

CURVAS DE CRECIMIENTO Y EPOCAS DE APLICACION DE NITROGENO EN UNA PRADERA MIXTA DE TREBOL BLANCO Y GRAMINEAS¹

Seasonal growth curves and nitrogen fertilization timing in a white clover—grass pasture

Hernán Acuña P.²
Germán Martínez R.²

SUMMARY

Growth curves and the effect of an annual fertilization with 64 kg of N/ha, at 11 dates, were determined for a mixed pasture. Fertilization dates were: 5 dates from November to January, 5 from March to May and 1 in August. A basic fertilization with P and K was applied to all treatments. In addition, an unfertilized check was used. This study was carried out during two seasons (1979/80 and 1980/81) at the Quilamapu Experiment Station (Chillán), in an irrigated volcanic soil.

Adjusted growth curves described well the seasonal response of white clover, the grasses and the mixture, when analyzed separately. Response to N was important only when applied on March 15, March 30, August 15, and November 15. Nitrogen efficiency in producing additional dry matter varied from 6.7 to 8.1 for each-kg of N applied. Economics of its usage is discussed. Dry matter increases, occurring 6 to 8 weeks after N application, were 400 to 500 kg/ha when compared to the P K fertilized check. There was no increase in total annual dry matter production, except for the application made on November 15. Nitrogen applied on August 15 was deleterious, since it reduced white clover contribution to the total dry matter production.

Regression analysis indicated that the function $y = ax^b$ gives a good description of the high correlation between pasture growth rate and total sunlight radiation and, in a lesser level, temperature.

INTRODUCCION

La pradera de trébol blanco (*Trifolium repens*) con gramíneas es un recurso ampliamente usado en las áreas de riego de la zona centro sur de Chile, tanto en producción lechera como en crianza y engorda de novillos. Los cultivares de trébol blanco usados son: Huía, Ladino, Nueva Zelandia y Pitau, que generalmente son acompañados por ecotipos naturalizados de esta especie. Las gramíneas usadas son ballica inglesa (*Lolium perenne*) cvs. Santa Elvira, Ruanui y

Nui, pasto ovilla (*Dactylis glomerata*) cvs. Currie y Potomac y, en algunos casos, Festuca (*Festuca arundinacea*) cvs. K-31 y Manade. En praderas de varios años de edad, aparecen espontáneamente ballicas italianas (*Lolium multiflorum*) y pasto miel (*Holcus lanatus*), especies naturalizadas que tienden a desaparecer cuando se hace un buen manejo de la pradera.

El clima de la zona se caracteriza por inviernos fríos y lluviosos, con temperaturas medias en los meses de junio y julio de 6 a 7° C, y veranos secos y cálidos, con temperaturas medias en diciembre-enero de 16 a 20° C. La virtual detención del crecimiento en invierno crea problemas críticos de escasez de pastoreo y obliga a una suplementación con forrajes conservados, durante los meses de mayo a agosto, aproximadamente. A partir de septiembre el crecimiento de la pradera se incrementa, llegando a un máximo en diciembre-enero, para posteriormente decrecer. Esta curva de crecimiento estaría determinada por la temperatura y

¹ Recepción de originales: 16 de julio de 1982.

Trabajo presentado en la VII Reunión Anual de SOCHIPA, Valdivia 12 al 13 de noviembre de 1982.

Se agradece la colaboración del Sr. Sergio Quinteros en las determinaciones de m.s., análisis botánicos, tabulación y cálculos de datos.

² Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

radiación, y depende del abastecimiento adecuado de agua de riego de octubre a marzo.

Los suelos de riego del área son, en su gran mayoría, derivados de cenizas volcánicas, de profundidad variable entre 40 y 150 cm, de textura franco-arcillosa y color oscuro. Obedecen a la denominación general de "trumaos" (Adepts) y presentan una fijación de fósforo muy elevada, bajos valores de fósforo asimilable y anomalías en la mineralización de nitrógeno orgánico (Espinoza y Riquelme, 1976). Presentan también severas deficiencias de potasio, en algunos sectores (Schenkel y otros, 1980).

La productividad anual promedio alcanza valores que varían entre 5 a 6 y 11 a 12 toneladas de m.s./ha, dependiendo del tipo de suelo, fertilización, riego y manejo de la pradera. Esta producción se concentra entre los meses de septiembre a mayo, en un 90% o lo menos, siendo las tasas de crecimiento de ambos extremos de este período incapaces de satisfacer las necesidades de pastoreo de la masa animal, que se mantiene normalmente en primavera y verano. La utilización de nitrógeno en esta mezcla no ha producido incrementos de m.s. total anual, pero ha favorecido el incremento de la proporción de gramíneas en la zona centro norte (Chile, INIA, 1967 y 1968). En la zona de transición (IX Región) se ha observado efecto del nitrógeno en la producción total anual, en el incremento de la participación de gramíneas y en la distribución de la producción cuando el fertilizante se aplica en otoño (Chile, INIA, 1969). La literatura extranjera indica que los incrementos de m.s. por kg de nitrógeno agregados son altos, con dosis inferiores a 50 kg por hectárea, y que 7 a 10 kg de m.s. extra por kg de nitrógeno puede considerarse una buena respuesta (Savage, 1978), aun cuando es el precio del fertilizante lo que determina la factibilidad de su uso.

Los objetivos de este estudio son determinar la respuesta al nitrógeno, aplicado en diferentes fechas durante el período de fines de verano-otoño y durante fines de primavera y comienzos de verano, y las características de la curva de crecimiento de la mezcla y las especies componentes, relacionándola con algunos factores climáticos y de fertilidad del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó una pradera de trébol blanco con gramíneas, de 7 años de edad, ubicada en la Estación Experimental Quilamapu (Santa Rosa de Cato, Chillán) y

establecida sobre un suelo trumao de la Serie Mañil (Chile, IREN, 1964), poco profundo y de buen drenaje. Inicialmente tenía una composición botánica de 15% de trébol y 68% de gramíneas, de las cuales aproximadamente el 80% era ballica inglesa. Para evaluar la productividad y determinar la respuesta al nitrógeno, se utilizó el método de cortes en secuencia, usado por Anslow y Green (1967), que permite estimar tasas de crecimiento promedio para fechas medias muy próximas entre sí. Estas tasas, para una condición determinada de suelo, fertilidad, abastecimiento de agua y manejo de la pradera, sólo dependen de las variaciones climáticas, especialmente temperatura y radiación solar. En relación a manejo, un aspecto importante que modifica estas curvas es la altura de residuo y la frecuencia de corte, que a su vez determina la altura de corte o estado fenológico de la pradera al momento de la cosecha o pastoreo. Por ello, se siguió la recomendación general para la zona (Figueroa¹), que indica que estas praderas deben utilizarse con una frecuencia de 21 días en primavera, 27 en verano, 33 en otoño y 45 en invierno, a fin de asegurar una producción lo más homogénea en cuanto a calidad durante todo el año. La altura del residuo fue de 3 cm y los cortes se hicieron con barra segadora. Luego, integrando las áreas bajo las curvas obtenidas, se determinó la producción mensual y anual de la pradera, lo que permitió visualizar el efecto del nitrógeno en el monto de la producción y en el tiempo.

Por separación manual, se determinó la composición botánica (trébol y gramíneas) para cada corte y luego, mediante el mismo método, se determinó las curvas de crecimiento y producción de cada fracción separada.

Para aislar el efecto del nitrógeno, se efectuó una aplicación de 400 kg de P₂O₅ (superfosfato triple) y 100 kg de K₂O (sulfato de potasio) por hectárea, al inicio del estudio, y otra de 100 y 50 kg de cada nutriente, respectivamente, un año después. Con ello, se estima fueron corregidas las deficiencias de estos elementos. Además, se dejó un testigo sin fertilizar con P y K y otro tratamiento con P y K, pero sin N. Del mismo modo, el suministro frecuente de agua de riego aseguró la ausencia de limitación hídrica.

El ensayo se realizó durante 2 temporadas de crecimiento (marzo de 1979 a abril de 1981) y consideró 11 fechas de aplicación de 64 kg de N (salitre sódico) por hectárea, anualmente. Estas fechas fueron: 15 y 30 de marzo, 15 y 30 de abril, 15 de mayo, 15 de agosto, 15 y 30 de noviembre, 15 y 30 de diciembre y 15 de enero.

Se determinó, además, la fertilidad y otras características del suelo (Cuadro 1).

¹Marcos Figueroa, Ing. Agr., M.S., U. de Concepción, comunicación personal.

CUADRO 1. Contenido de N, P, K y materia orgánica y pH del suelo al iniciar el experimento**TABLE 1. N, P, K, and organic matter content and pH of the soil, at the beginning of the experiment**

Profundidad	pH	N (ppm)	P (ppm)	K (meq/100 g)	M.O. (%/o)
0 — 10 cm	6,1	20,5	10,0	0,48	8,7
0 — 20 cm	6,1	21,8	8,0	0,44	7,6

La estación agrometeorológica, ubicada a aproximadamente 500 m del ensayo, proporcionó los datos de precipitación, temperaturas, evaporación y radiación solar (Cuadro 2).

En la Figura 1 se presenta una parcela experimental, pudiéndose observar en ella 3 áreas de muestreo (1 para cada secuencia). El corte en cada área se desfasó en el tiempo, en un período igual a un tercio de la frecuencia de corte. Se utilizó dos repeticiones.

CUADRO 2. Valores mensuales de algunos parámetros climáticos durante todo el período experimental. Estación Experimental Quilmapu (Chillán)**TABLE 2. Monthly values of some climatic measurements during the experimental period (Quilmapu Exp. Sta., Chillán)**

Mes	Año	Precipitación (mm)	Evaporación (mm)	H.R. (%/o)	Temp. Media (°C)	Rad. Solar (cal/cm ²)
A	1979	20,8	78,5	74	14,1	10.745
M		103,6	46,4	81	9,3	5.804
J		66,4	34,5	81	6,4	6.027
J		268,7	24,6	90	7,3	4.854
A		264,3	27,2	85	8,8	6.090
S		139,3	35,1	79	8,1	10.635
O		27,5	106,2	76	11,8	16.264
N		169,7	129,7	76	14,7	16.725
D		93,4	141,6	71	17,3	19.399
E	1980	0,0	220,8	66	19,4	17.376
F		110,8	166,5	73	17,7	14.846
M		37,1	120,8	94	16,7	10.074
A		262,6	49,2	93	11,3	15.866
M		341,9	38,3	95	9,7	7.014
J		283,6	22,0	94	7,3	5.380
J		243,2	32,6	95	6,0	5.670
A		114,3	34,1	94	8,0	8.879
S		38,0	100,3	85	9,2	11.957
O		0,0	183,6	75	11,7	18.202
N		27,6	191,6	78	13,6	20.090
D		36,5	203,9	80	17,3	20.357
E	1981	58,2	210,9	86	16,3	20.594
F		13,5	228,0	79	17,2	16.226
M		28,3	218,8	80	16,0	15.569

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de los resultados se centrará en la discusión de las curvas de crecimiento, de la producción de m.s. y del efecto del N, para terminar con algunas consideraciones sobre la composición botánica de la pradera, las condiciones climáticas y su relación con el crecimiento.

Curvas de crecimiento: Las figuras 2 a 5 muestran las curvas de crecimiento para las diferentes situaciones

estudiadas e indican que en los meses de junio y julio el crecimiento fue mínimo, alcanzando a lo más una tasa de 1 kg m.s./ha al día, no observándose ningún efecto de los tratamientos. Luego vino un período de fuerte incremento de las tasas de crecimiento durante el mes de septiembre, con una mayor pendiente en la segunda temporada, alcanzando alrededor de 60 kg de m.s./ha/día a fines de mes. Las máximas tasas de crecimiento se observaron a fines de diciembre—comienzos de enero, con 65 kg de m.s./ha/día, en la primera temporada, y 75 a 80 kg de m.s./ha/día, en la segun-

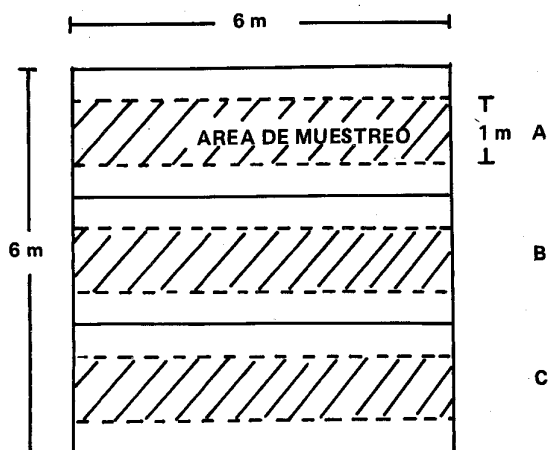


FIGURA 1. Parcela experimental.
FIGURE 1. Experimental plot layout.

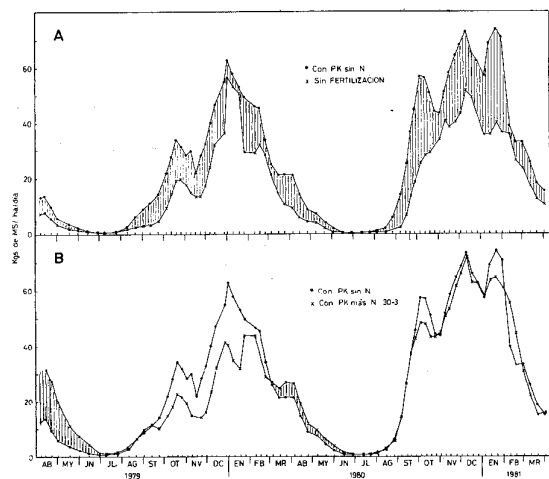


FIGURA 2. Pradera de trébol blanco con gramíneas. Efecto de la fertilización con fósforo y potasio (A) y de la aplicación de 64 kg/ha de nitrógeno el 30 de marzo (B).
FIGURE 2. White clover-grasses mixture. Effect of P and K (A) and of 64 kg/ha of N applied on March 30 (B).

da. A partir de febrero, se inició una franca caída del crecimiento, la que se suavizó un poco en los meses de abril y mayo, sin presentar un repunte definido del crecimiento en otoño.

En la Figura 2A se puede observar el marcado efecto de la fertilización con P y K, representado por el área

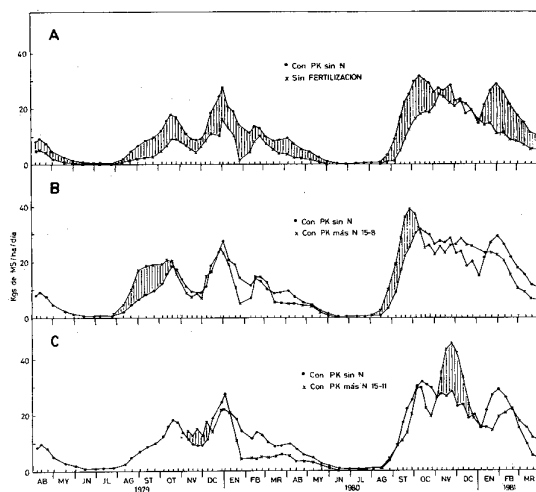


FIGURA 3. Curvas de crecimiento de las gramíneas solas, en la mezcla con trébol blanco. Efecto de la fertilización con fósforo y potasio (A) y de la aplicación de 64 kg/ha de nitrógeno el 15 de agosto (B) y el 15 de noviembre (C).
FIGURE 3. Growth curves for the grasses in a mixture with white clover. Effect of P and K (A) and of 64 kg/ha of N applied on August 15 (B) and November 15 (C).

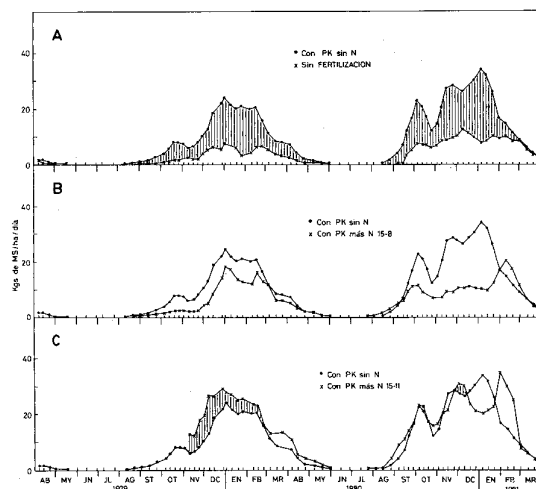


FIGURA 4. Curvas de crecimiento de trébol blanco solo, en la mezcla con gramíneas. Efecto de la fertilización con fósforo y potasio (A) y de la aplicación de 64 kg/ha de nitrógeno el 15 de agosto (B) y el 15 de noviembre (C).
FIGURE 4. Growth curves for white clover, in a mixture with grasses. Effect of P and K (A) and of 64 kg/ha of N, applied on August 15 (B) and November 15 (C).

achurada. Esta respuesta representó, en promedio para las dos temporadas, una producción adicional de 3.420 kg de m.s./ha al año (Cuadro 3). El mismo efecto, uniforme a través de todo el período de ensayo, se puede observar en las figuras 3A y 4A, al considerar gramíneas y trébol blanco separadamente.

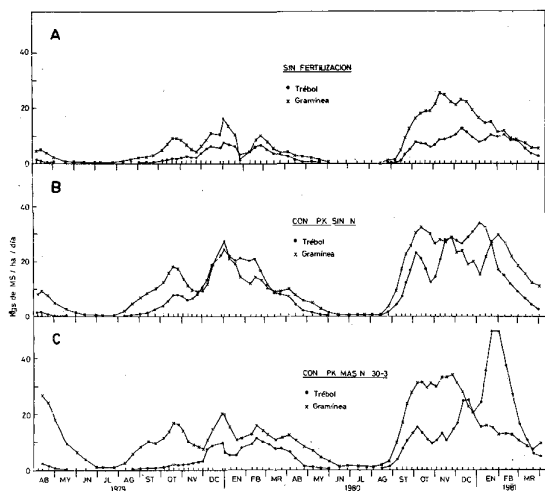


FIGURA 5. Comportamiento del trébol blanco y de las gramíneas en la mezcla, con diferente fertilización: sin abonos (A); con P + K solamente (B); y con P + K + N aplicado el 30 de marzo (C).

FIGURE 5. Growth of white clover and of grasses in the mixture; (A) no fertilization; (B) with P + K; (C) with P + K + N applied on March 30.

El efecto de N se manifestó en forma más notoria cuando fue aplicado el 15.03, 30.03, 15.08 y 15.11, incrementando la producción de la mezcla, en relación al tratamiento fertilizado con P y K, en los valores indicados en el Cuadro 4. En general, estos incrementos fueron mayores en la primera temporada, cuando los efectos adicionales del manejo que se dió a la pradera (altura y frecuencia de corte, fertilización) aún no se habían expresado claramente y cuando las condiciones climáticas fueron menos favorables al crecimiento. En la Figura 2B se puede observar la respuesta (área achurada) al N aplicado el 30.03, destacándose la diferencia entre ambas temporadas y la baja en el crecimiento de la pradera después del período en que se manifestó dicha respuesta. Este efecto depresivo del N sobrevino después de un período de 6 a 8 semanas y explica porqué los rendimientos totales anuales de m.s./ha, no difirieron del tratamiento sin N, en proporción a los incrementos parciales logrados con la adición de este elemento. En todos los casos, estos rendimientos son inferiores, a excepción de la aplicación del 15.11 (Cuadro 3). Lo anterior se puede ver también en la Figura 3B y C, al observar las curvas de crecimiento de las gramíneas solas, en la mezcla con aplicaciones de N el 15.08 y 15.11.

En la Figura 4A y B se observa que el N aplicado el 15.08 afectó notoriamente la producción del trébol desde agosto a febrero, en tanto que aplicado el 15.11, indujo un fuerte incremento en la producción de trébol, especialmente la primera temporada. Al

comparar, en estas dos fechas de aplicación, el comportamiento del trébol y las gramíneas, se concluye que la mayor producción de la mezcla en agosto se debió a un efecto de N sobre las gramíneas solamente, que va más allá de una compensación de la baja del trébol y, en noviembre, la mayor producción de la mezcla se habría debido a un efecto combinado sobre ambos componentes.

Al comparar las curvas de crecimiento de trébol y gramíneas (Figura 5), estas últimas presentaron una tendencia a mantener tasas más altas que el trébol durante otoño y primavera. Ello fue muy notorio en los tratamientos fertilizados con P y K en la segunda temporada, donde también se observó una alza marcada del crecimiento del trébol, en los meses de temperaturas más altas. Esta última fue la tendencia general en todos los tratamientos, incluyendo los con aplicaciones de N a fines de primavera y comienzos de verano.

La mezcla en conjunto, durante marzo, abril y comienzos de mayo, disminuyó su producción lentamente, desde alrededor de 20 kg de m.s./ha/día, hasta alcanzar el mínimo en invierno. No se observó un pico de crecimiento en otoño y, por lo tanto, las curvas completas para cada temporada sólo tendrían un máximo a fines de diciembre y un mínimo a comienzos de julio. Las irregularidades que se observan en los gráficos (como la baja en noviembre de la primera temporada) se deberían a problemas del método y a algunas variaciones de clima y, por lo tanto, no reflejan tendencias claras en crecimiento.

Composición botánica: Las curvas presentadas en la Figura 2, que corresponden a las tasas de crecimiento de la mezcla trébol blanco con gramíneas, incluyen la producción de otras especies espontáneas, al igual que el resto de los datos, referentes a la mezcla, presentados en este trabajo. Estas especies constituirían, al iniciar el experimento, un 17% del total cosechado y, como se puede observar en el Cuadro 5, en diciembre de la primera temporada alcanzaron porcentajes mayores, aproximándose al 50% en el tratamiento sin fertilización y en el con N aplicado el 15.08, debido al claro efecto depresivo en este elemento sobre el crecimiento del trébol (Figura 4). En diciembre de la segunda temporada, esta situación fue menos marcada, porque el manejo dado a la pradera tendió a controlar el crecimiento de estas especies, representadas especialmente por *Lotus tenuis*, *Holcus lanatus* y especies de los géneros *Hypochoeris* y *Taraxacum*. En abril de la segunda temporada, la situación fue similar al comienzo, en el tratamiento sin fertilización, y disminuyó el porcentaje de estas especies en todos los tratamientos, exceptuando el con N aplicado el 15.08.

El comportamiento de la participación del trébol en la mezcla, que inicialmente aportaba el 15% del to-

CUADRO 3. Producción mensual (kg m.s./ha) de la mezcla de trébol blanco con gramíneas para los 13 tratamientos durante las dos temporadas de crecimiento

TABLE 3. Monthly production (kg D.M./ha) of the white clover-grasses mixture, for each of the 13 treatments during both growing seasons

Trat.	Año	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Total anual	Promedio anual
S/F	1979/80	147	61	28	22	63	120	461	450	748	1.422	842	470	4.830	5.789
	1980/81	196	90	16	7	26	287	850	1.164	1.447	1.160	895	610	6.748	
S/N	1979/80	269	123	41	26	140	372	869	774	1.425	1.686	1.228	705	7.658	9.209
	1980/81	424	161	15	24	122	885	1.522	1.691	2.066	1.915	1.220	715	10.760	
N 15.03	1969/80	748	182	77	25	107	285	631	676	1.328	1.330	1.221	848	7.458	9.032
	1980/81	535	215	29	16	131	921	1.625	1.728	1.970	1.680	1.160	595	10.605	
N 30.03	1979/80	694	366	154	43	161	331	577	464	963	1.159	1.123	793	6.828	8.774
	1980/81	552	231	54	18	108	807	1.404	1.588	2.007	1.935	1.375	640	10.719	
N 15.04	1979/80	379	295	90	42	129	316	612	533	1.196	1.393	1.207	729	6.921	8.745
	1980/81	419	231	41	25	152	938	1.641	1.745	1.951	1.420	1.360	645	10.568	
N 30.04	1979/80	—	264	113	42	179	388	648	538	1.133	1.418	1.213	708	6.913	9.024
	1980/81	442	174	39	17	80	780	1.476	1.741	2.121	1.975	1.605	685	11.135	
N 15.05	1979/80	—	159	61	47	250	484	843	670	1.165	1.357	1.082	731	7.118	8.173
	1980/81	364	197	62	28	130	681	1.287	1.532	1.837	1.515	1.040	555	9.228	
N 15.08	1979/80	—	—	—	—	252	634	733	507	1.261	1.445	1.778	683	7.792	8.730
	1980/81	320	153	21	19	300	1.184	1.308	1.277	1.621	1.595	1.291	578	9.667	
N 15.11	1979/80	—	—	—	—	—	—	—	756	1.932	1.731	1.094	710	8.063	9.694
	1980/81	378	180	28	19	150	825	1.464	2.017	1.978	1.838	1.879	568	11.324	
N 30.11	1979/80	—	—	—	—	—	—	—	—	1.516	1.387	1.036	640	7.193	8.616
	1980/81	367	168	27	20	133	1.009	1.469	1.746	2.085	1.480	1.035	500	10.039	
N 15.12	1979/80	—	—	—	—	—	—	—	—	1.574	1.841	1.119	734	7.882	8.994
	1980/81	331	169	25	17	113	925	1.476	1.693	1.931	1.831	1.084	511	10.106	
N 30.12	1979/80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.487	1.151	703	7.390	8.521
	1980/81	460	186	29	13	87	747	1.308	1.769	1.802	1.615	1.120	525	9.661	
N 15.01	1979/80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.571	1.352	615	7.578	9.058
	1980/81	378	171	26	18	102	888	1.550	1.816	1.908	1.785	1.280	615	10.537	

S/F: Sin fertilización; S/N: Sin nitrógeno, sólo PK; N: 64 kg de nitrógeno/ha.

CUADRO 4. Incremento de la producción (kg m.s./ha) por efecto del nitrógeno (64 kg/ha), con respecto al testigo fertilizado con fósforo y potasio

TABLE 4. Production increment (kg/ha D.M.) in response to nitrogen (64 kg/ha), compared with the test (only P and K applied)

Fecha aplicación	1979	1980	Promedio
15.03	574	322	448
30.03	798	237	518
15.04	347	97	222
30.04	229	37	133
15.05	299	95	197
15.08	374	477	426
15.11	552	326	439
30.11	91	19	55
15.12	304	0	152
30.12	0	0	0
15.01	125	60	93

tal de la m.s., refleja una clara tendencia al aumento en el tratamiento sin fertilización, al comparar marzo de 1979 con abril de 1981. El resto de los tratamientos mostró porcentajes más elevados para fines de primavera (diciembre) que otoño (marzo-abril), a excepción del tratamiento con N aplicado el 15.11. El tratamiento con N aplicado el 15.08 mantuvo los porcentajes más bajos en ambas épocas, confirmando lo que puede interpretarse como una degradación de la pradera, puesto que ésta baja es compensada con las especies espontáneas.

Las gramíneas, en general, disminuyeron levemente su participación con respecto a la situación inicial, lo que podría estar relacionado con el corte más bajo (3 cm) que realiza la máquina, comparado con el manejo de pastoreo realizado antes del inicio del ensayo. Sin embargo, hay que destacar que en marzo de 1979 sólo un 80% de las gramíneas era ballica y la mayor parte del 20% restante era pasto miel (*Holcus*

CUADRO 5. Composición botánica (% b.m.s.) del material, en cuatro fechas durante el período experimental, en 5 tratamientos**TABLE 5. Botanical composition (% D.M.) of the mixtures, in each treatment and four cutting dates**

Tratamientos Especies	S/F			S/N			N/30.03			N/15.08			N/15.11		
	T	G	O	T	G	O	T	G	O	T	G	O	T	G	O
Fechas															
Marzo 79	15	68	17	15	68	17	15	68	17	15	68	17	15	68	17
Diciembre 79	20	36	44	38	34	28	21	50	29	17	34	49	46	30	24
Diciembre 80	25	44	31	36	40	24	34	39	27	19	50	31	39	44	17
Abril 81	27	56	17	18	71	11	29	58	13	14	56	30	45	47	8

S/F = sin fertilización; S/N = sin N, sólo PK; N/30.03 = N aplicado el 30 de marzo; N/15.08 = N aplicado el 15 de agosto; N/15.11 = N aplicado el 15 de noviembre; T = Trébol blanco; G = Gramíneas; O = Otras especies.

lanatus), él que al término del ensayo había sido eliminado, en todos los tratamientos, por el manejo impuesto a la pradera. Los porcentajes de gramíneas fueron más bajos en diciembre que en otoño, alcanzándose en la segunda temporada el porcentaje más alto de gramíneas (71%) en el tratamiento fertilizado con P y K solamente.

Esto último indica que la falta de fertilización nitrogenada, en este tipo de mezclas, no induce una disminución de las gramíneas, incluso con utilizaciones frecuentes y bajas, ni disminuye, como ya se indicó, los niveles anuales de producción de la pradera. Esto también puede interpretarse como un eficiente funcionamiento de los mecanismos de fijación de este elemento por el trébol.

Producción de materia seca y eficiencia del uso de nitrógeno: En el Cuadro 3 se presentan las producciones mensuales y anuales por temporada, obtenidas al integrar las áreas bajo las curvas de crecimiento de la

mezcla. En los espacios marcados con un guión, que corresponden a los meses anteriores al inicio de las mediciones de algunos tratamientos, se asumió una producción igual al tratamiento fertilizado con P y K; estas parcelas recibieron el mismo manejo de corte que el resto de los tratamientos desde marzo.

En el Cuadro 6 se presenta un análisis de la eficiencia del uso del N y los costos por kg de m.s. adicional producida, usando 3 tipos de fertilizantes nitrogenados (se asume la misma eficiencia para el nitrógeno NO_3^{2-} o NH_4^{4+}) y considerando un 100% de esta m.s. utilizable en pastoreo, o estimando un 25% de pérdidas. Los valores de eficiencia, a juzgar por datos extranjeros (Savage, 1978), estarían en el nivel mínimo de lo que se considera una buena respuesta. Las menores eficiencias y mayores costos se tienen para el caso de las fechas de aplicación el 15.08 y 15.11. Además, ambas fechas se deberían desechar por las razones expuestas anteriormente, en relación con la de-

CUADRO 6. Eficiencia del uso del nitrógeno (\$ Septiembre, 1981)**TABLE 6. Nitrogen use efficiency (1981 Chilean currency)**

Fecha de aplicación de 64 kg/ha de N	kg de m.s./ha adicionales	kg de m.s./ kg de N	Costo (\$)/kg m.s.			Costo (\$)/kg m.s. (75%) ¹		
			Salitre	Urea	FDA ²	Salitre	Urea	FDA
15.03	448	7,0	5,9	4,3	1,4	7,9	5,9	1,9
30.03	518	8,1	5,1	3,7	1,2	6,8	5,1	1,6
15.08	426	6,7	6,2	4,5	1,5	8,2	6,2	2,0
15.11	439	6,9	6,0	4,4	1,6	8,0	6,0	1,9

¹75% = % utilizable en pastoreo; ²FDA = Fosfato diamónico.

gradación de la pradera (15.08) y por ser épocas en que la obtención de forraje adicional no se justifica, por no ser períodos críticos en la disponibilidad de forraje para pastoreo. Sin embargo, las aplicaciones de marzo mejoran la producción otoñal de la pradera y favorecen una mejor distribución anual de forraje. Los costos, con salitre y urea son superiores a los de el kg de m.s. cosechado en forma de ensilaje de maíz o heno de trébol rosado (\$ 1,2/kg a \$ 1,8/kg m.s.; Franco, 1981). Sin embargo, con fosfato diamónico, fertilizante susceptible de usar como fuente de anhídrido fosfórico principalmente, se puede agregar 30 kg de N/ha, al aplicar las dosis anuales de P reconocidas como económicamente más eficientes en producción de carne, en este tipo de praderas (75 kg de P₂O₅/ha; Klee, Ruiz y Jahn, 1980). La eficiencia del uso de N; al aplicar 30 kg/ha, probablemente sería mayor que la estimada con 64 kg/ha, según los datos de Savage (1978).

Calidad del material cosechado: Como un dato complementario, que permitiera estimar la calidad del forraje obtenido de este tipo de praderas, cuando se someten a un manejo como el usado en este experimento, y detectar posibles variaciones de este parámetro por efecto de los tratamientos, se determinó la digestibilidad *in vitro* de la mezcla, en cuatro épocas del año, para cinco tratamientos.

En el Cuadro 7 se puede observar que, en los meses de primavera, la digestibilidad fue aproximadamente 10 y 15 puntos más alta en septiembre y noviembre, respectivamente, en los tratamientos fertilizados con respecto al sin fertilizar. No se observó diferencias importantes entre los tratamientos con N y el tratamiento con P y K solamente. En el mes de febrero, se mantuvo la misma tendencia anterior, con excepción del tratamiento con N aplicado el 15.08, que bajó su digestibilidad en 4 puntos respecto del tratamiento sin fertilizar; esto podría estar relacionado con la disminución del crecimiento del trébol, el aumento de las malezas y la degradación de la pradera ya mencionada. En abril no se observó diferencias de importancia y, al parecer, los tratamientos no modificaron la digestibilidad, que fue la más baja del año.

Relaciones entre crecimiento, temperatura y radiación solar: Con los datos de tasas de crecimiento diario de la mezcla para el tratamiento sin fertilizar y el fertilizado con P y K solamente, considerando los valores calculados para 77 fechas medias entre el 7.04.79 y el 21.03.81, y con los datos mensuales de producción de m.s. de las dos temporadas, se estableció relaciones con temperatura y radiación solar medias diarias mensuales y medias diarias para los períodos correspondientes a las fechas medias en que se determinó la tasa de crecimiento.

CUADRO 7. Digestibilidad *in vitro* (‰) de la m.s. para cinco tratamientos en cuatro épocas del año. Promedios de las dos temporadas

TABLE 7. *In vitro* digestibility ‰ of the D.M. from the five treatments, at four different dates. Averages for the two growing seasons

Tratamientos	S/F	S/N	N/30.03	N/15.08	N/15.11
MESES					
Septiembre	72,0	83,1	84,4	82,7	82,9
Noviembre	73,6	80,8	78,0	78,1	78,6
Febrero	70,0	73,7	74,7	66,0	76,4
Abril	64,4	65,0	65,9	64,0	63,5

S/F = Sin fertilizar; S/N = sin N, sólo PK; N/30.03 = N aplicado el 30 de marzo; N/15.08 = N aplicado el 15 de agosto; N/15.11 = N aplicado el 15 de noviembre.

Se estableció, mediante análisis de regresión, que una función potencial, del tipo $Y = ax^b$, permite explicar muy bien la alta dependencia del crecimiento de la variabilidad, a través del año, de los parámetros climáticos analizados. En el Cuadro 8 se presenta las funciones matemáticas y los coeficientes de determinación de 6 relaciones estudiadas con los dos tratamientos considerados. Todos los valores de tasas diarias de crecimiento calculados dentro de cada mes, fueron pareados con la radiación o temperatura media diaria del mes correspondiente, en los casos en que se usó estos parámetros como variables independientes. En cambio, cuando se tomó la radiación o temperatura media diaria para el período (período considerado para calcular la fecha media según Anslow y Green, 1967), se pareo cada valor con su correspondiente tasa de crecimiento. Los valores de los coeficientes de determinación para el último caso fueron mayores, como era de esperar, en el caso de la radiación solamente y no tuvieron variación para el caso de la temperatura.

En general, se puede observar que la radiación sería un mejor indicador de la intensidad del crecimiento, en las diferentes épocas, que la temperatura, lo que es una lógica consecuencia de la relación de dependencia que existe entre ambos parámetros climáticos.

En la Figura 6 se puede observar la diferencia entre los tratamientos sin fertilización y fertilizado con P y K solamente, bajo valores iguales de energía incidente. Las curvas corresponden a las funciones 1 y 2 del Cuadro 8, que consideran la producción mensual de materia seca (Cuadro 3); los coeficientes de determinación resultaron prácticamente iguales a los obtenidos utilizando las tasas de crecimiento.

Se estima que estas funciones permiten simular curvas de crecimiento y producción de m.s. para diferentes años, en las condiciones dadas en este estudio.

CUADRO 8. Relaciones entre producción (m.s.) y tasa de crecimiento diaria con temperatura y radiación solar

TABLE 8. Relation between production (D.M.) and rate of growth with temperature and solar radiation

Variable independiente (X)	Variable dependiente (Y)	Trat.	a	b	r ²	n
1 Rad. \bar{x} mes (cal/cm ² /día)	Prod. m.s. mes (kg)	S/F	4×10^{-6}	2,969079	0,89	24
2 Rad. \bar{x} mes (cal/cm ² /día)	Prod. m.s. mes (kg)	S/N	8×10^{-6}	2,949952	0,90	24
3 Rad. \bar{x} mes (cal/cm ² /día)	Tasa crec. diaria (kg/ha)	S/F	5×10^{-8}	3,126795	0,84	77
4 Rad. \bar{x} mes (cal/cm ² /día)	Tasa crec. diaria (kg/ha)	S/N	24×10^{-8}	2,971638	0,83	77
5 Rad. \bar{x} períod. (cal/cm ² /día)	Tasa crec. diaria (kg/ha)	S/F	1×10^{-8}	3,480987	0,90	77
6 Rad. \bar{x} períod. (cal/cm ² /día)	Tasa crec. diaria (kg/ha)	S/N	4×10^{-8}	3,257142	0,90	77
7 Temp. \bar{x} diaria del mes (°C)	Prod. m.s. mes (kg)	S/F	846×10^{-5}	4,138828	0,84	77
8 Temp. \bar{x} diaria del mes (°C)	Prod. m.s. mes (kg)	S/N	404×10^{-4}	3,738164	0,76	77
9 Temp. \bar{x} diaria del mes (°C)	Tasa crec. diaria (kg/ha)	S/F	187×10^{-6}	4,311381	0,79	77
10 Temp. \bar{x} diaria del mes (°C)	Tasa crec. diaria (kg/ha)	S/N	106×10^{-5}	3,861062	0,71	77
11 Temp. \bar{x} diaria del períod. (°C)	Tasa crec. diaria (kg/ha)	S/F	112×10^{-6}	4,476731	0,80	77
12 Temp. \bar{x} diaria del períod. (°C)	Tasa crec. diaria (kg/ha)	S/N	8×10^{-4}	3,928724	0,71	77

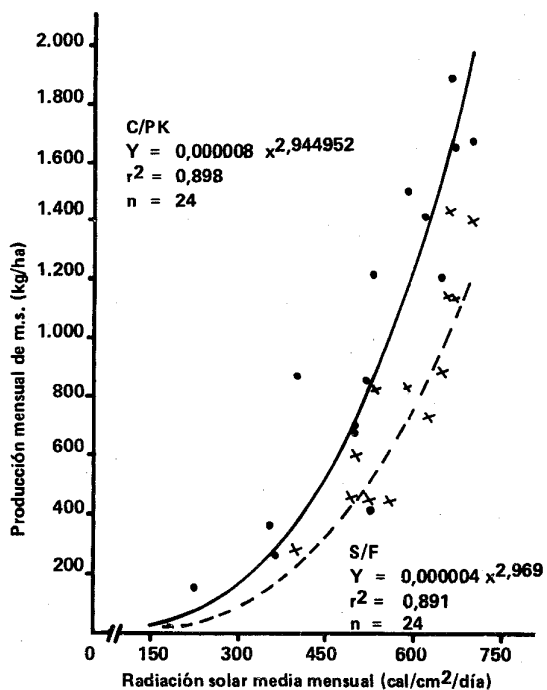


FIGURA 6. Relación entre radiación solar y producción de materia seca.

FIGURE 6. Relation between solar radiation and dry matter production.

RESUMEN

En una pradera mixta de trébol blanco con gramíneas, se determinó las curvas de crecimiento y se evaluó el efecto de una aplicación anual de 64 kg de N/ha, en forma de salitre sódico, en cinco fechas de noviembre a enero, cinco de marzo a mayo y una en agosto. Se usó una fertilización elevada de P y K como base. Además, se tuvo un tratamiento sin fertilizar y otro fertilizado con fósforo y potasio solamente. El trabajo se realizó durante dos temporadas (1979/80–1980/81), en la Estación Experimental Quilamapu (Chillán, Chile), en un suelo regado de origen volcánico de la serie Mañil.

Curvas de crecimiento de la mezcla y del trébol y de las gramíneas separadamente, describen el fenómeno en las dos temporadas. La respuesta al N fue importante sólo cuando aplicado el 15.03, 30.03, 15.08 y 15.11. Los incrementos de producción, con respecto

al tratamiento con P y K, fueron de 400 a 500 kg de m.s./ha, en el período de 6 a 8 semanas después de la aplicación. A excepción de la aplicación del 15.11, en ninguna otra época se mejoró la producción total anual. El N agregado el 15.08 afectó negativamente la composición botánica y la condición de la pradera, al disminuir el aporte del trébol en la mezcla.

La eficiencia del uso del N varió entre 0,7 y 8,1 kg de m.s. adicionales por kg de N aplicado, en los cuatro tratamientos antes mencionados; se analiza la factibilidad económica de su uso.

Mediante un análisis de regresión, se determinó que una función del tipo $Y = ax^b$ explica la alta dependencia de las tasas de crecimiento y de la producción de m.s. de la radiación solar y, secundariamente, de la temperatura.

LITERATURA CITADA

- ANSLOW, R.C. and GREEN, J.O. 1967. The seasonal growth of pasture grasses. *J. Agric. Sci. Camb.* 68: 109–122.
- ESPINOZA G., W. y RIQUELME F., E. 1976. Caracterización de los Andepts (Trumaos) de la provincia de Ñuble (Chile): Arrayán y Santa Bárbara. *Agricultura Técnica (Chile)* 36: 49–58.
- FRANCO P., I. 1981. Alimentación de vacas lecheras y cultivo del maíz para ensilaje. Análisis económico. En: Seminario de producción lechera, Estación Experimental Quilamapu—INIA. Chillán, septiembre. 18 p.
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). 1967. Tercera Memoria Anual 1966–67. Santiago. p. 119–128.
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). 1968. Cuarta Memoria Anual 1967–68. Santiago. p. 125–132.
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). 1969. Investigaciones desarrolladas por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias durante la temporada 1968–69. *Agricultura Técnica (Chile)*. Vol. 29 (Suplemento): 190–200.
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS NATURALES (IREN). 1964. Suelos, descripciones. Proyecto Aerofotogramétrico Chile/OEA/BID. Santiago. 220 p.
- KLEE G., G.; RUIZ N., I. y JAHN B., E. 1980. Efecto de cuatro niveles de fósforo en la producción de carne de una pradera de trébol blanco y ballica. I. Producción. *Agricultura Técnica (Chile)* 40: 26–31.
- SAVAGE, G. 1978. Growing extra winter feed with nitrogen. *Journal of Agriculture, Victoria, Australia*, May. p. : 190–194.
- SCHENKEL S., G.; BAHERLE V., P.; FLOODY A., T. y GAJARDO M., M. 1980. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XX. Macronutrientes, provincia de Biobío. *Agricultura Técnica (Chile)* 40: 119–129.