

# FERTILIZACION, PRODUCTIVIDAD Y SIETE AÑOS DE SUCESION DE LA PRADERA MEDITERRANEA ANUAL BIESTRATIFICADA CON *PHALARIS TUBEROSA*

Juan M. Gastó C.<sup>1</sup>

Eugenio Caviédes de la R.<sup>2</sup>

David Contreras T.<sup>3</sup>

## ABSTRACT

### FERTILIZATION, PRODUCTIVITY AND SUCCESSION OF THE MEDITERRANEAN RANGE RESEEDED WITH *PHALARIS TUBEROSA*

The productivity and plant succession of a two-stratum range fertilized annually with  $N_0P_{100}$  and  $N_{61}P_{100}$  were studied for seven years. The range components were resident pterophytes and reseeded hemicytrophites (*Phalaris tuberosa* var. *stenoptera*).

Largest productivity was recorded in the second year and greatest range stability, in the last two years. Maximum variability due to fertilizer was smaller than that due to range age. The productivity of the  $N_0P_{100}$ —fertilized *Phalaris tuberosa* legume range remained as low as that of the  $N_0P_0$  treatment.

Mineral fertilization did not result in chemical changes in each plant species, but in changes in the phytocoenosis composition.

## INTRODUCCION

Una de las asociaciones más características de la región mediterránea de Chile Central, es la estepa de *Acacia caven* (Mol.) Hook et Arn. o

Recepción de originales: 8 de junio de 1976.

<sup>1</sup>Ing. Agr., Ph.D., Prof. de Ecología y de Manejo de Pastizales, Fac. de Agronomía, Univ. de Chile. Casilla 1004. Santiago.

<sup>2-3</sup>Ings. Agrs., M. Sc., Profs. de Manejo de Pastizales, Fac. de Agronomía, Univ. de Chile. Casilla 1004. Santiago.

espinal (FOLLMAN y MATTE, 1963). Esta asociación constituye una de las biocenosis más extendidas de norte a sur del país, abarcando una angosta faja de ecosistemas dominados por *Acacia caven*; caracterizados, en general, por los suelos profundos, de poca pendiente y de buena calidad. A pesar de la alta productividad de la fitocenosis, varias estrategias han sido recomendadas con el objeto de incrementar la cosecha de biomasa vegetal susceptible de ser canalizada hacia el hombre a través de los herbívoros domésticos.

La estrategia tradicional de conversión ecosistémica en el país ha sido la eliminación de las estratas naturales de fanerofitas, camefitas y hemicriptofitas, con el objeto de reducir su competencia y, de esta manera, estimular el desarrollo de las terofitas residentes. Un esquema de los cambios producidos en el ecosistema fue presentado en el estudio de OLIVARES y GASTÓ (1971). Considerando, sin embargo, el éxito obtenido en otras regiones mediterráneas al sustituir parcial o totalmente la estrata de terofitas por otra de hemicriptofitas, se ha tratado, en el presente estudio, de evaluar la capacidad productiva de ecosistemas biestratificados, en los cuales la estrata monofita superior está dominada por *Phalaris tuberosa* var. *stenoptera* (Hack) Hitch, y la estrata inferior sea polifita, en la cual se encuentran presentes todas las terofitas residen-

tes, más las exóticas adaptadas al sitio. En esta forma se presume un gran incremento de la productividad del ecosistema, especialmente en la porción susceptible de ser canalizada hacia el hombre.

La segunda limitante, que debe ser eliminada con el objeto de incrementar la productividad de las estratas herbáceas, es el nivel de fertilidad del suelo. Algunos estudios indican que el elemento principal limitante al crecimiento de las plantas es el nitrógeno (GASTÓ y LAZEN, 1966; GASTÓ, SILVA y CAVIÉDES, 1966). Estos estudios, sin embargo, han sido realizados por períodos muy cortos, por lo cual no han evaluado los cambios en las sucesiones vegetales al aplicar, en años consecutivos, cantidades elevadas de fósforo. Ello podría inducir a sucesiones progresivas que estimularan el desarrollo de leguminosas residentes y de las sembradas a partir del segundo o tercer año del estudio. La adición de fósforo podría significar un incremento de la tasa de natalidad de las papilionáceas de los géneros *Trifolium* y *Medicago* y una reducción de sus tasas de mortalidad, para mantener su equilibrio poblacional a densidades más altas.

El objetivo principal de este estudio es comparar la productividad pratense en ecosistemas que no han recibido adición alguna de fertilización mineral, versus la productividad cuando el ecosistema recibe adiciones considerables de nitrógeno mineral. Como alternativa, se presenta la posibilidad de incrementar la productividad de nitrógeno a través del posible estímulo a las leguminosas al fertilizar la pradera con fosfato.

Se ha pensado que muchos estudios no han demostrado efectos positivos de la fertilización, porque no se han continuado por períodos prolongados. Por esta razón, el presente estudio ha tenido una duración de siete años, lapso suficientemente amplio como para detectar sucesiones vegetales en las estratas herbáceas de especies anuales y perennes. La acción de los fertilizantes minerales y de prácticas de manejo, dado suficiente tiempo, se expresa a

través de cambios ecológicos, tanto de la biocenosis como del ecotopo (BIDWELL y HOLE, 1965; COSTELLO y TURNER, 1941; EHRENREICH y AIKMAN, 1963; JONES, 1933; JONES y EVANS, 1960; LEITH, 1960; LIIV, 1970; MCKELL *et al.*, 1965).

La utilización directa de la pradera por el animal es garantía de una mejor evaluación del efecto del nutrimento y de sus posibles interacciones con la zoocenosis, tanto en lo que se refiere a sus efectos directos como a las posibles modificaciones en los ciclos biogeoquímicos.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la Sección Secano de la Hacienda La Rinconada de Maipú, de la Universidad de Chile, en la provincia de Santiago. Los suelos donde se realizó la investigación corresponden a terrenos aluviales de formación reciente, en los cuales el desarrollo del perfil es escaso. Las características más sobresalientes son su textura franco-arcillosa, gran profundidad, buen drenaje y pendiente inferior al uno por ciento.

La precipitación media del lugar es 275,6 mm y la mediana 288,6 mm. Los valores anuales y mensuales registrados durante el período de estudio y los años inmediatamente anteriores se indican en el Cuadro I.

Las precipitaciones se concentran durante los meses fríos, de mayo a agosto. Ocasionalmente se registran algunas precipitaciones durante el período cálido del año, el que se caracteriza por su extrema sequía.

La vegetación natural del lugar corresponde al bosque clímax latifoliado, el cual se encuentra corrientemente en etapa disclímax de estepa de *Acacia caven* (OLIVARES y GASTÓ, 1971). En el lugar mismo donde se hizo el estudio, la vegetación había sido sometida a intensa destrucción selectiva de las especies productivas de combustibles y a una continuada sobreutilización de la pradera por parte del ganado. Ello trajo como consecuencia un exagerado desarrollo de un consumidor prima-

Cuadro 1

PRECIPITACIONES MENSUALES Y ANUALES REGISTRADAS EN RINCONADA DESDE 1960 HASTA 1971, EXPRESADO EN MM.

Mes	Año											
	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Enero	—	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Febrero	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Marzo	—	15,5	—	3,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Abril	—	—	—	2,1	2,2	22,0	45,7	1,8	13,5	25,9	—	7,6
Mayo	23,0	22,0	5,2	33,9	—	64,2	9,0	8,1	—	38,4	69,2	3,9
Junio	138,7	95,1	166,9	43,8	48,9	18,7	165,1	36,0	8,0	84,4	53,2	162,4
Julio	65,7	30,6	18,3	129,7	36,4	114,3	108,9	80,2	0,6	101,4	159,7	56,7
Agosto	40,2	76,8	18,3	110,5	76,5	169,8	17,0	24,7	8,0	168,6	3,3	24,8
Septiembre	10,7	26,6	8,8	93,3	—	—	—	35,5	16,0	—	4,0	8,2
Octubre	0,3	14,3	10,0	16,1	—	11,9	—	5,2	—	—	13,3	21,3
Noviembre	—	—	—	3,5	—	5,0	21,2	—	—	—	—	—
Diciembre	—	6,0	—	—	6,7	10,5	16,5	—	—	—	—	—
Total anual	278,6	288,6	227,5	436,4	170,1	416,4	383,4	191,5	46,1	168,6	302,7	285,9

rio natural, *Octodon degu*, y la consiguiente reducción de tejido vegetal consumible por el ganado doméstico. Hasta el año 1962 la estrata dominante de fanerofitas estaba dominada por *Proustia cuneifolia* mezclada con algunos escasos ejemplares de *Solanum tomatillo*.

La vegetación natural fue eliminada a través del destronque manual y luego roturado el suelo en el año 1963; en el año 1964 el sector fue sembrado con un cereal y en 1965, después de la primera lluvia efectiva, se estableció *Phalaris tuberosa* durante la primera semana de junio. El establecimiento se hizo en líneas distanciadas a 1,00 m en dosis de 5 kg por hectárea. Durante el primer año se efectuaron dos aplicaciones de 2,4-D seguidas de rastrajes con rastra de ramas con el objeto de controlar las malezas de hoja ancha que se desarrollaron en la pradera. En esta forma se mantuvo la entrelínea libre de otras especies que no fueran la de reciente establecimiento. La pradera no recibió aplicación de herbicidas en los años siguientes.

En mayo del segundo año, se sembró en la entrelínea una mezcla de varias terofitas, entre las que se incluían *Trifolium subterraneum* de

las variedades Dwalganoop, Yarloop y Geraldton, *Medicago polymorpha*, *Lolium rigidum* y *Trisetobromus hirtus*, el establecimiento de estas especies fue deficiente.

La pradera no fue utilizada por el ganado durante el primer año. A partir del segundo año fue utilizada con pastoreo rotativo de ovinos durante dos o tres períodos cada año, con una intensidad moderada de utilización y alta densidad ganadera. El último período de utilización de cada año se hizo una vez madura la vegetación anual en el mes de noviembre y diciembre. La productividad en cada parcela de *Phalaris tuberosa* se calculó mediante el muestreo de diez líneas de 10 m de largo.

Antes de introducir el ganado ovino que utilizaba la pradera, se sacaban 10 muestras de la vegetación ofrecida. El muestreo de la vegetación anual se hizo al azar con cuadrantes de 0,50 m de ancho por 1,00 m de largo. Las muestras se cortaron a nivel del suelo y luego se secaron, con el objeto de obtener los resultados mediante materia seca producida. Simultáneamente, se obtuvo otra muestra al azar, con la que se calculó la composición botánica basada en el peso seco por especie.

La composición botánica se calculó por

grupos de especies o por especies individuales. Durante los últimos años se calculó, además, la frecuencia específica mediante el empleo de 30 cuadrantes de 0,2 m por 0,2 m.

Se calculó la composición química de la pradera y de los diversos grupos de vegetales que la componen, para los dos últimos años, obteniéndose resultados del contenido de proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y celulosa.

Se eligieron tres tratamientos de fertilización mineral con tres repeticiones, en bloques al azar, con parcelas de 2.500 m cuadrados. Se empleó un testigo sin fertilizante, otro que recibió anualmente aplicaciones de 100 kg por hectárea de anhídrido fosfórico en forma de superfosfato triple y un tercer tratamiento que, además de fósforo, recibió una aplicación de 64 kg por hectárea de nitrógeno en forma de nitrato de sodio. Las aplicaciones se hicieron anualmente en cobertera al comienzo de la época de las precipitaciones, generalmente, en junio. La duración del estudio fue de siete años, desde 1965 a 1971 inclusive.

## RESULTADOS

### *Productividad*

La producción total de materia seca de la pradera durante el primer año fue baja. Ello se debe, en parte, al escaso desarrollo de las plantas de *Phalaris* recién establecidas y al control total de las malezas y de las especies residentes, las cuales, de no habérselas controlado oportunamente, habrían alcanzado gran desarrollo. El efecto de la fertilización nitrogenada fue marcado en relación al tratamiento con fósforo y al testigo (Cuadro 2).

El segundo año de la pradera se presenta como el más productivo. El crecimiento total de la pradera fue ampliamente superior al de los demás años. En él se observó un marcado desarrollo de *Phalaris tuberosa* var. *stenoptera*, el cual superó al total de las terofitas. Es, precisamente, durante los primeros años de

establecida la pradera cuando las terofitas pioneras encuentran las mejores condiciones para desarrollarse y lograr su pleno desarrollo. Al igual que en el caso anterior, la fertilización estimula el crecimiento, tanto de la terofita, como de la hemicriptofita, aunque el estímulo a esta última fue proporcionalmente mayor.

*Amsinkia hispida* y *Erodium cicutarium* contribuyeron en proporciones similares a la cosecha de la biomasa proveniente de terofitas. Las gramíneas anuales en conjunto hicieron un aporte insignificante al total de la productividad.

Los resultados obtenidos el tercer año difieren del anterior en varios aspectos. Se observa en primer lugar que *Erodium cicutarium* y *Amsinkia hispida*, dejan de tener la importancia del año anterior al reducir considerablemente su productividad. Ninguna de las otras especies anuales incrementó su desarrollo a tal grado que permitiera compensar la reducción de *Erodium* y *Amsinkia*.

La pluviometría registrada el cuarto año fue de sólo 46,1 mm, los cuales se recibieron distanciadamente y en época inoportuna. Por ello la precipitación efectiva fue prácticamente nula y no hubo crecimiento de las plantas. Resulta difícil la interpretación de los resultados obtenidos a partir de ese entonces, pues algunos elementos de la pradera sufrieron un daño permanente. *Phalaris tuberosa* var. *stenoptera* sufrió considerablemente, y tanto su densidad como su dominancia decrecieron abruptamente, debido a la mortalidad producida durante 1968. La composición botánica de la pradera en el quinto año varió considerablemente, produciéndose un incremento de las anuales al reducirse la competencia de la perenne. *Erodium cicutarium* contribuyó con una alta proporción de la materia seca producida.

Al año siguiente, hubo incremento de las gramíneas perennes; las especies anuales, especialmente *Erodium cicutarium* y *Amsinkia hispida* continuaron contribuyendo con una

Cuadro 2

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE ORGANISMOS QUE COMPONEN LA PRADERA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTAREA

Tratamiento	Forrajeras				Malezas		Perennes
	<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Gramineas anuales</i>	<i>Varias</i>	Total	<i>Amsinkia hispida</i>	Total	<i>Phalaris tuberosa</i>
<i>Primer año, 1965</i>							
$N_0P_0$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
$N_0P_{100}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
$N_{64}P_{100}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38
<i>Segundo año, 1966</i>							
$N_0P_0$	1,19	0,13	0,45	1,77	1,16	2,93	1,90
$N_0P_{100}$	1,14	0,13	0,45	1,72	0,66	2,37	1,67
$N_{64}P_{100}$	1,09	0,23	0,29	1,61	1,46	3,07	3,74
<i>Tercer año, 1967</i>							
$N_0P_0$	0,13	0,04	0,00	0,17	0,11	0,28	2,13
$N_0P_{100}$	0,10	0,02	0,00	0,12	0,07	0,19	2,26
$N_{64}P_{100}$	0,36	0,21	0,00	0,57	0,32	0,89	3,02
<i>Cuarto año, 1968</i>							
$N_0P_0$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$N_0P_{100}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$N_{64}P_{100}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Quinto año, 1969</i>							
$N_0P_0$	1,81	0,01	0,10	1,93	0,30	2,24	0,17
$N_0P_{100}$	2,32	0,04	0,09	2,46	0,39	2,85	0,20
$N_{64}P_{100}$	2,19	0,06	0,29	2,54	1,17	3,72	0,16
<i>Sexto año, 1970</i>							
$N_0P_0$	0,34	0,19	0,04	0,57	0,08	0,79	0,27
$N_0P_{100}$	0,53	0,35	0,10	0,98	0,06	1,03	0,26
$N_{64}P_{100}$	0,92	1,34	0,00	2,26	0,25	2,30	0,23
<i>Séptimo año, 1971</i>							
$N_0P_0$	0,07	0,42	0,01	0,49	0,06	0,56	0,98
$N_0P_{100}$	0,11	0,37	0,00	0,48	0,03	0,52	0,84
$N_{64}P_{100}$	0,08	1,31	0,00	1,40	0,22	1,62	0,65

alta proporción de la materia seca, llegando a cuadruplicar a la perenne en el tratamiento  $N_{64}P_{100}$ .

Al séptimo y último año del estudio hubo

incremento de la productividad de *Phalaris tuberosa* var. *stenoptera*, el cual llegó incluso a sobrepasar a la materia seca producida por las anuales.

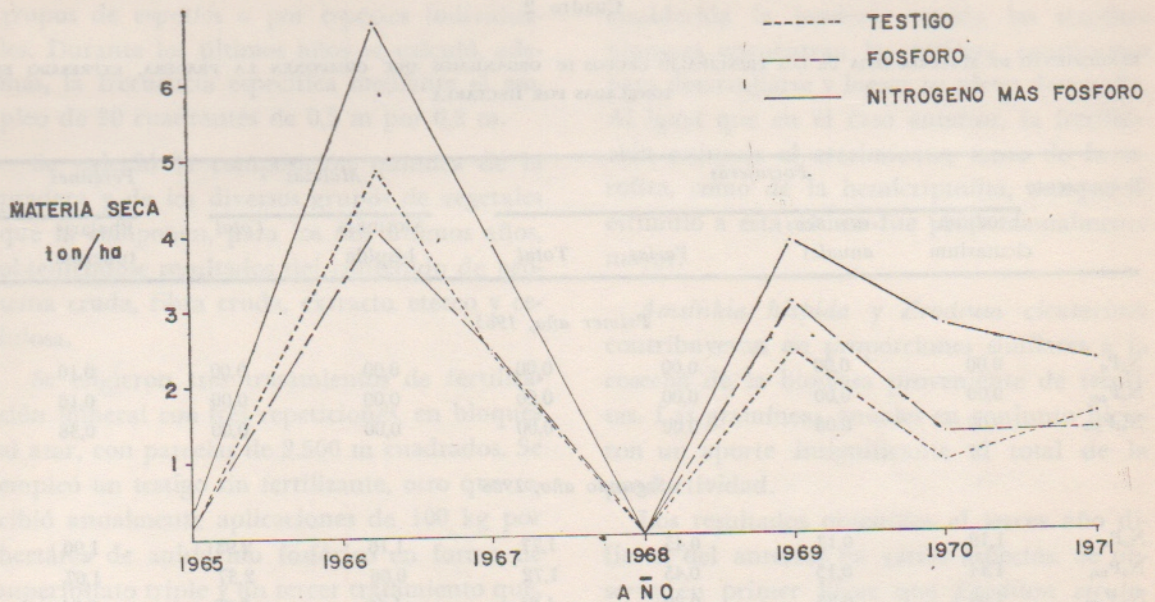


Figura 1. Productividad total de la pradera mediterránea de terofitas de diversas edades, pluristratificada con *Phalaris tuberosa* var. *stenoptera*.

Cuadro 3

PRODUCTIVIDAD TOTAL DE MATERIA SECA DE LA PRADERA, EXPRESADA EN TONELADAS POR HECTÁREA\*

Trata- miento	Año							Media siete años
	Primero 1965	Segundo 1966	Tercero 1967	Cuarto 1968	Quinto 1969	Sexto 1970	Séptimo 1971	
$N_0P_0$	0,16a	4,83a	2,41a	0,00a	2,40a	1,05a	1,54a	1,77a
$N_0P_{100}$	0,16a	4,05a	2,45a	0,00a	3,05a	1,30a	1,36a	1,85a
$N_{64}P_{100}$	0,38b	6,81b	4,13b	0,00a	3,89b	2,53b	2,27b	2,83b

\*Los tratamientos seguidos por distintas letras son significativamente diferentes para  $P < 0.05$ . Comparaciones entre tratamientos.

La productividad total de la pradera demuestra algunas tendencias generales a través de los años. La Figura 1 y el Cuadro 3 indican que la mayor productividad se produce al segundo año, disminuyendo abruptamente durante el tercer año. Durante el sexto y el séptimo año la productividad total se reduce en relación a los primeros años de pradera, logrando alcanzar mayor estabilidad. Se observa, además, que existe una marcada variabilidad en la productividad de un año a otro. Una parte de esta variabilidad se debe a la

edad de la pradera, y otra parte considerable, a las variaciones climáticas anuales.

La fertilización mineral basada en  $N_{64}P_{100}$  produjo un aumento considerable de la productividad total de biomasa. Este incremento, sin embargo, fue de magnitud inferior al originado en la variabilidad anual de la productividad, debido a variaciones en la pluviometría. El tratamiento  $N_0P_{100}$  sólo estimuló levemente la productividad, e incluso en algunos años dio resultados inferiores al testigo sin fertilizante.

La productividad de *Phalaris tuberosa* var. *stenopectera* fue elevada durante el segundo y el tercer año (Fig. 2). El estímulo al incremento de la productividad originado en la adición

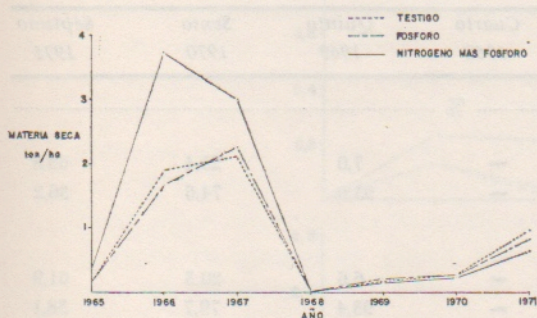


Figura 2. Productividad de materia seca de *Phalaris tuberosa* var. *stenopectera* en la pradera mediterránea de terofitas pluriestratificada con la hemipterofita.

de  $N_{64}P_{100}$  fue máximo en los primeros años, cuando la densidad y dominancia de la especie era elevada. La productividad del tratamiento testigo y la de  $N_0P_{100}$  fue muy similar; en ambos casos, fue superior a la productividad de los últimos años, incluso en relación al tratamiento que recibió nitrógeno.

El envejecimiento de la pradera originó sucesiones vegetales que tendieron a una disminución de la productividad de falaris. No ocurrió lo mismo en el tratamiento  $N_0P_0$  y en el  $N_0P_{100}$ , los cuales sobrepasaron al tratamiento que recibió nitrógeno.

#### Composición botánica

La proporción de *Phalaris tuberosa* var. *stenopectera* durante el primer año fue de ciento por ciento. Ello se debe al control selectivo de las malezas, especialmente *Amsinkia hispida*, que se hizo durante el año de establecimiento. Al segundo año, al no realizarse control de malezas, las especies pioneras encontraron un habitat adecuado y lograron desarrollarse al máximo. La proporción de falaris, sin embargo, fue de 39,3% para el testigo y de 55% para el tratamiento con nitrógeno. Al tercer año la proporción aumentó considerablemente y en algunos tratamientos la pradera prác-

ticamente se transformó en monofita (Fig. 3 y Cuadro 4). Luego del año de la sequía, que redujo la población de falaris hasta niveles muy bajos, se produjo un paulatino aumento en la proporción de la gramínea, siendo mayor en las praderas sin nitrógeno.

La composición botánica de la pradera anual en el período inicial y en el final de la pradera, expresada mediante la materia seca, interpreta la tendencia sucesional de las terofitas. Los resultados resaltan el incremento de *Erodium cicutarium*, medido desde el segundo al sexto año en los tratamientos  $N_0P_0$  y

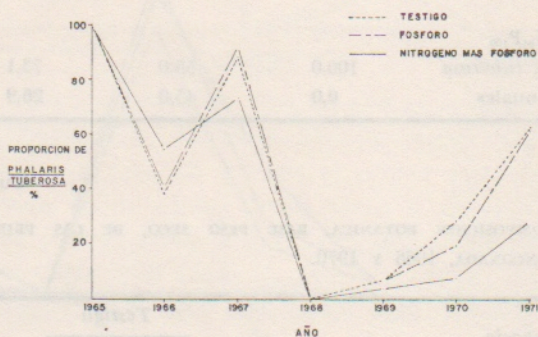


Figura 3. Proporción de *Phalaris tuberosa* var. *stenopectera* en la pradera mediterránea de terofitas de diversas edades, pluriestratificada con la hemipterofita.

$N_0P_{100}$ . La adición de nitrógeno significó una reducción en la proporción de la geraniaceae. Las gramíneas terofitas mostraron el mayor incremento, especialmente en el tratamiento con fertilización nitrogenada. Cabe destacar que durante el segundo año la incidencia de las gramíneas en la productividad total de la fitocenosis fue sólo de tres por ciento (Cuadro 5 y Figs. 4 y 5).

Una especie que merece ser destacada en relación a los cambios en su composición botánica es *Amsinkia hispida*, la cual, luego de presentarse como un elemento destacado en las etapas sucesionales primarias, reduce su participación en la comunidad a medida que la sere avanza hasta quedar parcialmente reducidas a ejemplares en su mínimo nivel de plasticidad y a densidades poblacionales muy

Cuadro 4

PORCENTAJE DE *Phalaris tuberosa* VAR. *stenoptera* Y DE MALEZAS ANUALES EN LA PRADERA DE 1 A 7 AÑOS DE EDAD. RESULTADOS EXPRESADOS MEDIANTE MATERIA SECA.

Tratamiento	Año						
	Primero 1965	Segundo 1966	Tercero 1967	Cuarto 1968	Quinto 1969	Sexto 1970	Séptimo 1971
	%						
$N_0P_0$							
<i>P. tuberosa</i>	100,0	39,3	88,4	--	7,0	25,4	63,8
Anuales	0,0	60,7	11,6	--	93,0	74,6	36,2
$N_0P_{100}$							
<i>P. tuberosa</i>	100,0	41,3	98,3	--	6,6	20,3	61,9
Anuales	0,0	58,7	1,7	--	93,4	79,7	38,1
$N_{64}P_{100}$							
<i>P. tuberosa</i>	100,0	55,0	73,1	--	4,2	9,1	28,8
Anuales	0,0	45,0	26,9	--	95,8	90,9	71,2

Cuadro 5

COMPOSICION BOTANICA, BASE PESO SECO, DE LAS PRINCIPALES ESPECIES ANUALES COMPONENTES DE LAS PRADERAS. RINCONADA, 1966 Y 1970.

Especie	Testigo		Fósforo		Nitrógeno-Fósforo	
	1966	1970	1966	1970	1966	1970
	%					
<i>Gevaniaceae</i>						
<i>Erodium cicutarium</i>	25	44	30	51	51	40
<i>Graminae</i>	3	24	3	34	3	52
<i>Trisetobromus hirtus</i>		13		5		19
<i>Vulpia dertonensis</i>		10		22		33
<i>Koeleria phleoides</i>		1		2		
<i>Hordeum murinum</i>				5		6
<i>Boraginaceae</i>						
<i>Amsinkia hispida</i>	23	10	16	6	21	11
<i>Convolvulaceae</i>						
<i>Convolvulus arvensis</i>		5		6		

bajas, en seres maduras. La dominancia de gramíneas fue mayor en las praderas con nitrógeno; *Trisetobromus hirtus* y *Vulpia dertonensis* destacan en este aspecto.

La frecuencia expresa el grado de uniformidad en la distribución y participación de una especie en un stand. *Erodium cicutarium* y *Vulpia dertonensis* presentan los más altos valores de frecuencia, cualquiera que sea el tratamiento de fertilización. Sin embargo, la

adición de nitrógeno significa una reducción de la frecuencia de estas especies (Cuadro 6).

*Trisetobromus hirtus*, *Hordeum murinum* y *Amsinkia hispida*, presentan valores de frecuencia mayores en las praderas donde se hizo aplicaciones de nitrógeno. En cambio, *Pectocarya lateriflora* y *Koeleria phleoides*, reducen su frecuencia con la adición de nitrógeno nítrico.

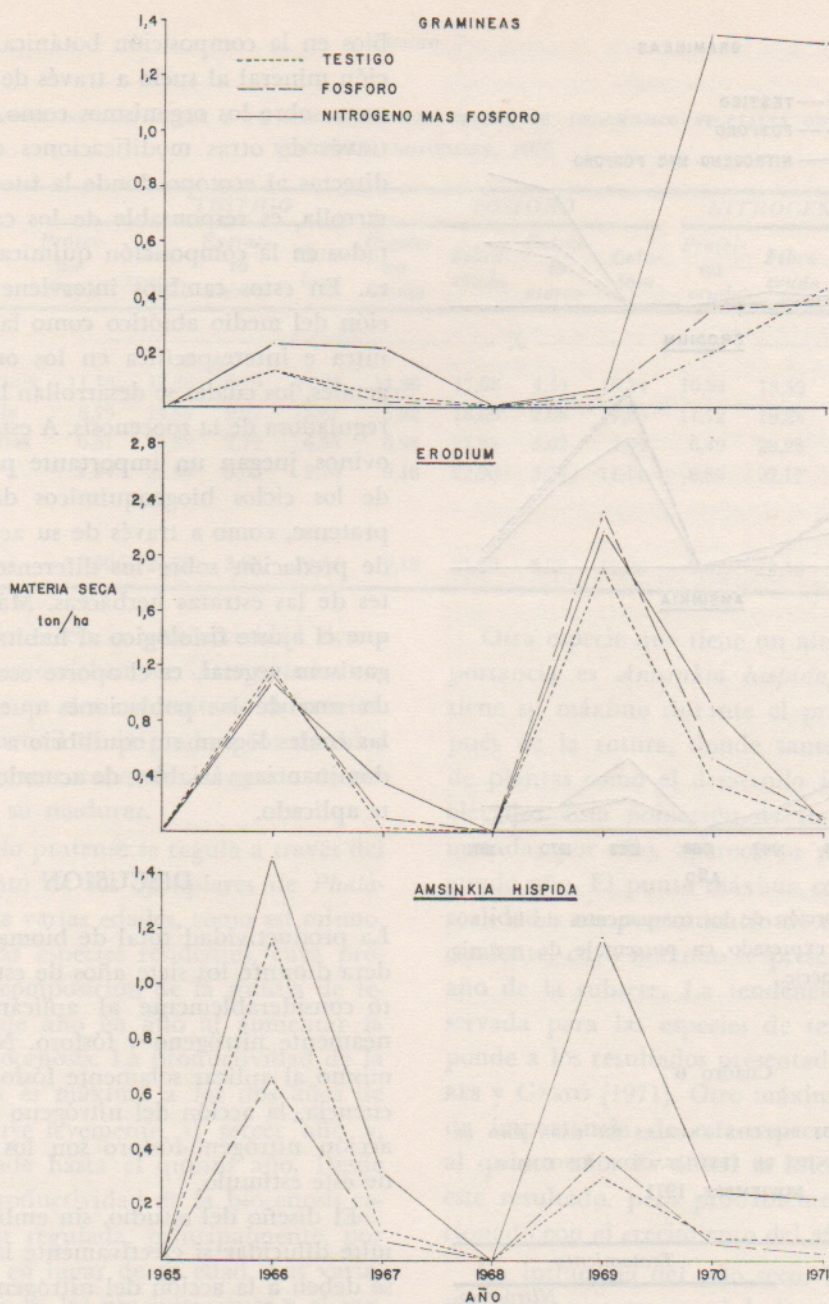


Figura 4. Rendimiento de materia seca de los principales componentes de la sinusia de terofitas.

#### Composición química

Los resultados de los análisis de composición química de la pradera (Cuadro 7) indican que no existen variaciones apreciables en el contenido de nutrientes del forraje al aplicar los fertilizantes minerales al suelo. Los valores encontrados indican que las diferencias entre los tratamientos, si los hay, son escasas.

En la mayoría de los casos las diferencias deben interpretarse como debidas a las variaciones propias del estudio.

La influencia de la fertilización en el contenido nutritivo de la pradera no se expresa a través de cambios en la composición química de cada uno de los organismos componentes de la litocenosis, sino que a través de cam-

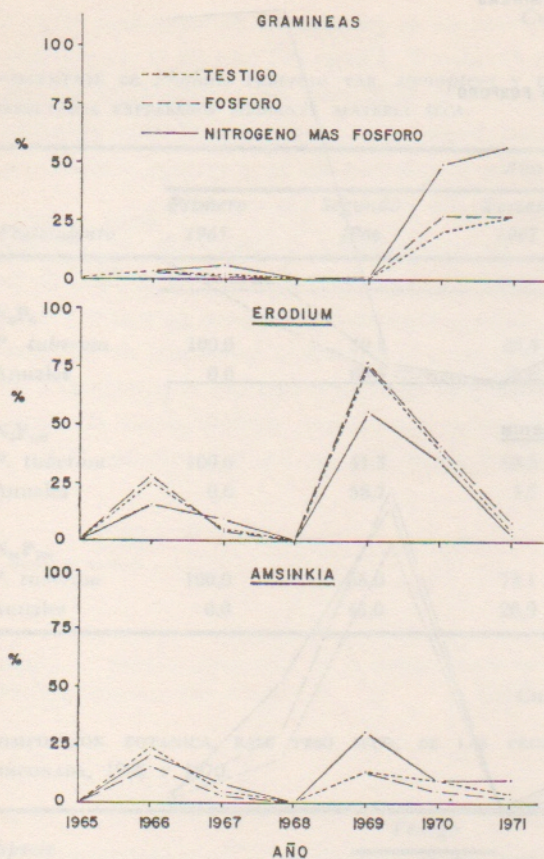


Figura 5. Proporción de los componentes de la sinusia de terofitas expresado en porcentaje de materia seca de cada especie.

Cuadro 6

FRECUENCIA DE LAS ESPECIES ANUALES EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION. RINCONADA; NOVIEMBRE, 1971

Especie	Tratamiento		
	Testigo	Fósforo	Nitrógeno-Fósforo
	%		
<i>Erodium cicutarium</i>	97	97	67
<i>Erodium malachoides</i>	7	30	10
<i>Trisetobromus hirtus</i>	70	33	87
<i>Hordeum murinum</i>	10	7	30
<i>Vulpia dertonensis</i>	87	100	80
<i>Koeleria phleoides</i>	37	73	30
<i>Amsinkia hispida</i>	27	43	60
<i>Pectocarya lateriflora</i>	10	23	3

bios en la composición botánica. La fertilización mineral al suelo a través de su acción directa sobre los organismos como, así mismo, a través de otras modificaciones directas e indirectas al ecotopo donde la fitocenosis se desarrolla, es responsable de los cambios detectados en la composición química de la pradera. En estos cambios interviene tanto la acción del medio abiótico como la competencia intra e interespecífica en los organismos vegetales, los cuales se desarrollan bajo la acción reguladora de la zoocenosis. A este respecto, los ovinos juegan un importante papel a través de los ciclos biogeoquímicos del ecosistema pratense, como a través de su acción selectiva de predación sobre los diferentes componentes de las estratas herbáceas. Más importante que el ajuste fisiológico al habitat de cada organismo vegetal, es el aporte ecológico de cada una de las poblaciones que intervienen, las cuales logran su equilibrio a densidades y dominancias variables, de acuerdo al fertilizante aplicado.

DISCUSION

La productividad total de biomasa de la pradera durante los siete años de estudio aumentó considerablemente al aplicársele simultáneamente nitrógeno y fósforo. No ocurrió lo mismo al aplicar solamente fósforo; en consecuencia, la acción del nitrógeno más la interacción nitrógeno-fósforo son los responsables de este estímulo.

El diseño del estudio, sin embargo, no permite dilucidar si efectivamente las diferencias se deben a la acción del nitrógeno solamente, siendo la interacción nitrógeno-fósforo muy baja; o bien si la acción holocenótica de ambos es más importante que la acción del nitrógeno actuando independientemente.

De los resultados del estudio se desprende, como primera conclusión, la acción positiva del nitrógeno durante los siete primeros años de la pradera. A pesar de la variación anual en la productividad de la pradera, la influencia del fertilizante se mantiene en forma constante.

Cuadro 7

COMPOSICION QUIMICA DE LA PRADERA Y DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE ORGANISMOS VEGETALES QUE LA COMPONEN.  
RINCONADA; NOVIEMBRE, 1970.

ESPECIE	TESTIGO				FOSFORO				NITROGENO - FOSFORO			
	Protei- na cruda	Fibra cruda	Extrac- to etéreo	Celu- losa	Protei- na cruda	Fibra cruda	Extrac- to etéreo	Celu- losa	Protei- na cruda	Fibra cruda	Extrac- to etéreo	Celu- losa
ANUALES	%											
<i>Erodium cicutarium</i>	11,48	17,28	4,29	11,78	11,30	17,68	4,44	10,74	10,94	18,59	5,00	12,55
<i>Amsinkia hispida</i>	6,79	14,55	2,97	16,81	5,82	18,66	2,68	17,80	11,72	19,28	8,36	17,42
Gramíneas terofitas	6,51	18,32	2,72	6,55	6,94	27,96	3,02	4,89	6,49	29,28	2,63	5,97
Total anuales	7,84	23,36	3,06	9,70	9,10	22,90	3,25	11,11	8,85	22,17	3,58	11,01
PERENNES												
<i>Phalaris tuberosa</i>	9,90	21,29	3,98	10,64	9,19	21,50	3,92	12,28	9,67	23,56	4,47	9,23

Las variaciones en la productividad detectadas anualmente deben ser interpretadas como originadas en dos mecanismos diferentes. En la edad juvenil de la pradera los cambios se deben, fundamentalmente, al grado de desarrollo o de su madurez.

El desarrollo pratense se regula a través del comportamiento de los ejemplares de *Phalaris tuberosa* de varias edades, como así mismo, a través de las especies residentes, cuya productividad y composición de la sinusia de terofitas varía de año en año al aumentar la edad de la fitocenosis. La productividad de la hemcriptofita es máxima a los dos años de edad; disminuye levemente al tercer año y, luego, desciende hasta el quinto año. Desde esa edad la productividad de la biocenosis comienza a estar regulada, principalmente, por otros factores en lugar de su edad. Las variaciones anuales en las precipitaciones y el manejo mismo de la pradera son más importantes que la edad de *Phalaris tuberosa*.

Los diversos grupos de terofitas continúan variando en la pradera más madura. Al quinto año existe el máximo de *Erodium cicutarium*, el cual desciende rápidamente en el sexto y séptimo año de edad de la pradera. Simultáneamente, las gramíneas anuales comienzan a incrementar su importancia a medida que disminuye la geraniaceae.

Otra especie que tiene un alto valor de importancia es *Amsinkia hispida*; especie que tiene su máximo durante el primer año después de la rotura, donde tanto la densidad de plantas como el desarrollo individual son elevados. Esta población de terofitas fue eliminada; por ello, aparece su máximo al segundo año. El punto máximo corresponde en realidad a un punto dentro de una curva descendente, cuyo máximo se presenta al primer año de la subsere. La tendencia general observada para las especies de terofitas corresponde a los resultados presentados por OLIVARES y GASTÓ (1971). Otro máximo en el valor de importancia de esta especie se presenta al quinto año. Es difícil la interpretación de este resultado, pero probablemente está relacionado con el crecimiento del año anterior.

La influencia del año seco, 1968, sobre el crecimiento vegetacional de los años siguientes no está muy clara. *Phalaris tuberosa* sufrió considerablemente con la sequía, a tal punto que la densidad poblacional bajó en extremo. Por tratarse de una especie perenne, el lapso de recuperación es mayor, y sólo dos años después su población volvió a lo normal que le correspondía para la edad de su pradera.

La reducción en densidad de la hemcriptofita dominante significó una menor interferencia radical y aérea sobre las terofitas de la estra-

ta inferior. En esta forma puede interpretarse el mayor desarrollo observado en *Amsinkia hispida* al quinto año, el año siguiente al de la sequía. Desde el punto de vista de la interferencia de especies perennes era aproximadamente equivalente a una pradera de primer año, pero desde el punto de vista de la compactación y aireación y otras características edafotópicas corresponde a una pradera de cinco años. Por ello, el desarrollo de *Amsinkia hispida* fue alto, pero no tan alto como el que hubiera ocurrido en el primer año después de la aradura, ya que corresponde a una especie pionera de las sucesiones secundarias postaradura.

La tendencia general de la productividad de *Phalaris tuberosa* podría interpretarse, que corresponde aproximadamente a lo indicado en la Figura 6. En ella se puede observar, en relación a la influencia del N, que existe un efecto positivo durante los primeros años, cuando la especie dominante es falaris. Durante los últimos años de la pradera, el vigor de las plantas de falaris disminuye y la competencia de las terofitas se hace mayor. Por esta razón, la producción de la especie perenne es menor en las praderas con nitrógeno, cuando la productividad y desarrollo de las terofitas fue mayor.

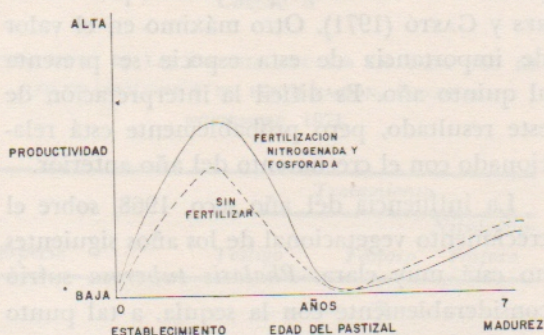


Figura 6. Interpretación de tendencia de la productividad de *Phalaris tuberosa* var. *stenoptera*, expresado en materia seca, de acuerdo a la edad de la pradera.

La tendencia de la productividad de las terofitas, en relación a la edad de la pradera, está interpretada en la Figura 7. En ella se indica cómo las gramíneas anuales, especialmen-

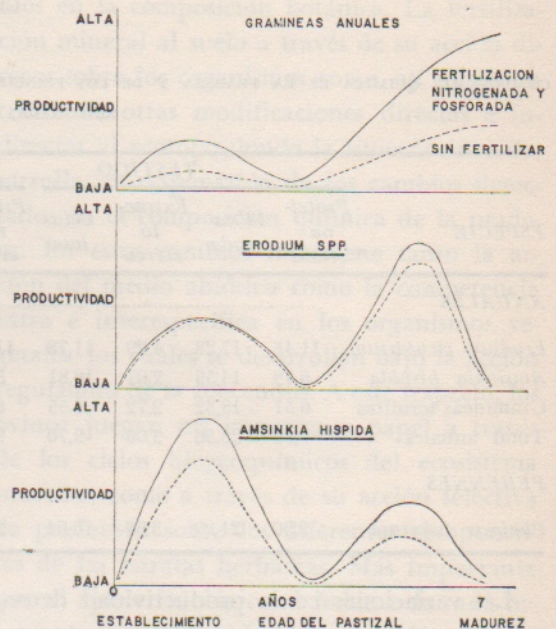


Figura 7. Interpretación de la tendencia de la productividad de tres grupos de terofitas, de acuerdo a la edad de la pradera.

te *Trisetobromus hirtus* se establecen más lentamente que las demás especies, y cuando existe un estímulo debido a la fertilización mineral, su productividad se eleva considerablemente, especialmente en praderas de mayor edad. *Erodium cicutarium* es también de establecimiento más lento, pero la adición de N tiene efecto inicialmente negativo, debido a la alta competencia de la gramínea perenne de 2 y 3 años de edad, cuando alcanza su máximo desarrollo. Luego, *Erodium cicutarium* es estimulado por la adición de nitrógeno, pero al término del estudio, cuando las gramíneas anuales comienzan a alcanzar gran desarrollo, se produce por competencia una depresión de su productividad.

*Amsinkia hispida* reacciona de manera diferente, pues tiene gran crecimiento en las praderas jóvenes y éste disminuye rápidamente con la edad. En los primeros años no existe un efecto claro del nitrógeno y ello se debe interpretar en función de su origen evolutivo como especie pionera de la subserie. Bajo esas condiciones existe alta mineralización de la materia orgánica incorporada al suelo recién

arado, alta aireación y baja compactación, que son las condiciones ideales para el crecimiento de esta especie. En la pradera de mayor edad no existen las condiciones óptimas para la especie y, por lo tanto, la adición de N produce proporcionalmente un marcado estímulo a su crecimiento.

La curva de interpretación de la productividad total aparece representada en la Figura 8. La productividad total de la pradera es ma-

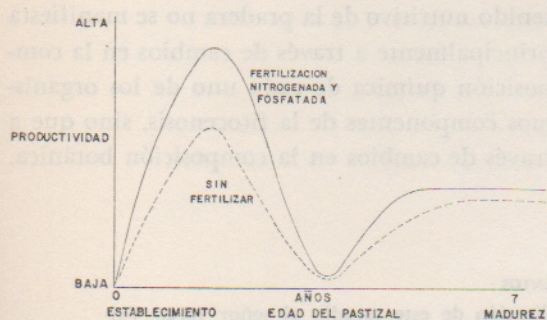


Figura 8. Interpretación de la tendencia de productividad de la pradera biestratificada de *Phalaris tuberosa* var. *stenoptera* y terofitas en relación a la edad de la fitocenosis.

yor en los primeros años de edad, especialmente en el segundo y tercero. Luego baja hasta el cuarto y comienza nuevamente a aumentar a medida que las terofitas empiezan a alcanzar mayor desarrollo. Para todas las edades, la productividad total de la pradera es mayor en aquellos tratamientos que recibieron nitrógeno, que en los que no lo recibieron.

En relación a los cambios en la composición química de cada especie, se puede concluir que los resultados del estudio no son claros. Las diferencias entre los tratamientos son pequeñas. Esto significa que para cada especie no existen cambios apreciables en la composición química. La pradera, considerada en conjunto, presenta cambios importantes; pero ellos se originan principalmente a través de otros dos conductos diferentes, que son los cambios en la composición botánica que ocurren en las sucesiones vegetales y los cambios de acuerdo al estado de madurez de la planta. La fertilización mineral de la pradera, en lugar de mate-

rializarse en un consumo de lujo de la especie, expresa su acción a través de cambios en la tasa de natalidad y mortalidad de cada especie. Con ello, la composición botánica cambia rápidamente en el transcurso de los siete primeros años.

## RESUMEN

El estudio se realizó en la Sección Secano de la Hacienda La Rinconada de Maipú, de la Universidad de Chile. La precipitación media del lugar es 275,6 mm y la mediana 288,6 mm.

Se estudió la productividad y las sucesiones vegetales de una pradera mediterránea biestratificada con *Phalaris tuberosa* var. *stenoptera* y fertilizada anualmente con superfosfato triple a razón de 100 kg por ha de anhídrido fosfórico versus la aplicación del fosfato junto con nitrato de sodio a razón de 64 kg por ha. Estos dos tratamientos se compararon con un testigo sin fertilizar. Las sucesiones se estudiaron durante los siete primeros años de la pradera sembrada, en la cual las especies residentes sólo fueron controladas con herbicidas durante el primer año.

Los resultados del estudio indican que la mayor productividad total de la pradera se produjo al segundo año, disminuyendo abruptamente al tercero. Durante el sexto y séptimo años la productividad total se redujo, en relación a los primeros años de la pradera establecida, logrando en esa edad alcanzar mayor estabilidad sucesional. La variabilidad en la productividad durante los primeros años se debe principalmente a la edad de la pradera y en la segunda mitad del estudio a variaciones climáticas.

La fertilización mineral en base a  $N_{64}P_{100}$  produjo en promedio 2,83 ton/ha,  $N_0P_{100}$  1,85 ton/ha y el testigo  $N_0P_0$  1,77 ton/ha. La variabilidad máxima debida al fertilizante fue inferior que la debida a la edad.

El envejecimiento de la pradera originó sucesiones vegetales que tendieron, en general, a una disminución de la productividad de *Phalaris tuberosa*, expresada tanto en términos de

biomasa como en el porcentaje de la composición botánica en base al peso.

*Amsinkia hispida* tuvo su mayor productividad en la pradera joven y la menor en la adulta, al término del período experimental. *Erodium cicutarium* tuvo la productividad máxima en el quinto año, a partir del cual disminuyó abruptamente hasta el séptimo año. Las gramíneas anuales, en cambio, aumentaron a medida que la pradera envejeció.

Las papilionáceas anuales residentes, prácticamente no existieron en ningún tratamiento, ni incluso en aquel que recibió anualmente dosis de 100 kg/ha de anhídrido fosfórico. Esto hace rechazar la hipótesis que con sólo adicionar fosfato es posible incrementar la producti-

vidad de nitrógeno a través del incremento de las papilionáceas terofitas residentes, pues no hubo ningún incremento de ellas, a pesar que en las etapas pioneras se adicionó semillas.

Las principales terofitas componentes de la pradera son: *Erodium cicutarium*, *Trisetobromus hirtus*, *Amsinkia hispida* y *Vulpia dertonensis*. Además, otras especies importantes son: *Hordeum murinum*, *Koeleria phleoides* y *Pectocarya lateriflora*.

La influencia de la fertilización en el contenido nutritivo de la pradera no se manifiesta principalmente a través de cambios en la composición química de cada uno de los organismos componentes de la fitocenosis, sino que a través de cambios en la composición botánica.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración prestada en la realización de este estudio al señor Jorge Valdivia, Práctico Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile. Además, a la Sociedad Química y Minera de Chile, por proporcionar los fertilizantes empleados en el estudio.

#### BIBLIOGRAFIA

- BIDWELL, O. W. y F. D. HOLE. 1965. Man as a factor of soil formation. *Soil Sci.* 99: 65-72.
- COSTELLO, D. F. y G. T. TURNER. 1941. Vegetation changes following exclusion of livestock from grazed ranges. *J. Forestry* 39: 310-315.
- EHRENREICH, J. H. y J. M. AIKMAN. 1963. An ecological study of the effect of certain management practices on native prairie in Iowa. *Ecol. Monog.* 33: 113-130.
- FOLLMAN, G. y V. MATTE. 1963. Estepa sin jirafas. *Bol.* 42. Univ. Chile: 1-4.
- GASTÓ C., J y S. LAZEN R. 1966. Establecimiento de falaris en secano. *Univ. Chile. Fac. Agron. Est. Exper. Agr. Bol. Téc.* 23.
- GASTÓ C., J; M. SILVA G. y E. CAVIEDES R. 1966. Establecimiento de praderas mejoradas en el Secano Interior de la provincia de Santiago. *Univ. Chile. Fac. Agron. Est. Exper. Agr. Bol. Téc.* 28.
- JONES, J. 1933. Grassland management and its influence on the sward. *Roy. Agric. Soc. England, Journal.*
- JONES, M. B. y R. A. EVANS. 1960. Botanical composition changes in annual grassland as affected by fertilization and grazing. *Agron. Jour.* 52: 459-461.
- LEITH, H. 1960. Patterns of change within grassland communities. En: J. L. Harper (ed.) *The biology of weeds.* Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- LIV, J. 1970. Changes in botanical composition and yield of plant communities under intensive fertilization. *Proc. XI. Int. Grass. Congr. Surfers Paradise, Queensland, Australia.*
- McKELL, C. M.; V. M. BROWN, C. F. WALKER y R. M. LOVE. 1965. Species composition changes in seeded grasslands converted from chaparral. *J. Range Manage.* 18: 321-326.
- OLIVARES E., A. y J. GASTÓ C. 1971. Comunidades de terofitas, en subseres postaradura y en exclusión en la estepa de *Acacia cavendishii* (Mol.) Hook et Arn. *Univ. Chile. Fac. Agron. Est. Exper. Agr. Bol. Téc.* 34.