

Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 103 (1), 1998

Productividad y composición botánica divergente de dos variantes florísticas de un pastizal natural de la Pampa Deprimida fertilizadas con N y P

MARTA B. COLLANTES¹, SUSANA L. STOFFELLA¹, H. D. GINZO² & MARIANA KADE¹

¹ Centro de Ecofisiología Vegetal, CONICET, Serrano 669, (1414) Buenos Aires, Argentina.
E-mail: collante@mail.retina.ar

² Instituto de Neurobiología, Serrano 669, (1414) Buenos Aires, Argentina

COLLANTES, MARTA B., SUSANA L. STOFFELLA, H. D. GINZO & MARIANA KADE. 1998. Productividad y composición botánica divergente de dos variantes florísticas de un pastizal natural de la Pampa Deprimida fertilizadas con N y P. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (1):45-59.

La fertilización con N (urea y nitrato de amonio) y P (superfosfato triple) aumentó, en general, la productividad primaria neta aérea (PPNA) del período comprendido entre octubre y marzo, de dos variantes de una comunidad herbácea del partido de Chascomús (35°34'S, 58°00'O; Prov. de Buenos Aires) y modificó la composición botánica de cada una de esas variantes al cabo de cuatro años de fertilización ininterrumpida. La fertilización consistió en la aplicación de 0 ó 100 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹ combinados factorialmente con 0; 25 ó 50 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹ a parcelas representativas de la comunidad que ocupaba la parte superior del microrelieve (variante 1, V1) y de la que habitaba el nivel intermedio de éste (variante 2, V2). La PPNA media anual expresada en materia seca en V1 y V2 fue 562 y 570 kg.ha⁻¹.mes⁻¹, respectivamente. Se observó una estrecha relación entre la PPNA y la acumulación de agua en el suelo durante el período correspondiente al cálculo de la PPNA. El incremento medio general de la PPNA, debido al agregado de N, fue 31 % (p \leq 0,001) en V1 y 41 % (p \leq 0,001) en V2. El incremento medio anual de la PPNA resultante del agregado de P fue 53 % (p \leq 0,001) en V1 y 79 % (p \leq 0,001) en V2. Sólo la cobertura de algunas especies se modificó de manera inmediata con la fertilización en V1 y V2 (*Lolium multiflorum* Lam., *Gaudinia fragilis* (L.) Beauv., *Bothriochloa laguroides* (D.C.) Herter y *Lotus tenuis* Waldst. et Kit). Al final del período experimental se observó que V2 se había enriquecido en *L. tenuis* y *Bromus mollis* L., mientras que V1 lo había hecho en *Paspalum dilatatum* Poir., *B. laguroides* y *Hypochoeris microcephala* (Sch. Bip.) Cabr. respecto de la abundancia de esas especies antes de aplicar los fertilizantes.

Palabras clave: Composición botánica, fertilización nitrogenada y fosforada, productividad primaria neta aérea, Pampa Deprimida (Argentina), *Lotus tenuis*.

COLLANTES, MARTA B., SUSANA L. STOFFELLA, H. D. GINZO & MARIANA KADE. 1998. Herbage productivity and diverging botanical composition of two floristic variants of a natural grassland fertilized with N and P. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (1):45-59.

Fertilization with N (as urea and ammonium nitrate) and P (as triple superphosphate) during 4 consecutive years increased the aerial net primary productivity (ANPP) in spring and summer months (from October to April) of two variants (V1 and V2) of a herbaceous plant community near Chascomús (35°34'S, 58°00'W; province of Buenos Aires). The botanical composition of each one of those variants was also changed by fertilization. Six factorial combinations of 0 or 100kg-N.ha⁻¹.yr⁻¹ with 0; 25 or 50 kg-P.ha⁻¹.yr⁻¹ were applied every spring (October) to plots arranged in five randomized blocks laid out on a representative site of each variant. The mean annual ANPP expressed as dry matter V1 and V2

Recibido: 23/12/96. Aceptado: 09/02/98.

were 562 and 570 kg.ha⁻¹.mo⁻¹ respectively. Mean annual ANPP and soil-moisture storage were directly related to each other in both variants. The mean annual increase in ANPP due to N was 31 % ($p \leq 0,001$) and 41 % ($p \leq 0,001$) in V1 and V2, respectively. The mean annual increase in ANPP due to P was 53 % ($p \leq 0,001$) and 79 % ($p \leq 0,001$) in V1 and V2, respectively. A few species changed cover soon after fertilization (*Lolium multiflorum* Lam., *Gaudinia fragilis* (L.) Beauv., *Bothriochloa laguroides* (D.C.) Herter and *Lotus tenuis* Waldst. et Kit) in both variants. The comparison between the initial botanical composition (1979) and that one at the end of the experimental period showed that V2 had become enriched in *L. tenuis* and *Bromus mollis* L and V1 was dominated by *Paspalum dilatatum* Poir., *B. laguroides* and *Hypochoeris microcephala* (Sch. Bip.) Cabr.

Key words: Botanical composition, NP-fertilization, aerial net primary productivity, Flooding Pampa (Argentina), *Lotus tenuis*.

INTRODUCCIÓN

La cría de vacunos y la lechería son las actividades agropecuarias más importantes en la extensa Depresión del Río Salado, alrededor de 58.000 km² de la provincia de Buenos Aires. Esas actividades están basadas primordialmente en el pastoreo de pastizales naturales y en menor medida en el pastoreo de praderas cultivadas. Los pastizales naturales son comunidades vegetales de diverso tipo (Vervoort, 1967) y poco productivos si se comparan con las praderas cultivadas.

Con el propósito de mejorar la productividad de los pastizales naturales se han probado tres enfoques: (i) la fertilización con P (Gardner *et al.*, 1970; Cauhépé *et al.*, 1971), o con P y N (Ginzo *et al.*, 1982; 1986); (ii) el reemplazo de la comunidad natural con pasturas cultivadas y fertilizadas con P (Gardner *et al.*, 1970; Ridruejo *et al.*, 1974) y (iii) la intersembra de los pastizales naturales con diferentes especies de leguminosas solamente (Aldea & Gardner, 1971; 1972) o acompañada con fertilización con P (Cauhépé *et al.*, 1982). La mayoría de esos ensayos fueron demasiado breves para establecer el verdadero valor agronómico de las prácticas de manejo probadas. Además, el empleo exclusivo de P como nutriente se debió a su deficiencia generalizada en los suelos de la Depresión (Mendoza, 1981).

En el presente trabajo se analizan los efectos de la fertilización con N y P sobre la comunidad más conspicua de la región (León, 1975) que ocupa una posición intermedia en el gradiente de salinidad que caracteriza al área (Berasategui y Barberis, 1982; Collantes *et al.*, 1988). Nuestros ensayos previos (Ginzo *et al.*, 1982; 1986), si bien mostraron que en un lapso de tres años la fertilización con P y N podía incrementar sustancialmente la productividad primaria neta aérea y modificar la composición botánica de dos comunidades de pastizal de la región, correspondían a comunidades menos conspicuas que habitan los extremos del mencionado gradiente. Así, el objetivo general propuesto fue evaluar la magnitud del incremento de la productividad y conocer las especies involucradas en los cambios de la composición florística de dos variantes de la comunidad mencionada más arriba que forman un mosaico en el paisaje de la Depresión del Salado.

Específicamente se propuso: (i) evaluar la contribución de las gramíneas invierno-primaverales y primaverales-estivales, (ii) evaluar las variaciones en la cobertura de leguminosas nativas (poco representadas en el pastizal) o introducidas (*Lotus tenuis* Waldst. et Kit) y (iii) relacionar las fluctuaciones en la productividad primaria neta aérea con el régimen hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio experimental

Las parcelas experimentales se establecieron en un potrero de 430 ha distante unos 7 km de la ciudad de Chascomús (35° 34' S 58° 00' O, provincia de Buenos Aires). El clima regional es templado y subhúmedo con una media anual de lluvia de 920 mm. El promedio mensual de temperatura es de 7 °C en julio-agosto y 22 °C en enero.

El potrero tenía un relieve formado por áreas planas suavemente onduladas salpicado con numerosas depresiones pequeñas y circulares, que ocupaban un 20 % de su extensión. Para este estudio se eligieron las zonas más elevadas del relieve (relieve positivo, RP) y las intermedias (relieve intermedio, RI), las que representaban la mayor parte de la superficie del potrero. Las pequeñas depresiones no se tuvieron en cuenta porque estaban anegadas durante la mayor parte del año.

Cada una de esas zonas (RP y RI) estaba poblada por una variante de la comunidad de *Piptochaetium montevidense* (Spreng.) Parodi, *Ambrosia tenuifolia* Spreng., *Eclipta bellidoides* (Spreng.) Sch. Bip. y *Mentha pulegium* L. (León, 1975). La variante 1 (en adelante V1), con *Paspalum dilatatum* Poir. y *Carduus acanthoides* L., habitaba las zonas de relieve positivo. La variante 2 (V2), con *Stipa papposa* Nees. y *Distichlis scoparia* (Kunth) Arech., habitaba las zonas de relieve intermedio. La presencia de especies características permitió definir ambas variantes si bien sus coberturas, en algunos casos, fueron muy bajas. Tres gramíneas de clima templado, anuales e introducidas (*Lolium multiflorum* Lam., *Gaudinia fragilis* (L.) Beauv. y *Bromus mollis* L.), integraban las variantes con valores de cobertura más elevados (Tabla 1).

El suelo predominante del potrero era un Natracuol típico, que mostraba algunas particularidades asociadas al microrelieve (Collantes *et al.*, 1980). La profundidad del horizonte A en RP era de aproximadamente 0,25 m,

mientras que aquella era de sólo 0,05 m en RI. En el horizonte A de RP, el pH (en agua) era 5,9 y la conductividad eléctrica de la solución del suelo (CE) 0,4 mmho cm⁻¹; en RI, en cambio, el pH era 6,2 y la CE 1,1 mmho cm⁻¹. El contenido relativo de sodio fue elevado en todo el perfil de RI, mientras que en de RP lo fue sólo a partir de los 0,35 m de profundidad, en el horizonte B textural. En resumen, el suelo de RP era más profundo, más ácido y menos salino que el de RI.

El balance hídrico diario del sitio experimental (Figura 1) se calculó de acuerdo con el procedimiento de Thornthwaite y Mather (1957). Para ello se emplearon los registros de temperatura y lluvia correspondientes al

Tabla 1. Frecuencia promedio \pm desviación típica de las especies más abundantes (>3%) en por lo menos una de las dos variantes antes de la fertilización (Septiembre 1979).

Mean frequency \pm standard deviation of the most abundant species (> 3%) in at least one of the variants before the first application of fertilizers (September 1979).

Especies	Variantes	
	V1 (%)	V2 (%)
<i>Lolium multiflorum</i>	28,0 \pm 12,4	37,7 \pm 12,2
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	27,4 \pm 11,7	37,1 \pm 11,9
<i>Carex</i> spp.	24,8 \pm 6,1	15,1 \pm 9,7
<i>Gaudinia fragilis</i>	14,7 \pm 9,5	10,6 \pm 6,7
<i>Paspalum dilatatum</i>	12,3 \pm 4,9	5,6 \pm 5,8
<i>Alophia lahue</i>	9,8 \pm 6,7	2,5 \pm 2,1
<i>Hypochoeris microcephala</i>	9,0 \pm 7,1	0,3 \pm 0,7
<i>Bothriochloa laguroides</i>	3,4 \pm 2,5	0,6 \pm 0,9
<i>Lotus tenuis</i> ^a	1,8 \pm 2,6	1,9 \pm 2,3
<i>Bromus mollis</i>	1,2 \pm 1,5	4,9 \pm 4,9
<i>Danthonia montevidensis</i>	0,0	3,8 \pm 4,5
<i>Distichlis scoparia</i>	0,0	5,5 \pm 6,5

^a Esta especie se incluye aunque su cobertura es menor al 3% debido a que es la única leguminosa relevante en el pastizal.

^a Despite that cover values are lower than 3%, this species is included because it was the only relevante legume in both communities.

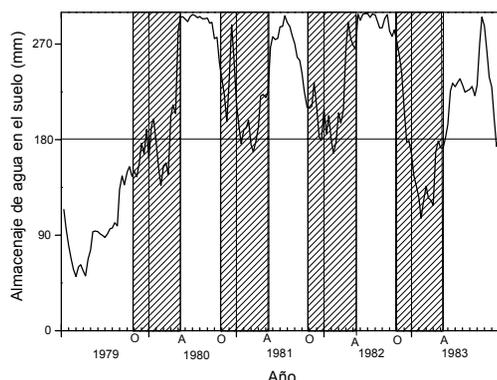


Figura 1. Almacenaje de agua en el suelo estimado mediante un balance hidrológico diario. Los valores graficados son promedios de 10 días consecutivos. La línea horizontal corresponde al punto de marchitez permanente (180 mm). La parte sombreada indica el período primavera-verano que se extiende de octubre (O) a abril (A).

Soil-moisture storage computed from daily estimations of soil-water balance. Plotted values are means of ten successive days. The horizontal line indicates the soil-moisture value for the permanent wilting point (180 mm). Each shaded strip indicates a spring-summer period extending from October (O) to April (A).

período comprendido entre enero de 1979 y diciembre de 1983, que se obtuvieron de una estación meteorológica próxima a la ciudad de Chascomús. Se consideró una capacidad de campo del suelo de 300 mm.

Tratamientos de fertilización

En ambas variantes se clausuraron sendas superficies representativas de 60x20 m, en el verano de 1978. En cada una de esas clausuras se delimitaron las parcelas experimentales.

Los tratamientos de fertilización que se aplicaron a las parcelas fueron seis combinaciones de 0; 25 ó 50 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹ (superfosfato triple; 20 % P) con 0 ó 100 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹ (urea, [45-46 % N] en 1979 o nitrato de amonio [35 % N] desde 1980 hasta 1982). El diseño experimental fue factorial de 5 bloques com-

pletamente aleatorizados. En este diseño, la parcela tenía 8x3 m. Los tratamientos de fertilización se aplicaron cada mes de octubre, desde 1979 a 1982, debido a que en esa fecha se favorecía tanto a las especies invernoprimerales, en activo crecimiento, como a las primavero-estivales.

La composición botánica y la productividad primaria aérea neta (PPNA) se muestrearon en un rectángulo de 7x2 m, en el centro de cada parcela experimental.

Composición botánica

La composición botánica de cada parcela se relevó, con el método de los puntos en líneas (Daget & Poissonet, 1971), antes (septiembre 1979) y dos meses después de la primera fertilización (segunda quincena de noviembre 1979). Posteriormente se efectuaron muestreos en las primaveras (noviembre) de 1980 y 1983. En cada parcela se tendió una cinta de 6 m a lo largo de la superficie a muestrear. A intervalos de 0,10 m se bajó verticalmente una aguja y se registraron todas las especies tocadas por la misma. La cobertura C de cada especie se calculó mediante la expresión siguiente:

$$C(\%) = N_c * 100/60$$

donde N_c es el número de contactos de la especie con la aguja.

Durante las primaveras de 1981 y 1982 se confeccionó la lista florística para todas las parcelas y se estimó la cobertura de las especies mediante la escala de Braun-Blanquet (1979).

El grado de pertenencia entre las especies y las parcelas experimentales se investigó para ambas variantes y para todos los años en conjunto con el método de análisis de correspondencia incluido en el programa NTSYS-pc (1993).

Para el análisis de correspondencia conjunto se combinaron las cinco repeticiones de cada tratamiento de fertilización, con lo que

se obtuvo un conjunto de 300 datos de cobertura para cada especie. Se definió, entonces, un nuevo valor de cobertura $C_{300}(\%) = N \cdot 100 / 300$, donde N es el número de contactos con la especie.

Los grupos que se obtuvieron con el análisis de correspondencia se validaron mediante análisis discriminante (Afifi & Clark, 1984).

El grado de asociación entre las combinaciones de N y P y las especies se evaluó con un análisis canónico de correspondencia (ter Braak, 1987-1992) para los años 1979, 1980 y 1983, en los que se disponía de datos de cobertura obtenidos mediante el método de puntos en línea. Se emplearon los datos de cobertura específica por parcela; las combinaciones de N y P se representaron con una variable nominal. La aleatoriedad del ordenamiento se probó con el test de Montecarlo de permutaciones libres.

Tanto para el análisis de correspondencia como para el de correspondencia canónica se incluyeron solamente las especies con coberturas mayores del 3 %.

El efecto de los tratamientos de fertilización sobre los valores de C de cada una de las especies de interés en cada muestreo se valoró con el análisis de la varianza (Cochran & Cox, 1957) de los datos porcentuales transformados en arcos de seno. Para valorar el efecto del año de muestreo - el que no estaba incluido en el diseño experimental- sobre los valores de C se empleó un análisis de la varianza de parcelas divididas (Rowell & Walters, 1976), donde el año de muestreo se incorporó como subparcela de los tratamientos de fertilización, que constituían las parcelas.

Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA)

La valoración de la PPNA se hizo con cortes. Dado que la PPNA de cada tratamiento se muestreó cuando la altura del canopeo en sus parcelas variaba entre 0,10 y 0,15 m, algunos tratamientos se muestrearon más frecuentemente que otros. Todas las parcelas - independientemente de la altura del canopeo-

se segaron en el otoño (abril) y la primavera (octubre) con el objeto de definir dos períodos de crecimiento en el año: un período otoño-invernal (de abril a octubre) y otro primavero-estival complementario. La PPNA total de cada uno de esos períodos fue la suma de las productividades primarias netas aéreas (PP.PP.NN.AA.) correspondientes a los cortes efectuados en cada tratamiento de fertilización en el transcurso del período en cuestión.

En cada parcela, la superficie de muestreo se cortó a 0,03 m con una segadora de jardín, se recolectó y se embolsó. Las muestras se secaron a 75 °C durante tres días y se pesaron. La totalidad de cada parcela experimental se segó después de cada muestreo para uniformar la altura de la biomasa remanente.

Los efectos de los tratamientos de fertilización y de los muestreos sobre la PPNA de cada período primavero-estival se valoraron con la misma metodología estadística que se empleó para la valorar la cobertura específica. Los datos de PPNA se transformaron en sus logaritmos naturales antes del análisis estadístico.

RESULTADOS

Composición botánica de las variantes

Los primeros tres ejes del análisis de correspondencias absorbieron el 26; 18 y 12 % respectivamente de la varianza total de la matriz de datos. El diagrama de ordenamiento de las parcelas (Figura 2a) se construyó para los ejes 1 y 3 porque la representación de los ejes 1 y 2 es definitivamente arqueada; es decir, el eje 2 expresa parte de la variación absorbida por el eje 1 y, por consiguiente, carece de capacidad discriminante respecto de este último eje.

En la Figura 2a se observa que las parcelas se agrupan por año y posición topográfica. La correcta clasificación de las parcelas en dichos grupos fue corroborada a través de un

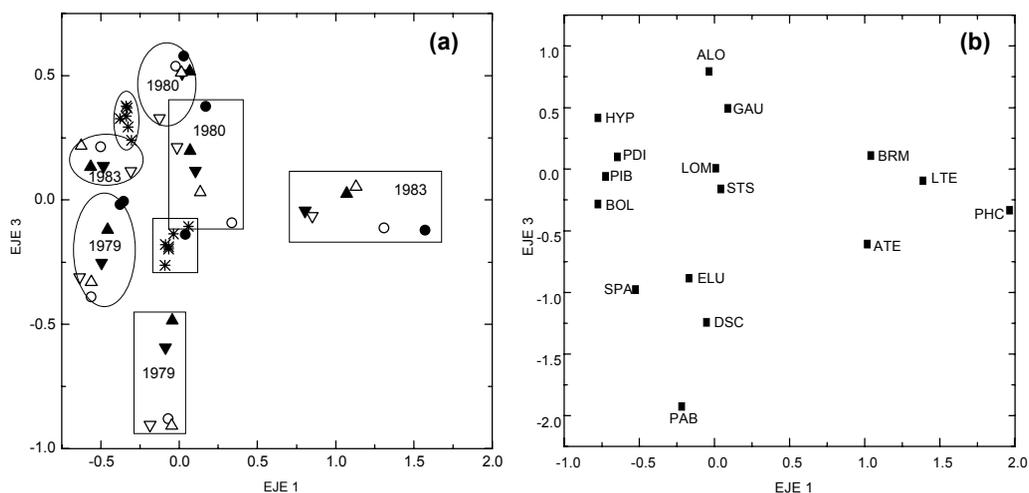


Figura 2. Ordenamiento de muestras (a), y especies (b) según el análisis de correspondencia. (a) Elipses: variante 1; rectángulos: variante 2. Las muestras corresponden a los siguientes tratamientos de fertilización: ● 100 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹/50 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹; ▲ 100 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹/25 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹; ▼ 100 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹/0 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹; ○ 0 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹/50 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹; △ 0 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹/25 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹; ☐ testigo; ✱ Muestras previas a la fertilización (09/1979). (b) ALO: *Alophia lahue*; ATE: *Ambrosia tenuifolia*; BOL: *Bothriochloa laguroides*; BRM: *Bromus mollis*; DSC: *Distichlis scoparia*; ELU: *Eragrostis lugens*; GAU: *Gaudinia fragilis*; HYP: *Hypochoeris microcephala*; LOM: *Lolium multiflorum*; LTE: *Lotus tenuis*; PAB: *Panicum bergii*; PDI: *Paspalum dilatatum*; PHC: *Phyla canescens*; PIB: *Piptochaetium bicolor*; SPA: *Stipa papposa*; STS: *Stenotaphrum secundatum*.

Ordination of samples (a), and species (b) by analysis of correspondence. (a) Ellipses: variant 1; rectangles: variant 2. For fertilization treatments symbols, except ✱ before fertilization (09/1979), and species abbreviations see legend in Spanish.

análisis discriminante. Se pueden observar dos agrupamientos de las parcelas fertilizadas acorde con los valores del eje 1. Con valores del eje 1 >0,5 se ubican las parcelas relevadas en la V2 en la primavera de 1983, las que están distribuidas paralelamente al eje 1 acorde con la dosis de P aplicada. Con valores del eje 1 < 0,5 se encuentran todos los otros relevamientos los que presentan una leve discriminación entre V1 y V2 y una distribución paralela al eje 3. Se puede detectar una separación bastante definida de las parcelas fertilizadas con N en los relevamientos de noviembre de 1979, tanto en V1 como en V2.

En cuanto a las correspondencias entre las especies (Figura 2b), hay un grupo de ellas

(*B. mollis*, *L. tenuis*, *Phyla canescens* (H.B.K.) Greene y *A. tenuifolia*) que aparecen hacia el extremo derecho del eje 1. Esta especie estaban asociadas, en particular, con el relevamiento de V2 en 1983 (Figura 2a).

Por su parte, otras especies se distribuyen paralelamente al eje 3 con valores del eje 1 <0,5. Esas especies se corresponden en mayor o menor grado con las parcelas fertilizadas de V1 (todos los relevamientos) y V2 (todos los relevamientos menos el de 1983).

Los tratamientos de fertilización tuvieron un efecto estadísticamente significativo (prueba de Montecarlo; p ≤ 0,05) sobre las composiciones botánicas de las parcelas experimentales, en cada uno de los relevamientos de los

meses de noviembre de 1979 y de 1980, como así también en los de noviembre de 1983, un año después de la última fertilización.

Variante 1. El ordenamiento de noviembre de 1979 separa las parcelas fertilizadas con N de sus correspondientes testigos a lo largo del eje 1 (Figura 3a). El eje 2 discrimina las parcelas fertilizadas sólo con N caracterizadas por la presencia de *Panicum decipiens* Nees. Las

especies más abundantes en las parcelas fertilizadas con N fueron las gramíneas exóticas invierno-primaverales *L. multiflorum* y *G. fragilis*, y además *Carex* spp., *Stenotaphrum secundatum* (Waldst.) O.K., *Eragrostis lugens* Nees y *Cynodon dactylon* (L.) Pers. En 1980 (Figura 3c) el ordenamiento es similar al anterior pero en este caso el eje 2 distingue al testigo de los tratamientos fertilizados con P que están asociados a la mayor abundancia de *L.*

Tabla 2. Valores de cobertura en los meses de noviembre de 1979 y 1980 de las especies que fueron abundantes en la variante 1 en septiembre de 1979, antes de la primera fertilización y respondieron significativamente a la fertilización con N y/o P.

Cover values in September 1979 and 1980 for the species which were most abundant in variant 1 in September 1979, before the first fertilization and responded significantly to the addition of N and/or P.

Especie ²	Combinación de fertilizantes ³						$\bar{x} \pm s$ ⁴	DN ⁵	DP ⁶
	0-0	0-25	0-50	100-0	100-25	100-50			
a) 1979									
BOL	700±96 <i>41,5</i>	741±090 <i>45,6</i>	801±219 <i>51,6</i>	642±315 <i>35,8</i>	514±143 <i>24,2</i>	486±117 <i>21,8</i>	747±143 <i>36,3</i>	-27**	n.s.
CAR	267±81 <i>7,0</i>	181±113 <i>3,2</i>	282±83 <i>7,7</i>	430±108 <i>17,4</i>	296±102 <i>8,5</i>	277±85 <i>7,5</i>	289±115 <i>8,1</i>	38**	n.s.
GAU	168±182 <i>2,8</i>	253±121 <i>6,3</i>	293±83 <i>8,3</i>	429±168 <i>17,3</i>	423±81 <i>16,8</i>	612±226 <i>33,1</i>	363±202 <i>12,6</i>	105***	n.s.
LOM	559±192 <i>28,1</i>	531±176 <i>25,6</i>	691±152 <i>40,6</i>	757±212 <i>47,2</i>	925±205 <i>63,8</i>	1132±283 <i>82,0</i>	766±285 <i>40,1</i>	58***	25*
b) 1980									
BOL	361±180 <i>12,5</i>	248±48 <i>6,0</i>	317±98 <i>9,7</i>	123±119 <i>1,5</i>	28±63 <i>0,1</i>	143±85 <i>2,0</i>	547±207 <i>4,1</i>	-68***	n.s.
CAR	369±81 <i>13,0</i>	184±141 <i>3,3</i>	28±774 <i>8,0</i>	134±147 <i>1,8</i>	130±81 <i>1,7</i>	57±78 <i>0,3</i>	194±143 <i>3,7</i>	-62***	n.s.
GAU	1217±99 <i>88,0</i>	922±397 <i>63,5</i>	1055±18 <i>75,7</i>	1213±177 <i>87,7</i>	1140±268 <i>82,6</i>	1333±97 <i>94,4</i>	1147±248 <i>83,1</i>	16*	n.s.
LOM	770±282 <i>48,5</i>	620±265 <i>33,8</i>	570±130 <i>29,1</i>	802±208 <i>51,7</i>	1187±306 <i>86,0</i>	1344±127 <i>94,9</i>	882±359 <i>59,6</i>	70***	57**

¹Media ± desviación típica (x10³; n=5) de los valores de cobertura *C* transformados en arcos de seno. La media retro-transformada y expresada en porcentaje se muestra en bastardillas. ²**BOL:** *B. laguroides*; **CAR:** *Carex* spp.; **GAU:** *G. fragilis*; **LOM:** *L. multiflorum*. ³Dosis de fertilizantes en kgN-kpP.ha⁻¹.año⁻¹. ⁴Media±desviación típica (x10³; n=30). ⁵Incremento relativo debido al N (%). DN=((Total sin N/Total de 100kg N) - 1)*100. ⁶Incremento relativo debido al P (%). DP=((Total de 25kg P+Total de 50kg P)/(2*Total sin P) - 1)*100.

¹Mean±standard deviation (x10³; n=5) of arcsin transformed cover values. The back transformed mean is expressed in percent and is shown in italics. ²**BOL:** *B. laguroides*; **CAR:** *Carex* spp.; **GAU:** *G. fragilis*; **LOM:** *L. multiflorum*. ³Fertilizer rates in kgN-kpP.ha⁻¹.yr⁻¹. ⁴Mean±standard deviation (x10³; n=30). ⁵Relative increment due to N. DN=((Total without N/Total of 100kgN)-1)*100. ⁶Relative increment due to P. DP=((Total of 25kgP+Total of 50kgP)/(2*Total without P)-1)*100.

n.s.: p>0,05; *: p±0,05; **: p±0,01; ***: p±0,001.

tenuis y a la presencia de *Adesmia bicolor* (Poir.) DC. y *E. lugens*.

Los resultados del análisis de varianza de la cobertura de todas las especies mostraron que un grupo respondió a la fertilización nitro-

genada exclusivamente (*G. fragilis*, *Carex* spp. y *B. laguroides*; Tabla 2) y que solamente *L. multiflorum* aumentó con agregado conjunto de N y P. En 1979 el N aumentó la cobertura de *G. fragilis* y *Carex* spp. y disminuyó la de

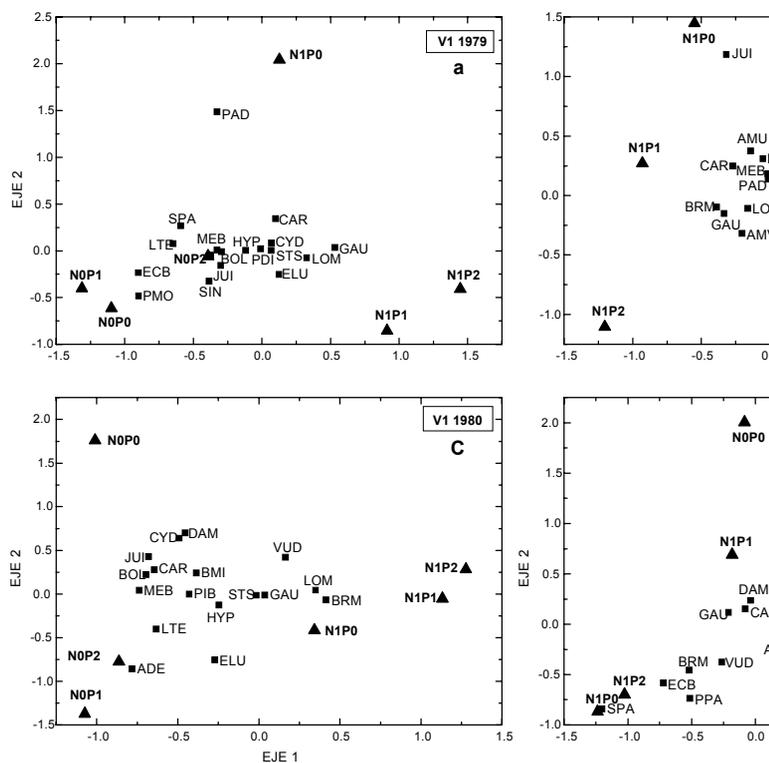


Figura 3. Ordenamiento correspondiente a los tratamientos de fertilización (▲) y las especies (■) según el análisis canónico de correspondencia. Los tratamientos de fertilización fueron: **N1P2:** 100 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹/50 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹; **N1P1:** 100 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹/25 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹; **N1P0:** 100 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹/0 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹; **N0P2:** 0 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹/50 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹; **N0P1:** 0 kg-N.ha⁻¹.año⁻¹/25 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹; **N0P0:** testigo. ADE: *Adesmia bicolor*; AMU: *Aristida murina*; AMV: *Ammi visnaga*; ATE: *Ambrosia tenuifolia*; BMI: *Briza minor*; BOL: *Bothriochloa laguroides*; BRM: *Bromus mollis*; CAR: *Carex* spp.; CYD: *Cynodon dactylon*; DAM: *Danthonia montevidensis*; DSC: *Distichlis scoparia*; ECB: *Eclipta bellidioides*; ELU: *Eragrostis lugens*; GAU: *Gaudinia fragilis*; HYP: *Hypochoeris microcephala*; JUI: *Juncus imbricatus*; LTE: *Lotus tenuis*; LOM: *Lolium multiflorum*; MEB: *Melica brasiliana*; PAB: *Panicum bergii*; PAD: *Panicum decipiens*; PMO: *Piptochaetium montevidense*; PIB: *Piptochaetium bicolor*; PHC: *Phyla canescens*; PDI: *Paspalum dilatatum*; PPA: *Paspalidium paludivagum*; SPA: *Stipa papposa*; SEG: *Setaria geniculata*; SIN: *Sporobolus indicus*; STH: *Spilanthes stolonifera*; STS: *Stenotaphrum secundatum*; VUD: *Vulpia dertonensis*.

Ordination by canonical correspondence analysis of fertilizer treatments (▲) and species (■). Only species with large contributions to the axes are plotted. For fertilization treatments symbols and species abbreviations see legend in Spanish.

B. laguroides. En 1980 también aumentó la cobertura de *G. fragilis* y disminuyó las coberturas no sólo de *B. laguroides* sino también de *Carex* spp.

Las coberturas medias individuales de la mayoría de las especies, analizadas por el método de parcelas divididas, fueron diferentes en 1980 con respecto a 1979, salvo en *D. montevidensis* y *L. tenuis*. *L. multiflorum* ($p \leq 0,01$), *A. lahue* ($p \leq 0,001$), *G. fragilis* ($p \leq 0,001$) y *B. mollis* ($p \leq 0,001$) aumentaron sus coberturas medias individuales, mientras que las especies *S. secundatum* ($p \leq 0,05$), *P. dilatatum* ($p \leq 0,001$), *H. microcephala* ($p \leq 0,01$), *Carex* spp. ($p \leq 0,01$) y *B. laguroides* ($p \leq 0,001$) disminuyeron sus respectivas coberturas medias.

Las estimaciones de cobertura correspondientes a los años 1981 y 1982, hechas con la metodología de Braun-Blanquet, confirman las tendencias observadas en los tratamientos de 1979 y 1980 razón por la cual no se presentan.

En 1983, un año después de la última fertilización, el patrón de respuesta no es similar a los años anteriores ya que las gramíneas invierno-primaverales, especialmente *L. multiflorum* y *G. fragilis*, no presentaron sus mayores coberturas asociadas a los tratamientos fertilizados con N. Estas especies disminuyeron significativamente su cobertura ($p \leq 0,01$) y *P. dilatatum* y *B. laguroides* la aumentaron ($p \leq 0,01$). El análisis de correspondencia (Fig. 2) muestra que la composición florística en 1983 es más parecida a la composición inicial previa a la fertilización.

Variante 2. El análisis de correspondencias del relevamiento correspondiente a la fertilización de 1979 mostró una clara separación de las parcelas fertilizadas con N a lo largo del eje 1 (Figura 3b). Esta separación estuvo también bien definida en el eje 2 para las parcelas fertilizadas con P, con o sin el agregado de N. Al igual que en V1, *L. multiflorum*, *B. mollis*, *G. fragilis* y *Carex* spp. fueron más abundantes en las parcelas fertilizadas con N. En las parcelas

fertilizadas sólo con P fueron abundantes *L. tenuis*, *P. canescens*, *Setaria geniculata* (Lam.) Beauv. y *Panicum bergii* Arech. En 1980, como en V1, es notable el aislamiento de las parcelas testigo cuya composición botánica fue diferente del resto de las parcelas (Figura 3d).

Las coberturas de *Carex* spp., *G. fragilis* y *L. multiflorum* fueron mayores en las parcelas fertilizadas con N, mientras que las de *B. laguroides* y *D. scoparia* fueron menores respecto de las parcelas testigo correspondientes. *L. multiflorum* fue la única especie cuya cobertura aumentó con el agregado de P (Tabla 3). Con la fertilización nitrogenada, en 1980, aumentó la cobertura de *B. mollis* mientras que las coberturas de *D. scoparia* y *S. secundatum* disminuyeron. Si bien la cobertura de *G. fragilis* en la primavera de 1980 no llegó a detectar el efecto de la fertilización nitrogenada (aunque, probabilísticamente, estuvo cerca de hacerlo $p=0.079$), dicho efecto se detectó con el análisis de correspondencias (Figura 3d). Las especies cuyas coberturas variaron como consecuencia de las fertilizaciones con N y P fueron *L. multiflorum* y *L. tenuis*. El agregado de N aumentó la cobertura de *L. multiflorum*, mas disminuyó la de *L. tenuis*. El P aumentó las coberturas de ambas especies, particularmente la de *L. tenuis*. La fertilización con P disminuyó, por su parte, la cobertura de *Carex* spp. (Tabla 3).

Entre las primaveras de 1979 y 1980, las coberturas medias de *L. multiflorum*, *D. montevidensis*, *G. fragilis*, *B. mollis* y *L. tenuis* aumentaron ($p \leq 0,01$); las de *S. secundatum*, *P. dilatatum*, *Carex* spp., *D. scoparia* y *B. laguroides* disminuyeron. ($p \leq 0,01$).

En 1983 se observa un claro patrón de respuesta residual a la fertilización con P independientemente de la dosis de N agregada. El análisis de correspondencia (Fig. 2) muestra que la composición florística en 1983 es distinta a la composición inicial previa a la fertilización sobre todo en cuanto a la abundancia de *L. tenuis*.

Tabla 3. Valores de cobertura en los meses de noviembre de 1979 y 1980 de las especies que fueron abundantes en la variante 2 en septiembre de 1979, antes de la primera fertilización¹ y respondieron significativamente a la fertilización con N y/o P.

Cover values in November 1979 and 1980 for the species which were most abundant in variant 2 in September 1979, before the first fertilization and responded significantly to the addition of N and/or P.

Especie ²	Combinación de fertilizantes ³						$\bar{x} \pm s^4$	DN ⁵	DP ⁶
	0-0	0-25	0-50	100-0	100-25	100-50			
a) 1979									
BOL	321±101 <i>10,0</i>	305±56 <i>9,0</i>	346±200 <i>11,5</i>	271±194 <i>7,2</i>	28±63 <i>0,1</i>	98±90 <i>1,0</i>	228±171 <i>5,1</i>	-59***	n.s.
CAR	291±145 <i>8,2</i>	317±66 <i>9,1</i>	226±72 <i>5,0</i>	510±135 <i>23,8</i>	390±114 <i>14,4</i>	371±107 <i>13,1</i>	351±135 <i>11,8</i>	52**	n.s.
DSC	414±123 <i>16,2</i>	403±125 <i>15,4</i>	436±60 <i>17,8</i>	401±117 <i>15,2</i>	371±147 <i>13,1</i>	172±107 <i>2,9</i>	366±139 <i>12,8</i>	-25*	n.s.
GAU	277±86 <i>7,5</i>	283±159 <i>7,8</i>	386±57 <i>14,2</i>	385±229 <i>14,1</i>	468±102 <i>20,3</i>	573±213 <i>29,4</i>	395±176 <i>14,8</i>	50**	n.s.
LOM	545±100 <i>26,9</i>	725±83 <i>44,0</i>	716±143 <i>43,1</i>	762±205 <i>47,7</i>	856±91 <i>57,0</i>	903±231 <i>61,6</i>	751±182 <i>46,6</i>	27**	22**
b) 1980									
BRM	45±101 <i>0,2</i>	202±210 <i>4,0</i>	182±134 <i>3,3</i>	410±252 <i>15,9</i>	250±84 <i>6,1</i>	384±116 <i>14,0</i>	245±193 <i>5,9</i>	143**	n.s.
CAR	256±177 <i>6,4</i>	210±13 <i>4,3</i>	162±163 <i>2,6</i>	252±106 <i>6,2</i>	28±63 <i>0,1</i>	120±187 <i>1,4</i>	171±154 <i>2,9</i>	n.s.	-49*
DSC	155±103 <i>2,4</i>	276±91 <i>7,4</i>	269±103 <i>7,1</i>	239±91 <i>5,6</i>	181±135 <i>3,2</i>	0 <i>0</i>	187±130 <i>3,4</i>	-40**	n.s.
LOM	1007±171 <i>71,4</i>	1260±63 <i>90,6</i>	1276±73 <i>91,6</i>	1181±144 <i>65,6</i>	1400±113 <i>97,1</i>	1419±82 <i>97,7</i>	1257±175 <i>90,5</i>	13***	22**
LTE	57±78 <i>0,3</i>	318±197 <i>9,8</i>	595±148 <i>31,4</i>	120±68 <i>1,4</i>	172±132 <i>2,9</i>	179±181 <i>3,2</i>	240±222 <i>5,6</i>	-51**	704***
STS	666±173 <i>38,2</i>	613±159 <i>33,1</i>	580±161 <i>30,0</i>	345±193 <i>11,4</i>	554±271 <i>27,7</i>	299±188 <i>8,7</i>	509±226 <i>23,7</i>	-36**	n.s.

¹Media ± desviación típica ($\times 10^3$; n=5) de los valores de cobertura transformados en arcos de seno. La media retrotransformada y expresada en porcentaje se muestra en bastardillas. ²**BOL:** *B. laguroides*; **BRM:** *Bromus mollis*; **CAR:** *Carex* spp.; **DSC:** *D. scoparia*; **GAU:** *G. fragilis*; **LOM:** *L. multiflorum*; **LTE:** *L. tenuis*; **STS:** *S. secundatum*. ³Dosis de fertilizantes en kgN-kgP.ha⁻¹.año⁻¹. ⁴Media±desviación típica ($\times 10^3$; n=30). ⁵Incremento relativo debido al N (%). DN=((Total sin N/Total de 100kg N) - 1)*100. ⁶Incremento relativo debido al P (%). DP=((Total de 25kg P+Total de 50kg P)/(2*Total sin P)) - 1)*100

¹Mean±standard deviation ($\times 10^3$; n=5) of arcsin transformed cover values. The back transformed mean is expressed in percent and is shown in italics. ²**BOL:** *B. laguroides*; **BRM:** *Bromus mollis*; **CAR:** *Carex* spp.; **DSC:** *D. scoparia*; **GAU:** *G. fragilis*; **LOM:** *L. multiflorum*; **LTE:** *L. tenuis*; **STS:** *S. secundatum*. ³Fertilizer rates in kgN-kgP.ha⁻¹.yr⁻¹. ⁴Mean±standard deviation ($\times 10^3$; n=30). ⁵Relative increment due to N. DN=((Total without N/Total of 100kgN)-1)*100. ⁶Relative increment due to P. DP=((Total of 25kgP+Total of 50kgP)/(2*Total without P))-1)*100.

n.s.: p>0.05; *: p≤0.05; **: p≤0.01; ***: p≤0.001.

Productividad Primaria Neta Aérea

La PPNA de cada comunidad fue definitivamente estacional. El valor promedio de la PPNA de ambas comunidades fue cinco veces mayor en los períodos primavera-estivales que en los siguientes períodos otoño-invernales correspondientes. En consecuencia, se presentan sólo los datos de los períodos primavera-estivales, que se extendían desde principios de octubre a fines de marzo.

La PPNA media de cada año para V1 (Tabla 4) y V2 (Tabla 5) fue mínima en 1979/80 y máxima en 1980/81. En ambos casos, la variación temporal es representable con un polinomio cúbico, cada uno de cuyos componen-

tes (lineal, cuadrático y cúbico) fue individualmente significativo ($p \leq 0,001$).

La fertilización con N incrementó en general la PPNA de ambas variantes y en V1 fue significativa solamente en 1980/81 y 1981/82 (Tabla 4); por ello, la variación temporal del efecto del N fue estrictamente parabólica ($p \leq 0,001$). En V2 también fue estimulante (Tabla 5) y el efecto mostró una variación estrictamente cúbica ($p \leq 0,01$). El valor máximo del efecto correspondió al período 1980/1981. No hubo aumento del efecto del N a lo largo del tiempo, puesto que el incremento manifestó la misma intensidad, tanto en 1979/1980 como en 1982/1983.

Tabla 4. Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) primavera-estival de la variante 1 fertilizada con N y P durante cuatro períodos anuales consecutivos¹.

Aerial Net Primary Productivity (ANPP) in spring-summer periods of variant 1 fertilized with factorial combinations of N and P during 4 annual consecutive periods¹.

Período	Combinación de fertilizantes ²						$\bar{x} \pm s^3$	DN ⁴	DP ⁵
	0-0	0-25	0-50	100-0	100-25	100-50			
1979/80	5,513±0,073	5,625±0,174	5,543±0,256	5,206±0,307	5,529±0,215	5,968±0,087	5,564±0,293	n.s.	36**
	<i>248</i>	<i>277</i>	<i>255</i>	<i>182</i>	<i>252</i>	<i>391</i>	<i>261</i>		
1980/81	6,387±0,228	6,670±0,391	6,764±0,208	6,932±0,335	7,258±0,226	7,296±0,210	6,884±0,412	74***	40**
	<i>594</i>	<i>788</i>	<i>866</i>	<i>1024</i>	<i>1419</i>	<i>1474</i>	<i>976</i>		
1981/82	5,978±0,218	6,449±0,296	6,197±0,108	6,371±0,112	7,005±0,072	6,684±0,114	6,447±0,371	61***	51***
	<i>395</i>	<i>632</i>	<i>491</i>	<i>585</i>	<i>1102</i>	<i>800</i>	<i>631</i>		
1982/83	5,936±0,129	6,622±0,153	6,683±0,185	6,073±0,287	6,715±0,111	6,536±0,128	6,427±0,351	n.s.	89***
	<i>378</i>	<i>751</i>	<i>799</i>	<i>434</i>	<i>825</i>	<i>690</i>	<i>618</i>		
$\bar{x} \pm s^{6,7}$	5,953±0,355	6,341±0,499	6,297±0,531	6,145±0,688	6,627±0,697	6,621±0,502	6,331±0,598	31***	53***
	<i>385</i>	<i>567</i>	<i>543</i>	<i>466</i>	<i>755</i>	<i>751</i>	<i>562</i>		

¹Media±desviación típica (n=5) de los logaritmos naturales de la PPNA (kg-MS.ha⁻¹.mes⁻¹). Los antilogaritmos de las medias se indican con bastardillas. ²kgN-kpP.ha⁻¹.año⁻¹. ³Media±desviación típica (n=30). ⁴Incremento relativo debido al N. DN=((Total sin N/Total de 100kgN)-1)*100. ⁵Incremento relativo debido al P. DP=((Total de 25kgP+Total de 50kgP)/(2*Total sin P))-1)*100. ⁶Media±desviación típica (n=20). ⁷La media general está basada en n=120 observaciones.

¹Mean±standard deviation (n=5) of the natural logarithm of ANPP (kg-DM.ha⁻¹.mo⁻¹). Antilogarithms of means are indicated in italics. ²kgN-kpP.ha⁻¹.yr⁻¹. ³Mean±standard deviation (n=30). ⁴Relative increment due to N. DN=((Total without N/Total of 100kgN)-1)*100. ⁵Relative increment due to P. DP=((Total of 25kgP+Total of 50kgP)/(2*Total without P))-1)*100. ⁶Mean±standard deviation (n=20). ⁷The general mean is based on 120 observations.

n.s.: p>0.05; **: p≤0.01; ***: p≤0.001.

Tabla 5. Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) primavero-estival de la variante 2 fertilizada con N y P durante cuatro períodos anuales consecutivos¹.

Aerial Net Primary Productivity (ANPP) in spring-summer periods of variant 2 fertilized with factorial combinations of N and P during 4 annual consecutive periods.

Período	Combinación de fertilizantes ²						$\bar{x} \pm s^3$	DN ⁴	DP ⁵
	0-0	0-25	0-50	100-0	100-25	100-50			
1979/80	5,124±0,326 <i>168</i>	5,223±0,313 <i>185</i>	5,292±0,212 <i>199</i>	5,329±0,286 <i>206</i>	5,471±0,279 <i>238</i>	5,779±0,525 <i>323</i>	5,370±0,375 <i>215</i>	37*	n.s.
1980/81	6,683±0,176 <i>799</i>	6,773±1,157 <i>874</i>	7,324±0,173 <i>1516</i>	7,277±0,164 <i>1447</i>	7,736±0,124 <i>2289</i>	7,647±0,114 <i>2094</i>	7,240±0,603 <i>1394</i>	87**	n.s.
1081/82	5,848±0,361 <i>346</i>	6,599±0,31 <i>734</i>	6,875±0,103 <i>968</i>	6,196±0,308 <i>491</i>	6,672±0,224 <i>790</i>	6,875±0,264 <i>968</i>	6,511±0,455 <i>672</i>	n.s.	108***
1982/83	5,301±0,397 <i>200</i>	6,441±0,133 <i>627</i>	6,581±0,100 <i>721</i>	5,912±0,455 <i>369</i>	6,585±0,217 <i>724</i>	6,750±0,148 <i>854</i>	6,262±0,571 <i>524</i>	36**	167***
$\bar{x} \pm s^{6,7}$	5,739±0,691 <i>311</i>	6,259±0,847 <i>523</i>	6,618±0,788 <i>677</i>	6,179±0,783 <i>482</i>	6,616±0,846 <i>747</i>	6,763±0,737 <i>865</i>	6,345±0,077 <i>570</i>	41***	79***

¹Media±desviación típica (n=5) de los logaritmos naturales de la PPNA (kg-MS.ha⁻¹.mes⁻¹). Los antilogaritmos de las medias se indican con bastardillas. ²kgN-kpP.ha⁻¹.año⁻¹. ³Media±desviación típica (n=30). ⁴Incremento relativo debido al N. DN=((Total sin N/Total de 100kgN)-1)*100. ⁵Incremento relativo debido al P. DP=((Total de 25kgP+Total de 50kgP)/(2*Total sin P))-1)*100. ⁶Media±desviación típica (n=20). ⁷La media general está basada en n=120 observaciones.

¹Mean±standard deviation (n=5) of the natural logarithm of ANPP (kg-DM.ha⁻¹.mo⁻¹). Antilogarithms of means are indicated in italics. ²kgN-kpP.ha⁻¹.yr⁻¹. ³Mean±standard deviation (n=30). ⁴Relative increment due to N. DN=((Total without N/Total of 100kgN)-1)*100. ⁵Relative increment due to P. DP=((Total of 25kgP+Total of 50kgP)/(2*Total without P))-1)*100. ⁶Mean±standard deviation (n=20). ⁷The general mean is based on 120 observations.

n.s.: p>0.05; **: p≤0.01; ***: p≤0.001.

La fertilización con P siempre aumentó la PPNA de V1 (Tabla 4); el efecto fue creciente en el tiempo (p ≤ 0,05) pero levemente cóncavo (p ≤ 0,05). En el primer período (1979/1980) el efecto del P sobre la PPNA se manifestó y fue estrictamente lineal solamente en las parcelas que habían sido fertilizadas con N; posteriormente se hizo convexo en la dosis de 25 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹, independientemente de la fertilización nitrogenada. Por su parte, en V2, la fertilización con P estimuló la PPNA a partir del período 1981/82 (Tabla 5). Ese efecto fue linealmente creciente (p ≤ 0,001) en el tiempo. En 1981/82, el efecto del P sobre la PPNA fue lineal, pero se manifestó curvo (p ≤ 0,01) a partir de la dosis de 25 kg-P.ha⁻¹.año⁻¹ en 1982/83.

DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo, como otros estudios experimentales (Tilman, 1982), muestran que el suministro de nutrientes puede controlar la composición florística de las variantes estudiadas.

La cobertura de las gramíneas invernoprimerales anuales e introducidas aumentó consistentemente por la fertilización con N y con N y P mientras que las nativas perennes, *P. montevidensis*, *D. montevidense*, *S. papposa* y *Stipa neesiana* Trin. et Rupr. no modificaron su cobertura por efecto de la fertilización.

Por su parte, las coberturas de las gramíneas primavero-estivales no fueron, en gene-

ral, modificadas por la fertilización en la primavera, salvo el achicamiento de la población de *B. laguroides* en las parcelas fertilizadas con N en ambas variantes (Tablas 2 y 3). Esas especies estivales estaban muy probablemente sometidas a una fuerte competencia nutricional por las especies invierno-primaverales, las que se hallaban en la plenitud del crecimiento (Faggi & Collantes, 1978; León & Bertiller, 1982). Un año después de la última fertilización *B. laguroides* y *P. dilatatum*, en V1, recuperaron los valores de cobertura iniciales.

L. tenuis, la única leguminosa relevante en V1 y V2, es a nuestro juicio la especie clave en la diferenciación cualitativa de esas variantes en dos entidades totalmente diferentes desde un punto de vista florístico. De ser una población específica prácticamente insignificante tanto antes de la fertilización química (Tabla 1) como en las dos primeras fertilizaciones (Tablas 2 y 3), llegó a ser la especie más abundante -junto con *S. secundatum*- en V2 en la primavera de 1983, un año después de la última aplicación de fertilizantes (Figura 2). Es notable que *L. tenuis* es la especie que mostró la respuesta más intensa al P, pero sólo en V2 y en la primavera de 1980 (Tabla 5) y 1983 (Fig. 2). Las leguminosas nativas presentaron valores muy bajos de cobertura y no respondieron significativamente al agregado de nutrientes, salvo *A. bicolor* en V1 y en la primavera de 1980 que respondió al agregado de P.

La respuesta de ambas variantes fue diferente al dejar de fertilizar. La variante 2 en 1983 fue distinta a sí misma en 1979 (antes de la primera fertilización) debido al mencionado incremento de *L. tenuis* y otras especies como *B. mollis*, *Phyla canescens* y *A. tenuifolia*. Por el contrario, la variante 1 fue bastante similar a sí misma al cabo de cuatro años de fertilización (Figura 2a y b).

En nuestros ensayos previos (Ginzo *et al.*, 1982;1986), en comunidades que ocupan los extremos del gradiente de salinidad descripto para la región, también las especies introdu-

cidas incrementaron su cobertura. En el extremo menos salino del gradiente aumentó la cobertura de *Phalaris aquatica* L., especie perenne, en los tratamientos fertilizados con nitrógeno. En el otro extremo del gradiente aumentó la frecuencia de *G. fragilis* en todos los tratamientos, y en algunos de los fertilizados con N, y N y P presentó mayores valores de cobertura. Las especies leguminosas, inicialmente con valores muy bajos de cobertura, no presentaron variaciones significativas en sus contribuciones excepto en el caso de *Medicago polymorpha* L. que no se registró en los tratamientos fertilizados con la dosis máxima de N.

La PPNA de cada variante en un cierto período de crecimiento estuvo en relación directa con el balance del agua del suelo correspondiente a ese período. Cuando ese balance fue más deficitario, como en el período primavera-estival de 1979/80 (Figura 1 y Tablas 4 y 5), la PPNA media de V2 fue menor ($t = 2,24$; g.l. = 58; $p \leq 0,05$) que la de V1; mientras que para el período 1980/81, en que las precipitaciones superaron a la media, la PPNA media de V2 fue mayor que la de V1 ($t = -2,66$; g.l. = 58; $p \leq 0,05$). Para los otros dos períodos las PP.PP.NN.AA. medias de ambas variantes no difirieron significativamente.

El efecto de tanto el agregado de N como el de P sobre la PPNA fue distinto en cada una de las variantes. En cuanto a la fertilización con N, esta estimuló la PPNA de V2 pero no de V1 en los períodos más secos (1979/80 y 1982/83; *cf.* Tablas 4 y 5). En cuanto a la fertilización con P, esta estimuló la PPNA de V1 consistentemente a lo largo del período experimental, si bien esa estimulación fue, en términos generales, menor que la provocada en V2 (*cf.* Tablas 4 y 5). Los tratamientos fertilizados con N y P alcanzaron los mayores valores de PPNA y fueron en promedio, para el período de cuatro años, dos veces mayores que el testigo en V1 y tres veces en V2.

Cabe preguntarse cómo se ubican V1 y V2 en el contexto de los estudios de producti-

vidad ya hechos en otras comunidades prateses de la Depresión. La productividad aérea anual promedio de cuatro años de estimaciones fue de 326 g.m⁻² en V1 y 275 g.m⁻² en V2 para el tratamiento testigo. En V1, los valores oscilaron entre 179 g.m⁻² en el año de máximo déficit hídrico a 447 g.m⁻² en el año de máximas precipitaciones (Figura 1); mientras que en V2 el rango fue de 124 a 543 g.m⁻². En una estimación de la PPNA, una variante de la misma comunidad que la analizada en este trabajo, produjo 532 g.m⁻².año (Sala *et al.*, 1981). Este valor, que corresponde a un año de mediciones, está dentro del rango mencionado más arriba si bien las metodologías utilizadas en la estimación no fueron las mismas. La PPNA de ambas variantes de la comunidad es similar a la estimada por Ginzo *et al.* (1982) para suelos altos y bien drenados que ocupan el extremo menos salino del gradiente de salinidad que caracteriza a la región (310 g.m⁻².año, promedio de 3 años). En el extremo más salino del gradiente la PPNA fue de 120 g.m⁻².año (Ginzo *et al.*, 1986).

En la Depresión del Salado la actividad económica más extendida ha sido la ganadería debido a restricciones ambientales derivadas de los suelos y a la ocurrencia de inundaciones periódicas que dificultan el reemplazo de los pastizales naturales por comunidades implantadas de mayor productividad. De acuerdo a los resultados de este ensayo y para las variantes de la comunidad más conspicua, la fertilización serviría para incrementar la productividad y provocaría un cambio importante en la composición botánica favoreciendo el desarrollo de especies forrajeras consideradas valiosas (Cauhépé *et al.*, 1985). La respuesta a la fertilización debería ponerse a prueba en condiciones de pastoreo ya que en el presente estudio la misma está asociada a cortes frecuentes del pastizal. Sala (1988) señaló que el pastoreo tiende a borrar diferencias florísticas entre comunidades de la Depresión que han tenido corta historia evolutiva con grandes herbívoros. Bajo condicio-

nes de pastoreo es posible, en principio, que los efectos divergentes que la fertilización mineral tiene sobre la composición específica no sean tan marcados como los observados en el presente caso.

AGRADECIMIENTOS

Estas investigaciones fueron financiadas por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Los autores quieren agradecer a la Lic. Marcela Cagnoni, Sra. Aurora Fueyo y Sr. Aníbal Pérez por su asistencia técnica en tareas de campo; al Ing. Agr. Juan Forte Lay por su asesoramiento en el cálculo del balance hídrico y a la Armada Argentina por permitir la realización de los ensayos en su predio.

BIBLIOGRAFÍA

- Affi, A. A. & V. Clark.** 1984. Computer-aided multivariate analysis. Lifetime Learning Publications, Belmont, California. 458 pp.
- Aldea, O. H. & A. Gardner.** 1971. Introducción de leguminosas en campo natural. Informe de Actividades 1970-71. EERA, Balcarce INTA, Dep. Producción Animal.
- Aldea, O. H. & A. Gardner.** 1972. Introducción de leguminosas en campo natural. Informe de Actividades 1971-72. EERA, Balcarce INTA, Dep. Producción Animal.
- Berasategui, L. & L. Barberis.** 1982. Relaciones entre unidades de suelo y vegetación de un área de la Depresión del Salado. Revista de la Facultad de Agronomía, Buenos Aires 3: 13-25.
- Braun-Blanquet, J.** 1979. Fitosociología. H. Blume Ediciones, Madrid. 820 pp.
- Cauhépé, M. A., E. Ridruejo, J. R. Orbea, O. R. Aldea & A. Gardner.** 1971. Fertilización de pasturas y mejoramiento de campo natural. Informe de Actividades 1970-71. EERA, Balcarce INTA, Dep. Producción Animal.
- Cauhépé, M. A., E. Ridruejo & O. H. Aldea.** 1982. Intersiembrado y fertilización en cobertura como método alternativo de modificación de pastizales de la Depresión del Salado. Revista Argentina de Producción Animal 2: 543-551.
- Cauhépé, M. A., L. G. Hidalgo & A. Galatoire.** 1985. Aplicación de un índice de valoración

- zootécnica en pastizales de la Depresión del Salado. Revista Argentina de Producción Animal 5: 681-690.
- Cochran, W. G. & G. M. Cox.** 1957. Experimental designs. 2nd ed. John Wiley, New York. 617 pp.
- Collantes, M. B., M. Kade & A. Puerto.** 1980. Empleo de técnicas de análisis de correspondencias y análisis diferencial en el estudio de un área de pastizales de la "Depresión del Salado" (Pcia de Buenos Aires). Studia Oecologica 1: 89-107.
- Collantes, M. B., M. Kade, C. Myacszynski & O. Santanatoglia.** 1988. Distribución de especies en función de factores edáficos en un pastizal natural de la Depresión del Río Salado (Provincia de Buenos Aires). Studia Oecologica 5: 77-93.
- Daget, P. H. & J. Poissonet.** 1971. Uné méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. Ann. Agron.22(1): 5-41.
- Faggi, A. M. & M. B. Collantes.** 1978. Introducción al estudio fitofenológico de los pastizales de la Depresión del Salado. Ecosur 5: 201-211.
- Gardner, A., O. H. Aldea & E. Ridruejo.** 1970. Fertilización de pasturas cultivadas y anuales. Informe de Actividades 1968-70. EERA, Balcarce INTA, Dep. Producción Animal.
- Ginzo, H. D., M. B. Collantes & O.H. Caso.** 1982. Fertilization of a native grassland in the Depresión del Río Salado, Province of Buenos Aires: Herbage dry matter accumulation and botanical composition. Journal of Range Management 35: 35-39.
- Ginzo, H. D., M. B. Collantes & O. H. Caso.** 1986. Fertilization of a halophytic grassland in Argentina: Herbage dry matter, botanical composition, and mineral content. Turrialba 36: 453-459.
- León, R. J. C.** 1975. Las comunidades herbáceas de la región Castelli-Pila. En: Productividad Primaria Neta de Sistemas Herbáceos. Monografías 5: 75-107. C.I.C. La Plata.
- León, R. J. C. & M. Bertiller.** 1982. Aspectos fenológicos de dos comunidades del pastizal de la Depresión del Río Salado (Pcia. de Buenos Aires). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 20 (3-4):329-347.
- Mendoza, R.** 1981. Eficiencia en la utilización de fósforo de tres leguminosas forrajeras. Phytion 41 (1-2): 33-44.
- NTSYS-pc.** 1993. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, version 1.80, F. James Rohlf, Dept. of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5245, Exeter Software.
- Ridruejo, E., O. J. Aldea, R. Orbea, M. Cauhépe & G. Montes de Oca.** 1974. Efecto de la fertilización con fósforo sobre el rendimiento de pasturas perennes durante el primer año. Revista Argentina de Producción Animal 3: 275-293.
- Rowell, J. G. & D. E. Walters.** 1976. Analysing data with repeated observations on each experimental unit. Journal of Agriculture Science, Cambridge 87: 423-432.
- Sala, O. E.** 1988. The effect of herbivory on vegetation structure. En: Plant form and vegetation structure. Eds Werger M J A, P J van der Aart, H J During and J T A Verhoeven SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands: 317-330.
- Sala, O. E., A. Deregibus, T. Schlichter & H. Alippe.** 1981. Productivity dynamics of a native temperate grassland in Argentina. Journal of Range Management 34: 48-51.
- ter Braak, C. J. F.** 1987-1992. CANOCO-a FORTRAN program for Canonical Community Ordination. Microcomputer Power, Ithaca, New York, USA.
- Thornthwaite, C. W. & J. R. Mather.** 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publications in Climatology Vol.10 N°3: 185-311. Drexel Institute of Technology, Centerton, New Jersey.
- Tilman, D.** 1982. Resource competition and community structure. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, U.S.A. 296 pp.
- Vervoorst, F. B.** 1967. La vegetación de la República Argentina. VII. Las comunidades de la Depresión del Salado (Prov. Buenos Aires). INTA. Serie Fitogeográfica N° 7: 173-189.