FERTILIZACION NITROGENADA Y PRECIPITACION EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA PRADERA ANUAL NATURAL DEL SECANO MEDITERRANEO DE CHILE CENTRAL

JUAN GASTÓ C. [1] Y DAVID CONTRERAS T. [2]

Departamento de Ganadería y Producción Pratense
Facultad de Agronomía, Universidad de Chile
Casilla 1004, Santiago, Chile

RESUMEN

Se estudió el crecimiento de la pradera mediterránea de Chile central, al recibir dosis crecientes de nitrógeno, y estar sometida a las restricciones hídricas propias del clima, simultáneamente con recibir precipitaciones adicionales producidas artificialmente simulando lluvia.

La precipitación otoñal estimula el crecimiento de la pradera, al ocurrir simultáneamente con una adición de nitrógeno, tendiendo a hacerse asintótico con 64 unidades. El efecto del fertilizante es superior en praderas que reciban una mayor precipitación primaveral. El máximo crecimiento se logra con la combinación de dosis altas de nitrógeno y lluvia primaveral.

Los resultados permiten predecir durante años la tendencia general del crecimiento de la pradera en que se registran precipitaciones abundantes, normales o secos.

SUMMARY

The growth of annual mediterranean range of Central Chile was studied while receiving increasing amounts of nitrogen and several precipitation regimes.

Fall precipitation stimulates range growth when nitrogen is added. The general tendency is to be asymptotic with 64 units of nitrogen. The fertilizer effect is larger in ranges which register a wetter spring. Maximin groth occurs with the combination of spring precipitations and high doses of nitrogen.

The results of this permit to predit range growth in wet, dry or normal years.

[1] Ing. Agr., Ph. D., Prof. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago.

[2] Ing. Agr., M.S., Prof. Departamento de Ganadería y Producción Pratense, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

Recepción de originales: 16/XI/78.
Avances en Producción Animal: 4(2): 115-128, 1979.

INTRODUCCION

La productividad de la pradera natural de secano depende de la competencia ejercida por las estratas superiores de vegetación, que dominan sobre las especies anuales de autorresiembra, características de la pradera anual mediterránea del centro de Chile (Olivares y Gastó, 1971). La literatura ecológica y pratense indica que la tendencia general es hacia la disminución de la productividad de las estratas inferiores, a medida que aumenta la densidad y cubierta de plantas de las estratas superiores (Pase, 1958; Reynolds y Tshirley, 1963; Jameson, 1967). Esta disminución se ajusta según Reynolds y Tshirley (1963) a una función exponencial representada por $y = ae^{bx}$, y según Grosenbaugh (1965) a una función sigmoídea. En cualquiera de los casos la productividad es mayor cuando las estratas superiores se encuentran ausentes, es decir, cuando la densidad de plantas se aproxima a cero. Es por ello que cualquier estudio en que se pretenda determinar el potencial productivo de la estrata de terófitas residentes debe efectuarse en ausencia de las estratas arbustivas y arbóreas superiores.

La composición botánica de la pradera afecta también la productividad potencial (Olivares y Gastó, 1971) estando directamente relacionado con ello. El concepto de condición y tendencia desarrollado para las praderas perennes del oeste de los Estados Unidos de América (Dyksterhuis, 1958; Goebel y Cook, 1960; Parker, 1954; Ellison, 1960; Hyder, 1953; Humphrey, 1949), como asi mismo para la pradera mediterránea de California. Heady (1956) relaciona la composición botánica con la productividad pratense. En igual forma, el análisis fitológico de praderas, desarrollado en Europa sobre bases sucesionales, análogas a la técnica norteamericana, está también basado en el establecimiento de una relación general entre la composición botánica y la productividad (Daget y Poissonet, 1971).

La productividad máxima de forraje de la pradera se logra, en general, con una composición botánica dominada por gramíneas anuales de gran desarrollo (Heady, 1965; Olivares y Gastó, 1971) junto a algunas geraniáceas del género *Erodium*. Los estudios de productividad potencial deben realizarse en praderas que presenten una composición botánica tal que permita alcanzar rendimientos que se aproximen al máximo.

La precipitación del año varía entre márgenes muy amplios (Di Castri y Hayek, 1976; Almeyda, 1934; Pizarro y Rivas, 1965; Oficina Meteorológica de Chile, 1965), extremos que en la práctica, en ambientes de secano, no es posible alterar. Las precipitaciones siguen, sin embargo, un modelo definido para cada zona (Gastó, 1966), situación que permitiría predecir la productividad siempre que se conociera la función general entre precipitación y crecimiento de la pradera. El número de animales que utiliza la pradera debe ajustarse anualmente de acuerdo a la precipitación, debido a su incidencia en la productividad primaria, basada en la aplicación de la teoría de decisiones (Rogers y Peacock, 1972).

El nivel de nutrimentos minerales del suelo es uno de los mecanismos de mayor incidencia en la regulación de la productividad de la pradera anual mediterránea (Martin, Pierce y Osterli, 1964). Entre los nutrimentos el nitrógeno es el que ha demostrado tener un mayor efecto en la pradera del Secano Interior del Centro de Chile (Gastó, Caviedes y Contreras, 1976). El efecto del fertilizante varía ampliamente de acuerdo a la precipitación del año, por lo cual su aplicación debiera en alguna forma considerar la cantidad de agua caída (Martin y Berry,1957; Mc Kell, Graham y Wilson, 1960; Benjamín y Tadmor, 1970; Ofer, Benjamín y Tadmor, 1967; Benjamín, Gutman y Tadmor, 1969).

El objetivo del presente estudio fue determinar las funciones generales de productividad de la pradera natural al variarse los estímulos hídricos y nítricos. Siendo el nitrógeno uno de los principales factores reguladores de la productividad, y dado un elevado costo, es necesario determinar la relación que existe entre su efecto y las precipitaciones otoñal y primaveral.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó durante 1976 en la Sección Secano de la Hacienda La Rinconada de Maipú de la Universidad de Chile, en la provincia de Santiago, ubicada a 33° 27' L.S. y 70° 42' L.O. 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, drenaje externo medio a rápido e interno medio y pendiente inferior al uno por ciento.

Los resultados del análisis químico indican que se trata de un suelo de textura franca; pH 6,3, materia orgánica 36% y conductibilidad eléctrica de 0,6 mmho/s/cm. En cuanto a los principales elementos, el nitrógeno presentó 6 ppm que equivalen a 12 kg/ha de nitrógeno; fósforo 30 ppm, que equivalen a 137,43 kg/ha de anhídrido fosfórico y el potasio 440 ppm, que equivalen a 1.601 kg/ha de óxido de potasio. Este suelo no tiene limitaciones en cuanto a sales solubles, presentando para sodio 56 ppm y cloruros 1,2 meg/*l*.

La precipitación media anual del lugar es de 290,3 mm y la mediana de 295,6 mm. Los valores anuales y mensuales registrados en la localidad se presentan en el Cuadro 1. Las precipitaciones registradas durante el año de estudio aparecen en el Cuadro 2. Durante los meses más fríos, desde mayo a agosto, se concentra la mayor proporción de las precipitaciones. Ocasionalmente se registran algunas precipitaciones durante los meses cálidos, período que se caracteriza por su extrema sequía (Valdivia, 1975).

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 del estudio las estratas leñosas fueron eliminadas por destronque manual, situación que se mantuvo durante un período superior a los 15 años, por lo cual se logró mantener la estrata de terófitas. El pastoreo rotativo intensivo, al cual fue sometido el sector, condujo sucesionalmente a una vegetación dominada por *Erodium cicutarium* con elementos subordinados de *Trisetobromus hirtus* y *Vulpia dertonensis*, además de otras especies que se presentan ocasionalmente.

Durante el período estival, previamente a la iniciación del estudio, se eligieron sectores uniformes de 1,3 m por 1,3 m, lo cual corresponde a cada parcela, con el objeto de minimizar la variabilidad entre las parcelas. Estos sectores fueron destinados al azar para ser sometidos a los diversos tratamientos de fertilización y riego.

El estudio se dividió en dos partes. En la

Cuadro 2
PRECIPITACIONES REGISTRADAS DURANTE EL AÑO 1976 EN HACIENDA LA RINCONADA, MAIPÚ, SECCIÓN SECANO, EXPRESADAS EN MILÍMETROS.

Fecha		*Precipitación diaria*	*Total mensual*	*Total acumulado*
Mes	*Día*	mm		
Marzo	30	2,3	2,3	2,3
Abril	17	2,5	2,5	4,8
Mayo	27	7,7		
	28	7,9	15,6	20,4
Junio	4	26,7		
	11	2,5		
	12	6,6		
	13	7,8	43,6	64,0
Julio	3	0,7		
	16	6,1	6,8	71,2
Agosto	8	11,2		
	16	1,5		
	27	5,5	18,2	89,4
Septiembre	11	17,8		
	27	14,6		
	28	14,0	46,4	135,4
Octubre	3	9,2		
	16	20,2	29,4	164,8
Noviembre	3	15,5		
	16	4,5	20,0	184,8

Cuadro 1

PRECIPITACIONES MENSUALES Y ANUALES REGISTRADAS EN LA HACIENDA LA RINCONADA, SECCIÓN SECANO, MAIPÚ, EXPRESADOS EN MILÍMETROS DURANTE EL PERÍODO 1958-1976.

Mes	*Año*																		
	1958	*1959*	*1960*	*1961*	*1962*	*1963*	*1964*	*1965*	*1966*	*1967*	*1968*	*1969*	*1970*	*1971*	*1972*	*1973*	*1974*	*1975*	*1976*	%
Enero	—	—	—	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,03
Febrero	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,00
Marzo	—	14,2	—	15,5	—	3,2	—	—	—	—	—	—	—	—	6,8	—	—	—	2,3	0,76
Abril	—	50,7	—	—	—	2,1	2,2	22,0	45,7	1,8	13,5	25,9	—	7,6	—	2,9	—	16,1	2,5	3,49
Mayo	71,0	61,7	23,0	22,0	5,2	33,9	—	64,2	9,0	8,1	—	38,4	69,2	3,9	119,6	22,4	97,8	12,7	15,6	12,27
Junio	155,1	114,1	138,7	95,1	166,9	43,8	48,9	18,7	161,1	36,0	8,0	84,4	53,2	162,4	125,7	31,6	187,9	9,0	43,6	30,50
Julio	26,7	48,8	65,7	30,6	18,3	129,7	36,4	114,3	108,9	80,2	0,6	101,4	159,7	56,7	43,1	81,2	123,9	131,2	6,8	22,89
Agosto	45,0	46,2	40,2	76,8	18,3	110,5	76,5	169,8	17,0	24,7	8,0	168,6	3,3	24,8	148,9	—	7,2	12,1	18,2	18,40
Septiembre	24,6	9,1	10,7	26,6	8,8	93,3	—	—	—	35,5	16,0	—	4,0	8,2	56,8	3,5	28,3	—	46,4	6,73
Octubre	1,9	3,6	0,3	14,3	10,0	16,1	—	11,9	—	5,2	—	—	13,3	21,3	0,5	21,8	—	—	29,4	2,71
Noviembre	1,8	—	—	—	—	3,5	—	5,0	21,2	—	—	—	—	—	1,6	—	—	18,1	20,0	1,29
Diciembre	—	—	—	6,0	—	—	6,7	10,5	16,5	—	—	—	—	—	—	—	11,0	—	—	0,92
Total Anual	326,1	348,4	278,6	288,6	227,5	436,4	170,1	416,4	379,4	191,5	46,1	418,7	302,7	285,9	503,0	163,4	356,1	199,2	184,8	

primera se analizó el efecto de dosis crecientes de nitrógeno en tres situaciones diferentes de precipitación: la natural, la natural más una suplementación adicionada en otoño y una tercera que corresponde a una suplementación en primavera.

La fertilización nitrogenada se hizo mediante la aplicación en cobertura de nitrato de potasio granulado luego de la primera lluvia de la estación, acaecida el 28 de mayo. Cada uno de los tratamientos de fertilización fue sometido a tres situaciones de precipitación.

Los tratamientos sin déficit hídrico otoñal recibieron una precipitación simulada de 48 mm adicionales a la precipitación natural, aplicados el 15 de mayo y el 30 de junio, lo que da un total de 96 mm. Los aportes hídricos totales, que incluyen la precipitación natural más el agua adicionada suplementariamente equivale a 280,8 mm.

Los tratamientos sin déficit hídrico primaveral recibieron precipitaciones simuladas de 48 mm en tres oportunidades, el 30 de julio, 20 de agosto y 7 de septiembre, lo que da un total de 144 mm suplementarios, además de los 184,8 registradas durante el año, dando un total de 328,8 mm. Los tratamientos con precipitación natural sólo recibieron la registrada durante al año, lo cual aparece indicado en el Cuadro 2.

Las dosis de nitrógeno aplicadas para cada uno de los regímenes precipitacionales fueron equivalentes a 0, 16, 32, 64, 128 y 256 kg/ha. Las mediciones de forraje producido se efectuaron en tres oportunidades: el 16 de agosto, 20 de septiembre y 18 de octubre, fechas en que se cosechó la totalidad de la fitomasa en pie producida hasta ese instante, lo cual se hizo con cuadrantes de 0,25 por 0,25 m con tres repeticiones para cada tratamiento.

La segunda parte del estudio consistió en la evaluación de diferentes dosis de simulación de precipitación sobre la pradera natural mediterránea, no sometida a fertilización nitrogenada. Las fechas de aplicación de las precipitaciones suplementarias adicionadas fluctuaron entre el primero de mayo y el 15 de septiembre, épocas que marcaron los límites usuales de precipitación durante la temporada de crecimiento.

La precipitación simulada se aplicó con regadera manteniéndose como requisito la las parcelas. Las cantidades adicionales y las fechas de aplicación aparecen indicadas en los cuadros respectivos. Salvo en aquellos tratamientos donde se hizo dos aplicaciones, las cifras deben duplicarse. Las mediciones de crecimiento y productividad se hicieron en diversas fechas durante la temporada de crecimiento, las cuales aparecen indicadas en los cuadros respectivos, donde se presentan los valores acumulativos de fitomasa en pie.

RESULTADOS Y DISCUSION

El crecimiento de la pradera natural de secano, sometida a las restricciones hídricas propias del clima, demuestra un incremento de la productividad al ser sometida a aplicaciones crecientes del fertilizante.

Las mediciones realizadas a comienzos de la época de crecimiento primaveral demuestran que el nitrógeno adicionado estimula a la pradera, estímulo que se expresa en los resultados cuando ellos se determinan al comenzar a elevarse la temperatura ambiental, en agosto. En septiembre y octubre la tasa de crecimiento de la pradera se incrementa, incluso en los tratamientos sin fertilizar, por lo cual, proporcionalmente disminuyen las diferencias.

Los resultados indican que el incremento de la productividad se hace asintótico con 64 unidades de nitrógeno, sobre lo cual los rendimientos varían sólo levemente, incluso en las fechas más tempranas (Figura 1).

La precipitación otoñal estimula el crecimiento de la pradera, especialmente durante la primavera, siempre y cuando haya existido aplicación adicional del fertilizante. La adición de 16 y 32 unidades de nitrógeno produce incrementos pequeños pero consistentes, produciéndose el equilibrio al alcanzar concentraciones de 64 a 128 unidades (Cuadro 3).

El efecto del fertilizante es mayor en praderas que reciben una mayor precipitación primaveral. El máximo crecimiento se logra con la combinación de dosis altas de nitrógeno y lluvia primaveral.

El efecto del fertilizante es reducido cuando simultáneamente existen restricciones hídricas. El mayor beneficio de la fertilización se logra en los años con buenas precipitaciones primaverales. La eficiencia del fertilizante es mayor al ser aplicado en dosis bajas y en años con primaveras lluviosas (Figura

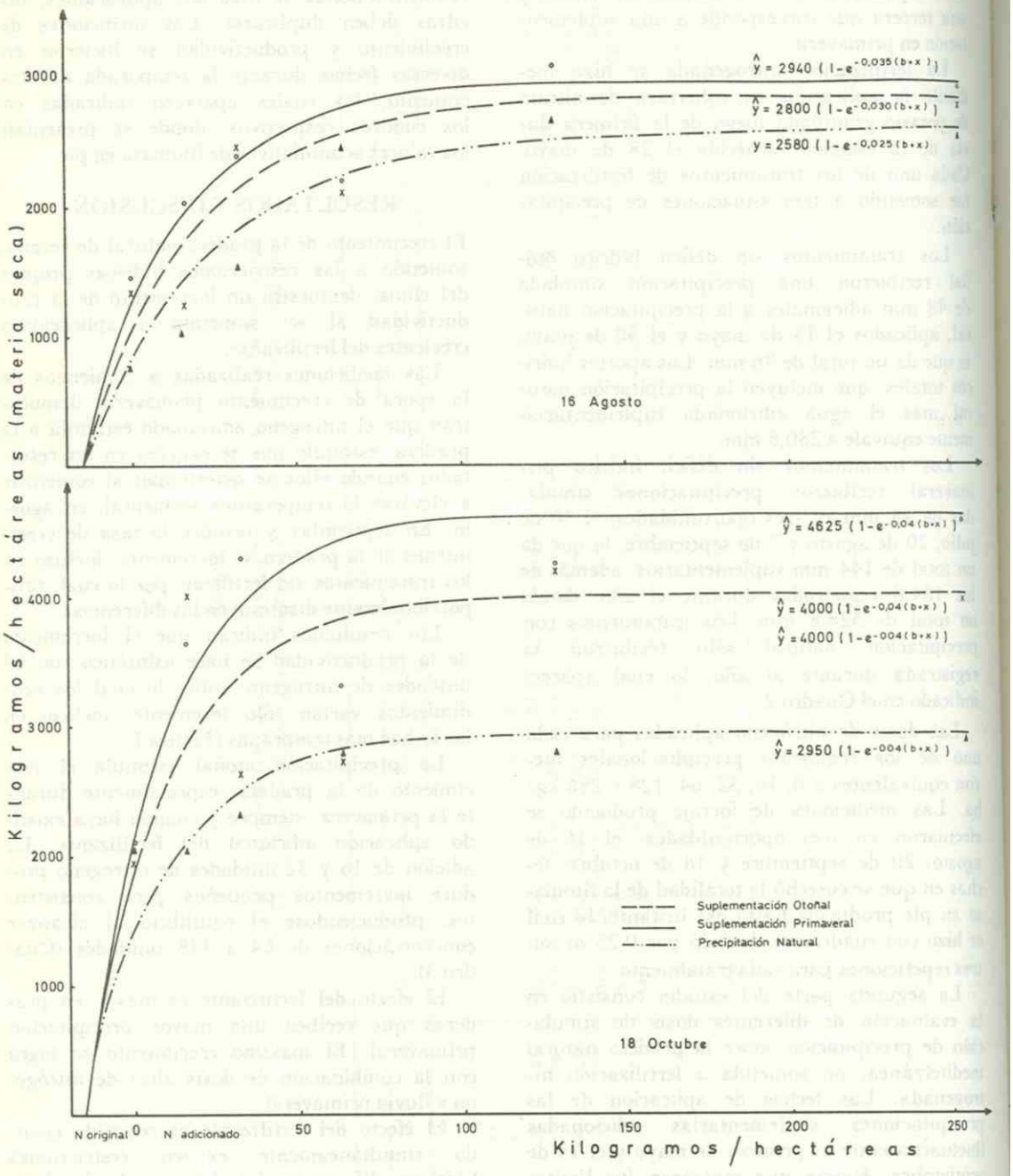

Figura 1. *Efecto de la fertilización nitrogenada en la pradera natural sometida a regímenes pluviométricos de abundancia hídrica otoñal y primaveral comparados con el efecto de la precipitación natural. Mediciones en dos fechas durante la estación de crecimiento.*

Cuadro 3

FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE LA PRADERA NATURAL DE SECANO CON DIVERSOS REGÍMENES PLUVIOMÉTRICOS Y RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DURANTE LA TEMPORADA 1976

Tratamiento	*Fecha de medición*	*Dosis de nitrógeno. kg/ha*					
		0	*16*	*32*	*64*	*128*	*256*
		kg/ha					
Sin déficit hídrico durante el otoño							
	16 agosto	1.325	1.237	2.450	2.100	2.800	2.812
	20 septiembre	1.212	1.425	2.650	2.275	2.787	3.000
	18 octubre	1.925	4.000	2.637	2.737	4.200	3.875
Sin déficit hídrico durante primavera							
	16 agosto	1.450	2.026	2.387	2.187	3.075	2.937
	20 septiembre	1.700	2.650	3.762	2.712	3.612	3.675
	18 octubre	2.125	3.650	4.300	3.337	4.250	4.812
Precipitación natural							
	16 agosto	750	1.025	1.512	2.450	2.637	2.537
	20 septiembre	1.025	1.737	1.887	2.150	2.925	2.837
	18 octubre	2.037	2.050	2.325	2.825	2.800	2.962

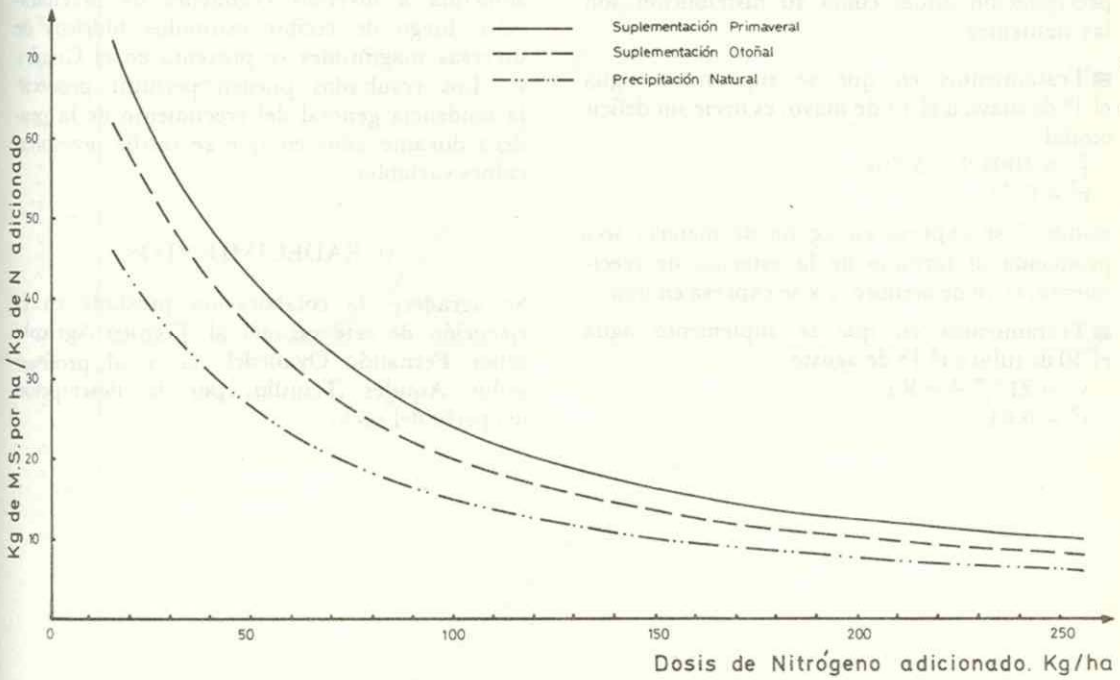

Figura 2. *Efecto de la dosis de nitrógeno y de la precipitación en la eficiencia de fertilización al término de la estación de crecimiento, el 18 de octubre, de acuerdo a los resultados presentados en la Figura 1.*

El crecimiento de la pradera se ajusta a una función sigmoídea tal como aparece en la Figura 3. En la primera etapa de la estación de crecimiento, que corrientemente se inicia en mayo o comienzos de junio, la productividad de la pradera es reducida y la diferencia entre los tratamientos es escasa. La tendencia general del crecimiento es aumentar al elevarse la dosis del fertilizante y al avanzar la estación, tasa que se va reduciendo hacia el término del período de crecimiento, en octubre o comienzos de noviembre.

Dadas las características propias de la función acumulativa del crecimiento de la pradera, lo cual ocurre en una alta proporción en un período muy breve del año, es necesario planear cuidadosamente su manejo (Figura 4). Algunas modalidades de pastoreo rotativo permiten estimular al máximo el crecimiento, simultáneamente con lograrse una buena utilización de la pradera.

Las regresiones lineales que permiten predecir la productividad primaria total de la pradera al variar tanto la cantidad total de precipitación anual como su distribución son las siguientes:

- Tratamientos en que se suplementó agua el 1° de mayo o el 15 de mayo, es decir sin déficit otoñal:

$\hat{y} = 1008{,}9 + 5{,}70x$
$r^2 = 0{,}73$

donde $\hat{y}$ se expresa en kg/ha de materia seca producida al término de la estación de crecimiento, el 18 de octubre, y x se expresa en mm.

- Tratamientos en que se suplementó agua el 30 de julio o el 15 de agosto:

$\hat{y} = 217{,}7 + 8{,}9\ x$
$r^2 = 0{,}81$

este tratamiento corresponde al de salidas de invierno o primavera lluviosa.

- Tratamiento en que se adicionó repetidamente agua el 15 y el 30 de agosto y que corresponde a una primavera lluviosa:

$\hat{y} = 1864{,}0 + 2{,}75\ x$
$r^2 = 0{,}63$

- Precipitación simulada el 15 de septiembre:

$\hat{y} = 604{,}6 + 8{,}9$
$r^2 = 0{,}69$

- Precipitación abundante, sin escasez de agua en agosto:

$\hat{y} = 604{,}6 + 8{,}9\ x$
$r^2 = 0{,}69$

- Precipitación abundante, sin escasez de agua en agosto y septiembre, a causa de la adición repetida de precipitaciones el 15 de agosto, 30 de agosto y 15 de septiembre (Figura 5):

$\hat{y} = 2237{,}27 + 1{,}39$
$r^2 = 0{,}74$

El crecimiento estacional de la pradera sometida a diversos regímenes de precipitación, luego de recibir estímulos hídricos de diversas magnitudes se presenta en el Cuadro 4. Los resultados pueden permitir predecir la tendencia general del crecimiento de la pradera durante años en que se recibe precipitaciones variables.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración prestada en la ejecución de este estudio al Técnico Agrícola señor Fernando Oyanedel G. y al profesor señor Aquiles Trujillo, por la descripción del perfil del suelo.

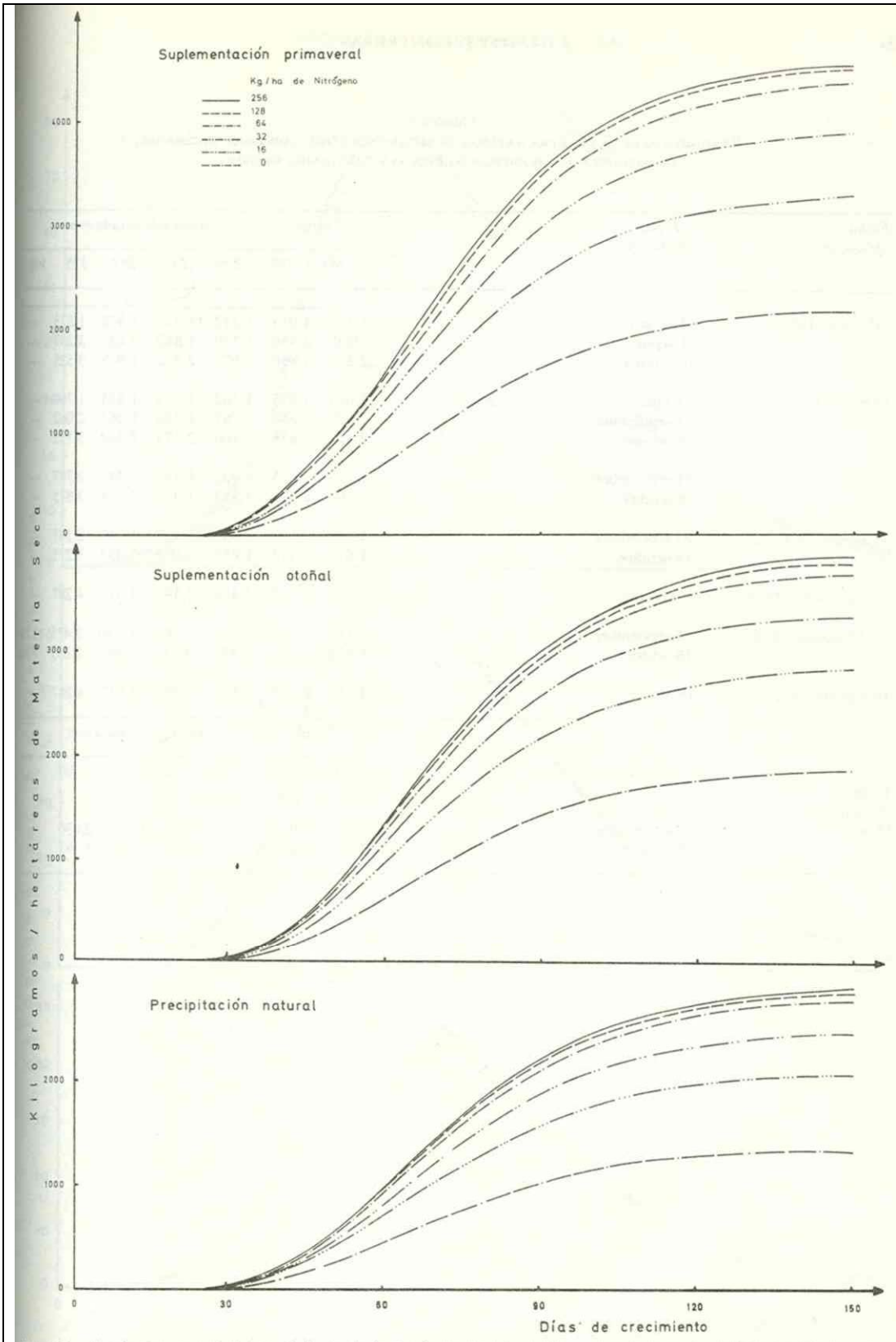

Figura 3. *Tendencia general del crecimiento de la pradera natural en diversos regímenes de suplementación precipitacional, de acuerdo a la ecuación* $y = A\,(1 - e^{-0{,}045\,x})^{16}$ *; donde A es asíntota que expresa la productividad acumulada al término de la estación de crecimiento y* x, *los días de crecimiento.*

Cuadro 4

RENDIMIENTO DE LA PRADERA NATURAL DE SECANO SOMETIDA A DIVERSOS REGÍMENES DE PRECIPITACIÓN MODIFICANDO ÉPOCAS Y CANTIDADES RECIBIDAS.

Fecha aplicación	*Fecha medición*	*Testigo*	*Agua adicionada mm*					
		185	*197*	*209*	*233*	*281*	*376*	*569*
		kg/ha						
1° mayo, 1976	13 agosto	1.225	1.075	1.212	1.212	1.575	1.875	—
	21 septiembre	1.050	1.550	1.750	1.862	2.625	3.287	—
	18 octubre	2.275	1.850	2.075	2.362	1.975	3.525	—
15 mayo, 1976	13 agosto	1.025	1.075	1.162	1.375	1.825	1.750	—
	21 septiembre	925	1.362	787	1.750	1.962	2.062	—
	18 octubre	2.075	2.475	2.100	2.775	2.362	3.125	—
30 julio, 1976	21 septiembre	1.262	975	1.925	1.287	2.237	2.787	—
	18 octubre	2.162	2.375	1.562	1.975	2.775	3.875	—
15 agosto, 1976	21 septiembre	1.087	1.537	2.050	1.437	1.750	2.387	—
	18 octubre	1.612	2.512	1.837	2.075	3.037	3.275	—
15 septiembre, 1976	18 octubre	2.912	2.162	2.450	2.387	2.612	4.287	—
15, 30 agosto, 1976	21 septiembre	1.112	—	1.275	1.700	1.650	2.475	2.750
	18 octubre	1.912	—	2.825	2.737	2.687	2.662	3.500
15 septiembre, 1976	18 octubre	2.912	2.162	2.450	2.387	2.612	4.287	—

		Testigo		*Agua adicionada mm*		
		185	*221*	*239*	*473*	*761*
15 agosto, 1976 30 agosto, 1976 15 septiembre, 1976	21 septiembre	1.325	1.300	1.775	1.725	2.650
	18 octubre	2.350	2.600	2.762	2.612	3.387

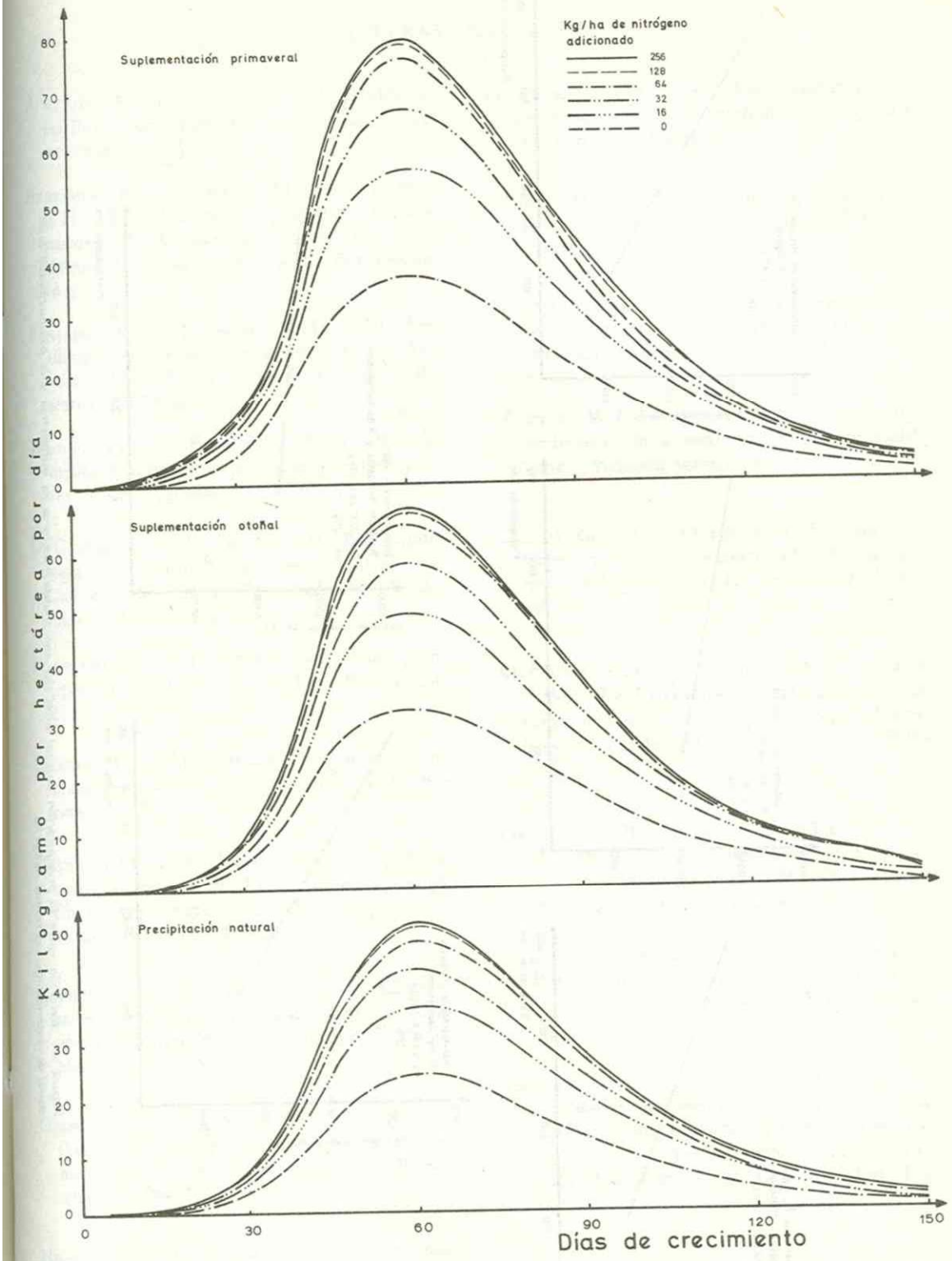

Figura 4. *Tasa de crecimiento de la pradera natural en diversas épocas, de acuerdo a la precipitación y dosis de nitrógeno, derivados de los resultados presentados en la Figura 3.*

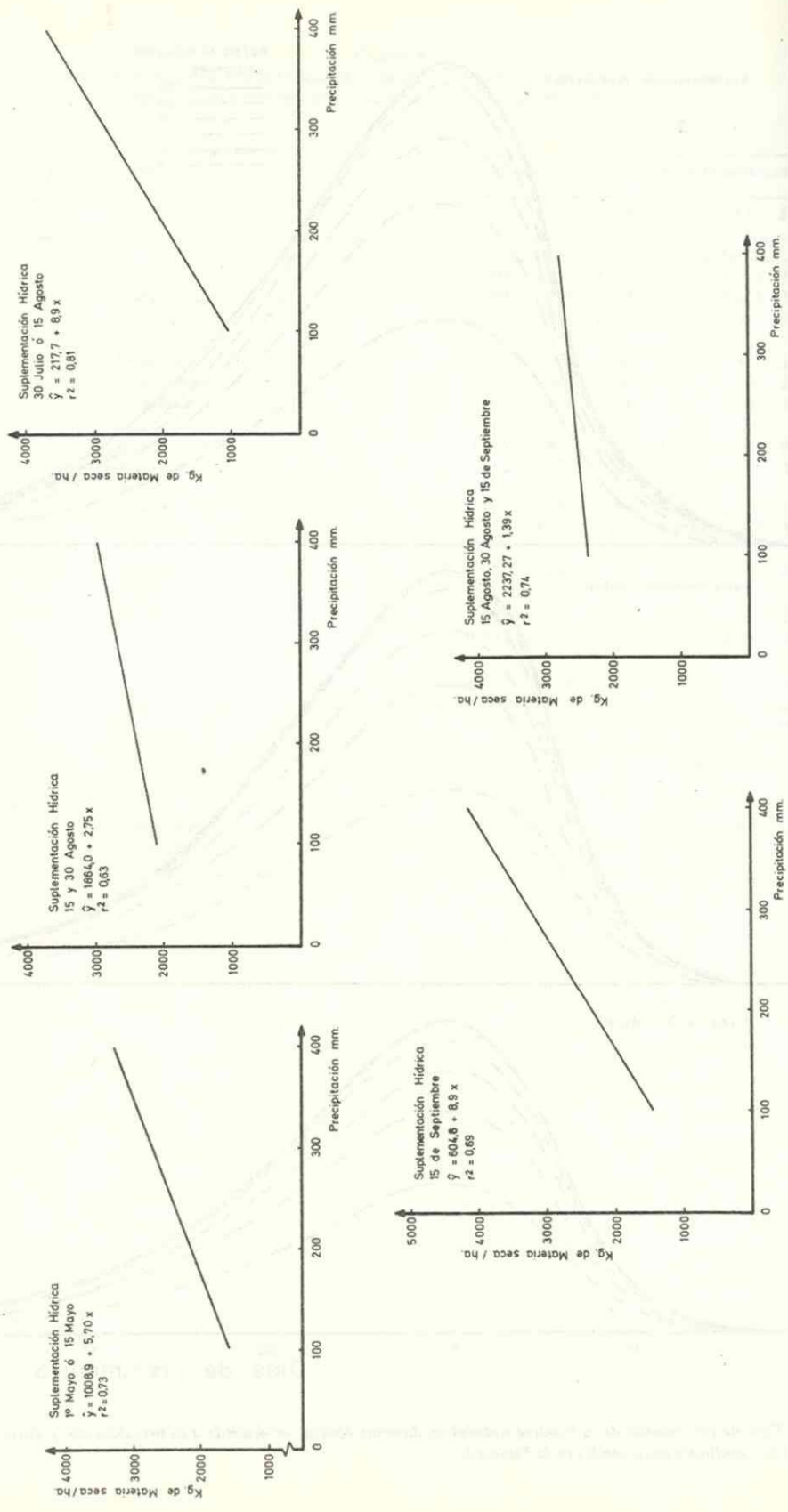

Figura 5. *Relación entre la precipitación natural total del año y suplementaria en milímetros y la productividad total anual de materia seca, expresado en kg/ha.*

LITERATURA CITADA

ALMEYDA A., E. 1934. Irregularidades de las lluvias de Chile. Fac. Agronomía y Veterinaria.

BENJAMIN R., GUTMAN, M. y TADMOR, N.H. 1969. Fertilizer application to arid pasture, II. An average season (1966/67). Volcani Inst. Agric. Research. Bet Dogan. 16 p.

BENJAMIN R. y TADMOR, N.H. 1970. Fertilizer application to arid pasture. IV. Wet year (1967/68). Volcani Inst. Agric. Research. Bet Dogan. 15 p.

DAGET, PH. y POISSONET J. 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Annals Agronomiques 22:5-41.

DI CASTRI, F. y HAJEK, E. 1976. Bioclimatología de Chile. Santiago, Universidad Católica de Chile, Vicerrectoría Académica. 129 p. 55 ilust.

DYKSTERHUIS, E.J. 1958. Ecological principles in range evolution. Bot. Review 24: 253-272.

ELLISON, L. 1960. Influence of grazing on plant succession of rangelands. Bot. Review 26:1-78.

GASTÓ, J.M. 1966. Variación de las precipitaciones anuales en Chile. Universidad de Chile. Fac. Agronomía, Est. Exp. Agronómica. Bol. Téc. 24:3-20.

GOEBEL, C.J. y COOK, C.W. 1960. Effect of range condition on plant vigor, production and nutritive value of forage. J. Range Manag. 13:307-313.

GROSENBAUGH, L.R. 1965. Generalization and reparameterization of some sigmoid and other linear functions. Biometrics. 21:708-714.

HEADY, H.F. 1956. Changes in the California annual plant community induced by manipulation of natural mulch. Ecology 37:798-812.

HUMPHREY, T.R. 1949. Field comments on the range condition method of forage survey. J. Range Manag. 2:1-10.

HYDER, D.N. 1953. Grazing capacity as related to range condition. Jour. Forestry 51:206.

JAMESON, D.A. 1967. The relationships of tree overstory and herbaceous understory vegetation. J. Range Manage. 20:242-249.

MARTIN, W.E. y BERRY, L.J. 1957. Range fertilization in a wet year. Univ. of Calif. Agric. Extension Service. 49 p.

——, PIERCE, C. y OSTERLE, V. P. 1964. Different nitrogen response of annual and perennial grasses. J. Range Manag. 17:67-68.

MC KELL, C.M., GRAHAM, C.A. y WILSON, A.W. 1960. Benefits of fertilizing annual range in a dry year. US Dept. Agric. Forest Service. Pacific Southwest For. and Range Exp. Sta. 172. 9 p.

OFER, Y., BENJAMIN, R. y TADMOR, N. H. 1967. Fertilizer application to arid pasture in a drought year (1965/66). Volcani Inst. Agric. Research. Bet Dogan. 11 p.

OFICINA METEOROLÓGICA DE CHILE. Pluviometría de Chile. Fascículo II. Fuerza Aérea de Chile. Oficina Meteorológica. 267 p.

OLIVARES, E.A. y GASTÓ, C. J. 1971. Comunidades de terófitas en subseres postaradura y en exclusión en la estepa de *Acacia caven* (Mol.). Hook et Arn. Univ. Chile, Fac. Agron. Est. Exp. Agr. Bol. Téc. 34.

PARKER, K.W. 1954. Application of ecology in the determination of range condition and trend. J. Range Manag. 7: 14-23.

PASE, C.P. 1958. Herbage production and composition under in nature ponderosa pine stands in the Block Hills. J. Range Manag. 11:238-243.

PIZARRO, C. y RIVAS, R. 1965. Irregularidades de las precipitaciones en el Norte de Chile. Oficina Meteorológica. Fuerza Aérea de Chile. 22 p.

REYNOLD, H.G. y TSCHIRLEY, F.H. 1963. Mey quite control on southwestern rangelands. U.S. Dept. Agric. Leaf. 421. 8 p.

ROGENS, L.F. y PEACOK, W.S. 1972. Cómo ajustar el número de animales a las fluctuaciones en la producción forrajera. Una aplicación de la teoría de decisión estadística:110-114. En: M.H. González y R.S. Campbell. Rendimiento del pastizal. México. Pax. 354 p.

VALDIVIA, G. 1975. Precipitaciones registradas en la Sección Secano, La Rinconada, Maipú, entre los años 1958 a 1975. Universidad de Chile. Fac. de Agronomía.