeste.
468 INTA.

469 **De Bussetti, S.G., Ferreiro, E.A., Natale, I.M. y Mandolesi, M.E.** 1999. Fósforo retenido
470 por suelos y por sus fracciones granulométricas en relación con la materia orgánica.
471 Ciencia del Suelo 17 (2).

472 **Ferri, C.M. y Jouve, V.V.** 2007. Congreso Latinoamericano Producción Animal, Cusco,
473 Perú.

474 **Ferri, C.M. y Jouve, V.V.** 2007. Efectos del intervalo de corte y la fertilización nitrogenada
475 en *Panicum coloratum* L. cv verde. APPA 2007.

476 **Hidalgo, L.G., Cauhepé, M.A.** 1991. Producción de forraje de las comunidades de la
477 Depresión del Salado. Revista de AACREA. 149: 58-62.

478 **INFOSTAT 2007.** InfoStat versión 2007. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de
479 Córdoba, Argentina.

480 **INTA GOT Salado Norte.** Registro precipitaciones período 1977-2009.

481 **Isla, T. 2012.** Productividad y calidad de *Chloris gayana* y *Panicum coloratum* en un
482 ambiente halomórfico de la Pampa Deprimida. Trabajo final de carrera. Facultad de Cs.
483 Agrarias y Ftiles. UNLP. 41 p.

484 **Lavado R.S. y Taboada M.A. 1987.** Soil salinization as an effect of grazing in a native
485 grassland soil. Soil and Management 3: 143-148.

486 **Jacobo, E.J.; Rodríguez, A.M; Bartoloni, N & Deregibus, V.A.** 2006. Rotational grazing.
487 Effects on Rangeland Vegetation at a Farm scale. Journal of Range Management 59: 249-
488 257.

489 **Linn D.M. y Doran J.W.** 1984. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and
490 nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 1267-1272.

491 **Mendes, F.** 2013. Acumulación de biomasa aérea y calidad nutricional de *Panicum*
492 *coloratum* y *Chloris gayana* bajo diferentes frecuencias de corte. Trabajo final de carrera.
493 Facultad de Cs. Agrarias y Ftiles. UNLP. 27 p.

494 **Mielke L.N., Doran J.W. y Richards K.A.** 1986. Physical environment near the surface of
495 ploughed and no-tilled soils. *Soil Tillage Res.* 7: 355-366.

496 **Minson, D.J.** 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, San Diego, CA. 483 p.

497 **Munns, R., Passioura, J.B., Gou, J., Chazen, O. and Crammer, G.R.** 2000. Water
498 relations and leaf expansion: importance of time scale. *J. Exp. Bot.* 51:1495-1504.

499 **Otondo, J.** 2011. Efectos de la introducción de especies megatérmicas sobre
500 características agronómicas y edáficas de un ambiente halomórfico de la Pampa
501 Inundable. Tesis de M.Sc., Escuela para Graduados Alberto Soriano. FAUBA, Argentina,
502 pp 58.

503 **Otondo, J., Melani, E.M., Cicchino, M.A. y Calvetty Ramos, M.** 2013. *Revista Argentina*
504 *de producción animal.* Vol 33. Supl. 1: 215-305. Pp 23.

505 **Otondo, J., Rossi, C., Pérez, R.A., Jacobo, E.J. y Torr , E.** 2008. Implantación y
506 producción de po ceas subtropicales en bajos alcalino-sódicos del pastizal de la
507 depresión del salado. AAPA 2008.

508 **Perelman, S.B., León, R.J.C. y Oesterheld, M.** 2001. Cross-scale vegetation patterns of
509 Flooding Pampa grasslands (pages 562-577).

510 **Pérez, R.A., Rossi, C.A., Otondo, J., Torr , E. y Bidartr, A.** 2007. Implantación de
511 Gramíneas Subtropicales en Bajos Alcalino-S dicos del Pastizal de la Cuenca del Salado.
512 Primera Evaluación. IV Congreso Nacional sobre manejo de pastizales naturales. I

513 Congreso del Mercosur sobre manejo de pastizales naturales. Villa Mercedes, San Luis,
514 Argentina.

515 **Phillips R.E.** 1984. Soil moisture. En: Phillips, R.E y S.H. Phillips Eds. No-tillage
516 agriculture. Principles and practices. Van Nostrand Reinhold Co., New York, USA.
517 Páginas 66-86.

518 **Pirela, M.F., Clavero, T., Fernandez, L. y Sandoval, V.L.** 2006. Balance del nitrógeno en
519 el sistema suelo-planta con pasto Guinea (*Panicum maximum Jacq*) en condiciones de
520 bosque tropical seco. Rev. Fac. Agron. v.23 n.1. Caracas, enero, 2006.

521 **Rearte, D.H.** 2007. Distribución territorial de la ganadería vacuna. Programa Nacional de
522 Carnes INTA. Noviembre.

523 **Rearte, D.H.** 2011. Actual situation and prospective of Argentina livestock sector: A
524 regional approach. . Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, Vol 19, No 3-4.

525 **Rudmann, S.G., Milham, P.J. y Conroy, J.P.** 2001. Influence oh High CO2 Partial
526 Pressure on Nitrogen Use Efficiency ok the C4 Grasses Panicum coloratum and Cenchrus
527 ciliaris. Annals of Botany 88: 571-577.

528 **Soriano, A.** 1991. Río de la Plata Grasslands. En: R.T. Coupland (Ed.). Ecosystems of
529 the World 8A. Natural Grasslands. Introduction and Western Hemisphere. Elsevier, New
530 York. Páginas 367-407.

531 **Taboada, M., Damiano, F., Lavado, R.** 2007. Inundaciones en la región pampeana.
532 Consecuencias sobre los suelos.