

EFFECTO DE LA FERTILIZACION DE NITROGENO Y FOSFORO EN UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO EN EL NORTE DE JALISCO

J. TULIO ARREDONDO MORENO¹

Resumen

Se realizó un estudio de fertilización con nitrógeno y fósforo durante dos años sobre una vegetación de pastizal mediano, con el propósito de evaluar los parámetros de producción de kg de M.S./ha, contenido de proteína cruda, fósforo y calcio; la composición florística del pastizal, y cambios en la composición química de los suelos.

Se obtuvieron incrementos en la producción de kg de M.S./ha durante los dos períodos de la prueba lográndose un 132% y un 88% de aumento, respectivamente, siendo directamente proporcional a la dosis utilizada. Con relación al contenido de proteína cruda en el forraje se obtuvieron incrementos, producidos por la adición de nitrógeno al suelo; de la misma manera, el contenido de fósforo en la planta presentó valores más altos conforme se aumentó la dosis de superfosfato.

Al parecer la composición química del suelo sufrió ligeras variaciones únicamente en el pH, detectándose valores más ácidos con incrementos de la dosis de fertilización.

Se observaron cambios en la composición florística de las parcelas fertilizadas, detectándose reducción en el porcentaje de *Bouteloua hirsuta* e incrementos en *B. scopioides*.

Introducción

Son conocidos los esfuerzos que se realizan para incorporar las extensas áreas dedicadas a la ganadería extensiva a sistemas

Recibido para su publicación el 3 de junio de 1983.

¹ Departamento de Manejo de Pastizales, C. de E.P. Vaquerías, INIP-SARH. Km. 8 Carretera Ojuelos, Lagos de Moreno. Apartado Postal Núm. 1, Ojuelos, Jalisco, C.P. 47540.

de producción pecuaria más eficaz, y esto trata de lograrse tecnificando la utilización de este recurso; para ello existen diversas prácticas de mejoramiento que pueden agruparse en dos clases; una que versa sobre la recuperación de los recursos, y la otra consistente en labores que incrementen la productividad de estas explotaciones. Dentro de éstas, se encuentra la fertilización de la vegetación nativa; la cual, se ha probado, estimula el vigor y producción de forraje del pastizal (Semple, 1970; Sánchez, 1972; Workman y Quigley, 1974; Heady, 1975; Stoddart *et al.*, 1975; Herbel y Gould, 1980).

Otro beneficio que se obtiene es el incremento de la calidad de forraje, ya que aumentan los niveles de proteína cruda (Billy *et al.*, 1973; Houston y Van Der Sluijs, 1973; Rauzi, *et al.*, 1973; Goetz, 1975; Bokhari, 1978; Vallentine, 1980). Se ha informado también el aumento en la concentración de fósforo en la materia seca (Lundell y Laws, 1954; Barret, 1979; Black y Wight, 1979).

El uso de estas prácticas en ocasiones acarrea problemas que se originan sobre todo, por un inadecuado manejo del fertilizante y el desconocimiento de las condiciones necesarias para poder efectuar esta labor. Los problemas que se pueden originar son principalmente de tipo ecológico y se presentan sobre todo cuando se abusa de la cantidad de fertilizante y de largos períodos de aplicación, provocando con ello que ocurran cambios en la composición florística del pastizal, como ha ocurrido en algunos estudios (Houston y Hyder, 1975; Rauzi, 1978) en los cuales se ha encontrado la reducción, dentro de la composición vegetal del pastizal, sobre todo en las especies importantes; aumentando el porcentaje de especies menos deseables y de plantas indeseables.

Con relación a los cambios químicos del suelo, éstos no se presentan con dosis moderadas; sin embargo, existen autores que mencionan que la adición de cualquier dosis de fertilizante se refleja en su acumulación en el suelo, lo cual va a depender de la textura del suelo, tipo de fertilizante y condiciones climatológicas al momento de la aplicación (Goetz, 1975; Sneva, 1977).

El presente estudio se proyectó con el fin de conocer el efecto de la fertilización de un pastizal sobre el incremento en la producción de materia seca; contenido de proteína cruda, fósforo, calcio; sus cambios en la composición florística y efectos en el suelo.

Material y métodos

Localización. Este estudio se realizó en el Centro Experimental Pecuario "Vaquerías" INIP-SARH, ubicado en el municipio de Ojuelos, Jalisco, en el noreste del estado. La zona geográfica es conocida como Llanos de Ojuelos, la cual abarca también parte de los estados de Guanajuato, Aguascalientes, San Luis Potosí y Zacatecas.

La altitud del área de estudio es de 2,137 m.s.n.m., presentando un clima semiárido extremo con régimen de lluvias en verano (Bs Kw [w] q), la temperatura media es de 17.5°C y la precipitación media anual de 540 mm (CETENAL, 1970).

Suelo. La topografía que presenta esta región consiste en llanuras y lomeríos suaves. Los suelos son de naturaleza aluvial, encontrándose los tipos Xerosol háplico y Phaeozem háplico de color claro; con textura migajón arenosa y pH ligeramente ácido que va de 5.8 a 6.8 y limitados por una fase dúrica a menos de 50 cm de profundidad (SPP, 1981).

Vegetación. El tipo de vegetación dominante es de pastizal mediano abierto, siendo la especie clave de los géneros *Bouteloua*, *Microchloa*, *Aristida*, *Buchloe*, los cuales presentaban buena cobertura pero escaso vigor.

Se utilizaron dos sitios en los que fueron establecidas 64 parcelas de 10.0 m² cada

una, con pasillos intermedios de 1.5 m entre parcelas. Uno de éstos fue tratado durante dos períodos consecutivos de crecimiento (dos años) y en otro por un solo período.

El estudio consistió en probar cuatro dosis de nitrógeno (0, 30, 60 y 90 kg/ha/año) y cuatro de fósforo (0, 25, 50, y 75 kg/ha/año) las cuales se aplicaron individualmente y en combinación con cada uno de los niveles del otro factor, resultando un total de dieciséis tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Se utilizaron como fuentes de nitrógeno y fósforo la urea y el supertosfato simple, mismos que fueron aplicados al voleo en verano de 1979 y 1980 cuando la temporada de lluvias estuvo bien establecida y las plantas iniciaban su período de crecimiento, tal como recomiendan Billy *et al.* (1973) y Stroehlein *et al.* (1973).

Métodos de evaluación. La producción de forraje total se determinó mediante el método de corte de las gramíneas a ras del suelo, tal como lo realizaron Houston y Hyder (1975), esto fue dentro de un área rectangular de 3.0 m², la cual constituyó la parcela útil. El forraje por especie se obtuvo al muestrear dentro de un área circular de 0.25 m² colocada al azar dentro de la parcela útil, estos cortes se realizaron en el estado fenológico de madurez.

La composición química del forraje (proteína y fósforo) se determinó por medio del análisis de muestras de la M.S., utilizándose los métodos analíticos convencionales como es la técnica de Kjeldahl para determinar proteína cruda; el fósforo se cuantificó por métodos de espectrofotometría, y el calcio por medio de técnicas gravimétricas (A.O. A.C., 1965).

Se tomaron muestras de suelo a 25 cm de profundidad en cada una de las parcelas experimentales, determinándose el nitrógeno total (NO₃ + NH₄), fósforo aprovechable (P₂O₅), calcio y pH de cada una de ellas.

Los cambios en la composición florística se detectaron por dos métodos: uno consistió en muestreos periódicos de la vegetación, marcándose dos transectos permanentes por parcela de 2.0 m cada uno, utilizán-

dose la técnica de muestreo de puntos de contacto (Poissonet *et al.*, 1973). El otro método se basó en la producción de materia seca por especie, determinándose el porcentaje de cada una de ellas de la producción total de materia seca del pastizal. Se analizaron estos resultados individuales para cada especie, con el fin de encontrar variaciones debido al tipo de fertilizante y la dosis.

La distribución de las parcelas en el campo, así como el análisis estadístico de los datos se efectuó a través de un diseño de bloques al azar en arreglo factorial, utilizándose la prueba de rango múltiple de Duncan para la comparación de medias (Steel and Torrie, 1980), realizándose los análisis de regresión, así como la determinación de los coeficientes de correlación entre los parámetros más importantes.

Resultados

En cuanto a la producción de kg de materia seca/ha, en general se obtuvieron incrementos significativos ($P < 0.05$) en los dos períodos de la prueba, observándose durante la primera fase del estudio que el elemento que produjo mejor respuesta en el pastizal fue el nitrógeno; no fue importante en los aumentos de producción de kg de M.S./ha el fósforo añadido individualmente, ni cuando éste se combinó con el nitrógeno. Con respecto al segundo año de la prueba, se presentaron resultados similares en la producción de forraje con el nitrógeno solo y su combinación con fósforo; el Cuadro 1 muestra los resultados logrados.

También durante el primer año se logró aumentar significativamente ($P < 0.05$) con la fertilización, la producción de kg de materia seca/ha de algunas especies como es el *Bouteloua scorpioides* y *Microchloa Kunthii*, no presentándose cambios en *Bouteloua hirsuta*, *Aristida spp* y herbáceas. Para la segunda fertilización se observaron cambios importantes ($P < 0.05$) con especies como el *Buchloe dactyloides* y *Microchloa Kunthii*, no presentándose esto en las demás especies (Cuadros 2 y 3).

CUADRO 1

Producción de kg de M.S./ha en un pastizal mediano abierto sometido a varias dosis de fertilización

Dosis Kg/ha	Kg. M.S./ha	
	Una Aplicación	Dos Aplicaciones
00-00-00	722 d ¹	576 bcde ¹
00-25-00	939 abcd	554 cde
00.50-00	677 d	576 bcde
00-75-00	808 cd	554 de
30-00-00	910 bcd	486 e
30-25-00	1164 abcd	729 abcde
30-50-00	1161 abcd	952 ab
30-75-00	1241 abcd	979 a
60-00-00	1149 abcd	719 abcde
60-25-00	1545 abc	827 abcde
60-50-00	1332 abcd	862 abcde
60-75-00	1675 a	1084 a
90-00-00	1488 abc	527 de
90-25-00	1644 ab	904 abcd
90-50-00	1556 abc	1053 a
90-75-00	1544 abc	934 abc

¹ Valores con literal diferente, son estadísticamente distintos ($P < 0.05$).

Dentro de la composición química del forraje, se encontró que la fertilización en sus dos épocas de aplicación elevó de manera significativa ($P < 0.05$) el contenido de proteína cruda del forraje; este incremento se debió en su mayor parte al nitrógeno aplicado, no detectándose respuesta en la concentración de P.C. de la materia seca, por efecto de la incorporación del fósforo al suelo (Cuadro 4). Por otro lado, el contenido de fósforo en el forraje aumentó significativamente ($P < 0.05$), siendo el superfosfato el fertilizante que originó el incremento de este nutriente, también se observó que con las adiciones de nitrógeno en la segunda fertilización se logró una respuesta positiva para elevar los niveles de fósforo de la planta (Cuadro 5). Por la misma manera el porcentaje de calcio de la M.S. aumentó significativamente ($P < 0.05$), a medida que se incrementó la dosis de fertilización (Cuadro 6).

CUADRO 2

Producción de kg de M.S. por especie y por hectárea, en un pastizal mediano abierto, sometido a varias dosis de fertilizantes para una época de crecimiento

Dosis Kg/ha	<i>Bo hi</i> Kg M.S./ha	<i>Mi ku</i> Kg M.S./ha	<i>Bo sc</i> Kg M.S./ha	<i>Ar spp</i> Kg M.S./ha	Herbáceas Kg M.S./ha
00-00-00	549.5 a ¹	73.3 cd	155.0 c	130.4 ab	92.9 b
00-25-00	303.9 a	112.0 abcd	255.0 bc	111.3 ab	116.9 b
00-50-00	303.5 a	79.0 cd	168.3 c	164.7 ab	133.4 ab
00-75-00	269.3 a	56.4 d	175.1 c	62.9 b	84.3 b
30-00-00	651.0 a	66.0 d	210.7 bc	344.7 ab	65.7 b
30-25-00	384.7 a	113.2 abcd	292.3 bc	185.6 ab	143.1 ab
30-50-00	656.6 a	195.1 ab	443.3 abc	76.1 ab	112.9 b
30-75-00	269.5 a	127.1 abcd	310.3 bc	321.2 ab	69.6 b
60-00-00	618.7 a	105.1 abcd	360.8 abc	126.7 ab	18.3 b
60-25-00	560.4 a	174.5 abc	518.3 abc	356.4 a	84.4 b
60-50-00	662.4 a	158.5 abcd	396.0 abc	335.3 ab	35.7 b
60-75-00	837.2 a	210.6 a	466.4 abc	67.9 ab	325.9 a
90-00-00	423.7 a	97.8 bcd	606.0 ab	221.3 ab	97.4 b
90-25-00	421.2 a	120.5 abcd	757.0 a	124.5 ab	97.5 b
90-50-00	598.7 a	157.7 abcd	517.2 abc	183.3 ab	163.1 ab
90-75-00	636.3 a	113.3 abcd	454.4 abc	97.6 ab	144.8 ab

¹ Valores con literal diferente son estadísticamente distintos (P < 0.05).

CUADRO 3

Producción de kg de M.S. por especie y por hectárea en un pastizal mediano abierto, sometido a varias dosis de fertilizantes, durante dos épocas de crecimiento

Dosis Kg/ha	<i>Bu da</i> Kg M. S./ha	<i>Mi ku</i> Kg M.S./ha	<i>Bo sc</i> Kg M. S./ha
00-00-00	99.6 c ¹	28.4 b	484.4 a
00-25-00	137.4 bc	30.1 b	364.0 a
00-50-00	167.6 bc	23.6 b	363.6 a
00-75-00	340.1 abc	76.3 ab	223.8 a
30-00-00	177.4 bc	79.7 ab	296.3 a
30-25-00	338.6 abc	206.9 a	406.7 a
30-50-00	254.7 abc	105.1 ab	609.5 a
30-75-00	227.6 abc	110.0 ab	425.9 a
60-00-00	191.2 bc	66.1 ab	358.7 a
60-25-00	318.8 abc	149.2 ab	246.9 a
60-50-00	393.8 ab	210.6 a	265.8 a
60-75-00	387.7 abc	168.6 ab	550.0 a
90-00-00	327.0 abc	63.7 ab	297.1 a
90-25-00	372.8 abc	156.7 ab	392.1 a
90-50-00	499.9 a	190.6 a	622.8 a
90-75-00	487.3 a	203.6 a	400.8 a

¹ Valores con literal diferente son estadísticamente distintos (P < 0.05).

CUADRO 4

Contenido de P.C. (%) en la M.S. de un pastizal mediano abierto, sometido a varios tratamientos de fertilización

Dosis Kg/ha	% P.C. en la M.S.	
	Una Aplicación	Dos Aplicaciones
00-00-00	6.14 bci	7.15 defl
00-25-00	6.04 c	6.4 ef
00-50-00	7.05 abc	6.05 ef
00-75-00	7.57 abc	5.73 f
30-00-00	7.05 abc	7.88 bcdef
30-25-00	7.05 abc	7.63 cdef
30-50-00	7.95 abc	8.10 abcdef
30-75-00	8.42 abc	8.65 abcdef
60-00-00	8.10 abc	8.85 abcde
60-25-00	9.03 a	10.76 abc
60-50-00	8.91 a	10.6 abc
60-75-00	8.73 ab	9.90 abcd
90-00-00	7.42 abc	8.95 abcde
90-25-00	9.71 a	10.55 abc
90-50-00	8.53 abc	10.85 ab
90-75-00	8.46 abc	11.17 a

¹ Valores con literal diferente son estadísticamente distintos ($P < 0.05$).

Con relación a los cambios en la composición química del suelo por efecto de la fertilización en los parámetros analizados, como son: nitrógeno total, fósforo aprovechable, calcio del suelo y pH, no se observaron variaciones de significación ($P > 0.05$) en los dos años de muestreo, con excepción del pH para las parcelas tratadas por una ocasión, las cuales sufrieron alteraciones significativas ($P < 0.05$) con valores que tendieron hacia la acidez.

Por último, la composición florística del área experimental sufrió cambios importantes de su porcentaje inicial, incrementándose el *Bouteloua scorpioides* en un 10% y reduciéndose en un porcentaje similar el *B. hirsuta* (Cuadro 7).

Discusión

Producción forrajera total. En los dos periodos del estudio se encontró un com-

portamiento similar entre la fuente nitrogenada y la producción de forraje, existiendo un coeficiente de correlación alto ($r = 0.89$) entre éstos, siendo palpable el beneficio que se obtiene en el rendimiento de las plantas al aportar nitrógeno, elemento primordial que constituye el protoplasma celular y forma parte de la molécula de clorofila (Rojas, 1979); en promedio se lograron incrementos de 115% y 52% para el primero y el segundo año respectivamente con la dosis más alta (90 kg de N/ha), este resultado es similar al obtenido por varios autores (Rogler *et al.*, 1962; Houston y Van Der Sluijs, 1973; Herndon, 1974; Pettit y Fagan, 1974; Burzlaiff y Salih, 1976; Vallentine, 1980). En este mismo trabajo se vio la conveniencia de hacer las aplicaciones mixtas con el fósforo ya que se obtuvo mayor producción de kg de M.S./ha, resultado similar al que observó Pettit (1972); esto se puede expli-

CUADRO 5

Contenido de fósforo (%) en la M.S. de un pastizal mediano abierto, sometido a diversos tratamientos de fertilización

Dosis Kg/ha.	% de Fósforo en la M.S.	
	Una Aplicación	Dos Aplicaciones
00-00-00	0.10 efl	0.09 d
00-25-00	0.12 cdef	0.14 c
00-50-00	0.13 abcdef	0.16 abc
00-75-00	0.16 abc	0.14 c
30-00-00	0.10 def	0.08 d
30-25-00	0.13 bcdef	0.14 c
30-50-00	0.17 abcd	0.16 abc
30-75-00	0.18 abc	0.16 abc
60-00-00	0.09 f	0.08 d
60-25-00	0.14 abcdef	0.17 abc
60-50-00	0.18 ab	0.18 ab
60-75-00	0.17 abc	0.18 ab
90-00-00	0.09 ef	0.10 d
90-25-00	0.15 abcde	0.15 bc
90-50-00	0.16 abcd	0.17 abc
90-75-00	0.19 a	0.19 a

¹ Valores con literal diferente son estadísticamente distintos ($P < 0.05$).

CUADRO 6

Contenido de calcio (%) en la M.S. de un pastizal mediano abierto, sometido a diversos tratamientos de fertilización

Dosis Kg/ha.	% de Calcio en la M. S.	
	Una Aplicación	Dos Aplicaciones
00-00-00	0.24 abcd ¹	0.20 b ¹
00-25-00	0.26 abc	0.22 b
00-50-00	0.27 ab	0.23 b
00-75-00	0.28 a	0.24 a ^b
30-00-00	0.23 bcd	0.21 b
30-25-00	0.25 abcd	0.22 b
30-50-00	0.22 cd	0.25 a ^b
30-75-00	0.24 abcd	0.28 a
60-00-00	0.21 d	0.21 b
60-25-00	0.24 abcd	0.25 a ^b
60-50-00	0.26 abc	0.25 a ^b
60-75-00	0.26 abc	0.25 a ^b
90-00-00	0.23 bcd	0.22 b
90-25-00	0.27 ab	0.22 b
90-50-00	0.25 abcd	0.24 a ^b
90-75-00	0.26 abcd	0.24 a ^b

¹ Valores con literal diferente son estadísticamente distintos (P<0.05).

car en base a la ley de los factores limitantes expresada por Blackman y la cual asienta que el desarrollo vegetal está supe-
ditado a que se cubran las carencias que
sufre la planta, incrementándose el creci-
miento conforme se va optimizando cada
factor (Rojas, 1979; Richter, 1982); en
este caso, la ley actuó al agregarse dos
factores, como son el nitrógeno y el fósforo,
elementos que son complementarios en los
mecanismos fisiológicos de la planta.

En cuanto a la adición de fósforo solo,
se lograron resultados semejantes a los lo-
grados por Workman y Quigley (1974) y
Rauzi (1979) con relación a la falta de
respuesta durante la primera aplicación,
aunque Power y Alessi (1970) comentaron
que bajo ciertas condiciones se pueden ob-
tener incrementos en la producción de fo-
rrajes con aplicaciones de fósforo, tal como
ocurrió en este trabajo con las parcelas tra-
tadas en dos ocasiones, atribuyéndose esta
respuesta a que se logró superar la capaci-
dad inmovilizante del suelo hacia el fósforo
(Power, 1972).

Producción forrajera por especie. Duran-
te los dos períodos en que se aplicaron fer-

CUADRO 7

Porcentaje en la composición florística de un pastizal mediano abierto de las especies presentes en el área de estudio, antes y después de la fertilización

E s p e c i e	M U E S T R E O S			
	1o. Antes de fert.	2do. Sept. 1980	3ro. Mayo 1981	4o. Sept. 1981
<i>Bouteloua hirsuta</i>	34.46	24.51	26.25	26.88
<i>Microchloa kunthii</i>	24.46	32.76	19.8	23.11
<i>B. scorpioides</i>	20.85	22.81	35.59	30.65
<i>B. gracilis</i>	3.40	4.61	2.62	3.76
<i>Botriochloa barbinodis</i>	2.12	0.48	3.10	1.75
<i>Aristida</i> spp.	4.89	5.82	3.57	3.26
<i>Buchloe dactyloides</i>	4.04	4.12	1.90	4.27
<i>Muhlenbergia</i> sp.	2.55	1.94	0.95	1.75
<i>Lycurus phleoides</i>	1.27	0.48	1.43	2.51
<i>Herbáceas</i>	1.91	2.42	4.77	2.01

tilizantes; hubo algunas especies que se beneficiaron, como son *Microchloa kunthii*, *Bouteloua scorpioides*, *Buchloe dactyloides* además de otras en las que no se observó ningún efecto (*B. hirsuta*, *Aristida* spp, *Muhlenbergia* sp.) debido a la adición de estos elementos químicos. Resultados similares a éstos pero con otras especies han sido mencionados por varios autores (Hull y Muller, 1976; Rauzi, 1978) aunque no se han determinado claramente las causas.

Contenido de Proteína cruda. Existió una estrecha relación ($r = 0.72$) entre la dosis de fertilizante nitrogenado y el porcentaje de proteína cruda del forraje en las dos aplicaciones; en las parcelas tratadas una sola vez esta dependencia se encontró hasta la dosis de 60 kg de N/ha, este resultado se asemeja a lo encontrado por Pettit y Fagan (1974) quienes observaron que los zacates cortos con dosis superiores a 90 kg/ha sufrían pérdidas de la proteína más temprano y más rápidamente que al aplicar dosis más bajas. A pesar de esto, se advirtió una tendencia similar a la obtenida por otros investigadores (Rauzi *et al.*, 1973; Goetz, 1975a; Salih y Burzlaff, 1975; Stoddart *et al.*, 1975; Bokhari, 1978).

Se puede decir que el fósforo solo o en combinación con nitrógeno produce pocos beneficios en el contenido de proteína del forraje, tal como afirma Barret (1979); sobre todo por las dificultades que tienen las plantas para absorberlo en suelos con valores ácidos de pH, como los que se encontraron en el área de estudio (Tisdale y Nelson, 1970); además de esto, en el sitio aplicado por dos ocasiones se observó que provocó decrementos en el valor de la proteína ya que el fósforo acelera la madurez en las plantas manteniéndose por esto valores más altos de P.C. en parcelas fertilizadas con nitrógeno y en áreas testigo; este resultado es análogo al determinado por Goetz (1975b).

Contenido de fósforo en la materia seca. La fertilización fosforada aumentó considerablemente en la M.S. la concentración de fósforo durante los dos períodos de crecimiento; la concentración de este mineral en la planta fue directamente proporcional

a la dosis utilizada, existiendo un coeficiente de correlación alto en ambos casos ($r = 0.93$) para un período y ($r = 0.81$) para dos aplicaciones, lográndose incrementos del 87 y 93% respectivamente; valores dados por niveles del 0.19% de fósforo en la M.S. con la dosis alta (75 kg de P/ha) contra 0.08% encontrado en el testigo; este efecto ha sido encontrado también en otros estudios similares (Lundell y Laws, 1954; Barret, 1979; Black y Wight, 1979) respuesta lograda por la disponibilidad del nutriente en el suelo. Las aplicaciones de nitrógeno no produjeron variaciones en este parámetro, coincidiendo con lo informado por Burzlaff *et al.* (1973).

Contenido de calcio en el forraje. Se determinó en los dos sitios de la prueba que las gramíneas fertilizadas presentaron incrementos de los niveles de calcio, lo que seguramente se debió a la adición de fósforo siendo directamente proporcional la dosis de fertilizantes al valor de calcio en el forraje; Richter (1982) señala que como función de los polifosfatos en la planta está la formación de complejos con cationes como Ca^{++} Mg^{++} y Na^{+} con los cuales mantienen una relación constante, lo que determinará que las fluctuaciones del fósforo repercutirán sobre los iones descritos. Se logró un 24% de aumento con la dosis de 75 kg de fósforo/ha y esto coincide con el estudio efectuado por Semple (1970).

Composición química de los suelos. Estadísticamente en el perfil del suelo muestreado no se detectaron acumulaciones de los elementos aplicados, ni tampoco mantuvieron alguna proporción con respecto a la dosis utilizada, teniéndose una desviación estandar $S = \pm 5.5$ kg de N/ha, a partir de 30 kg de nitrógeno/ha del testigo, en este caso la acumulación en el suelo es difícil que se presente debido a las altas pérdidas que sufre el fertilizante nitrogenado (hasta 60% del nitrógeno total aplicado (Volk, 1959) el cual dependerá también en gran medida del tipo de aplicación (voleo) y tipo de fertilizante utilizado (hidrólisis rápida o lenta); causando esto altas tasas de gasificación y lixiviación del nitrógeno (Tisdale y Nelson, 1970). Estos

CUADRO 8

Algunos aspectos económicos (costo-producción) considerados para una aplicación de fertilizantes a un pastizal mediano

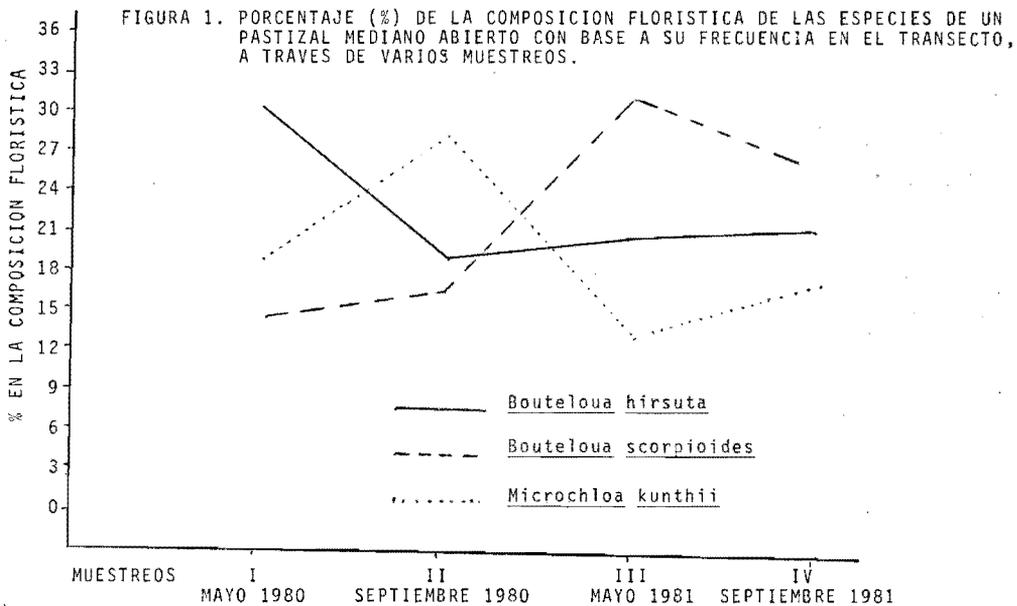
Dosis Kg/ha	Costo del fertilizante \$/ha	Producción de carne \$/ha	Producción de M. S. \$/ha	Utilidad \$/ha
00-00-00	—	474.2	209.38	683.58
00-25-00	233.75	617.52	272.31	656.09
00-50-00	465.5	444.61	196.33	175.44
00-75-00	701.25	531.25	234.32	64.32
30-00-00	276.64	598.34	263.9	585.6
30-25-00	510.39	765.22	337.56	592.39
30-50-00	744.14	763.2	336.69	355.75
30-75-00	977.89	816.38	359.89	198.38
60-00-00	553.31	755.22	333.21	535.08
60-25-00	787.06	1015.22	448.05	676.21
60-50-00	1020.81	875.75	386.28	241.22
60-75-00	1254.56	1100.25	485.75	331.44
90-00-00	830.0	977.45	431.52	578.97
90-25-00	1063.75	1081.04	476.76	494.05
90-50-00	1297.5	1023.61	451.24	177.35
90-75-00	1531.25	1015.22	447.76	-68.27

¹ Valor estimado en base a producción de destetes de 150 kg por cada U.A. a un costo de \$43.78 por kg de carne en pie, según cotización de 1982.

resultados no concuerdan con lo mencionado por otros investigadores (Goetz, 1975a y Sneva, 1977) los cuales determinaron que la incorporación de cualquier dosis de fertilizante al suelo se refleja en acumulaciones de estos elementos, lo cual determinará el efecto residual que variará según sean las condiciones del tipo de fertilizante usado, dosis aplicada, clase y profundidad del suelo.

Con relación al pH, durante el primer año se modificó hacia valores de acidez yendo de 5.0 a 5.1; encontrándose correlación negativa ($r = -0.7$) entre la dosis de nitrógeno y valores de pH; este fenómeno se puede explicar por la reacción de la urea en el suelo, la cual al hidrolizarse forma carbonato amónico que es un compuesto inestable descomponiéndose a amoníaco o amonio y dióxido de carbono. El NH_3 o NH_4^+ liberado es nitrificado desprendiéndose el ion H^+ el cual es el causante de la acidificación (Tisdale y Nelson, 1970).

Composición florística. Se observaron ciertas tendencias dentro de las especies del pastizal, como fue la importante reducción en la composición florística del *Bouteloua hirsuta* especie clímax dominante y en menor grado en otras especies. Sin embargo, el equilibrio de energía en esta comunidad no se vio afectado, ya que se presentó un incremento equivalente del *B. scorpioides* dentro del porcentaje de especies que componen el pastizal, compensando así la reducción de las demás especies. Esta variación fue mayor con las dosis más altas, siendo la humedad un factor muy importante en los cambios sufridos (figura 1); estos resultados se asemejan a los obtenidos en varios trabajos (Houston y Hyder, 1975; Rauzi, 1978) en el sentido de que la fertilización puede provocar disturbios dentro de la composición florística del pastizal, probablemente estos cambios se deben a la eficiencia con que cada especie aprovecha o utiliza el sustrato donde está establecida



(Odum, 1972) aunque las causas no han sido aun claramente explicadas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que la fertilización de pastizales es una práctica apropiada para elevar los índices productivos de estas explotaciones y manejándola adecuadamente (incluyendo el efecto residual) produce utilidades mayores a las obtenidas normalmente, aún bajo condiciones deficientes de humedad, como las que se presentaron durante el desarrollo de este estudio. Se presume que en años de precipitación normal la productividad del pastizal puede superar a la lograda en este trabajo.

Fue palpable la ventaja de eliminar las deficiencias de nutrientes vegetales del suelo, que tan comúnmente se presentan en el sustrato edafológico de las regiones áridas y semiáridas; aunque en este estudio la adición de fertilizantes no se expresó significativamente hacia valores superiores a los que normalmente se presentan en suelos sin tra-

tar, debido a las pérdidas por gasificación, lixiviación, arrastre y utilización por las plantas; siendo este último punto lo que en un momento dado incrementó la producción de materia seca, proteína cruda y fósforo, que en algunos casos logró duplicar los rendimientos (60-25-00; 60-75-00; 90-25-00, etc.).

Con los resultados obtenidos, se considera que la dosis 60-25-00 es la más recomendable para que sea utilizada en vegetación de pastizal mediano abierto, ya que las características del costo-productividad (Cuadro 6) así como la mayor efectividad de las aplicaciones mixtas y el potencial del efecto residual, el cual puede ir de un 46% en el primer año a un 25% en el tercero (Arredondo, datos sin publicar) para este nivel de fertilización en particular, no quedando descartados como alternativa económica otras dosis de fertilizantes (60-00-00; 30-25-00; 30-00-00).

En general para este estudio no se presentaron desventajas de la fertilización de pastizales sobre la vegetación y el suelo, y las que en un momento dado pudieran

presentarse lo serían preferentemente en el aspecto económico sobre el ecológico, pero a causa de no apegarse a las condiciones requeridas para efectuar esta práctica.

Summary

Four levels of nitrogen (0,30,60 and 90 kg/ha) and four of phosphorus (0,25,50 and 75 kg/ha) and all its possible combinations were tested in the summer of 1979 and 1980 on a *Bouteloua-Microchloa-Lycu-* vegetation in Central Mexico.

Sixty-four experimental plots were established to evaluate the effect that the addition of fertilizer has over the production of dry matter, the chemical quality of dry-matter and soil, and upon the botanical composition.

The collected data were statistically analyzed by randomized blocks design with a factorial arrangement with four repetitions

per treatment, Duncan's test was applied to compare differences between treatments.

Highly significant differences in production of drymatter were obtained in the first and second years of fertilization, in more than 130% and 88% respectively, with the 60-75-00 treatment. The highest protein contents were obtained with the high nitrogen treatment (90 kg/ha) representing an increase of more than 50% of this nutrient in the dry matter. In the case of phosphorus contents, an increase of more than 110% with the 90-75-00 treatment was obtained.

The soil's chemical composition ($\text{NO}_3\text{-N}$ and P_2O_5) in its pH with a tendency towards acidity.

Floristic composition changes did occur where *Bouteloua hirsuta* decreased its population and *Bouteloua scorpioides* increased.

The most recommended fertilization treatment tested was 60-25-00 due to the good results and its low cost.

Literatura citada

- AOAC, 1965, Official methods of analysis, 16th ed. *Ass. Offic. Agr. Chem.* Washington, D.C.
- ARREDONDO, J.T., Datos sin publicar. Estudio comparativo del efecto residual de dos sitios con diferentes períodos de fertilización bajo las condiciones de los Llanos de Ojuelos. CIPEJ-INIP-SARH.
- BARRET, M.W., 1979, Evaluation of fertilizer on Pronghorn winter range in Alberta. *J. Range Manage.* Vol. 32 N° 1: 55-59 pp.
- BILLY, B.; J.L., STROEHLEIN y P.R. OGDEN, 1973, Response of lehmann lovegrass to time of fertilizer application. *J. Range Manage.* Vol. 26, N° 3: 222-224 pp.
- BLACK, A.L. and J.R. WIGHT, 1979, Range fertilization: Nitrogen and phosphorus uptake and recovery over time. *J. Range Manage.* Vol. 32, N° 5: 349-353 pp.
- BOKHARI, U.G., 1978, Nutritional characteristics of added water and nitrogen. *J. Range Manage.* Vol. 31, N° 1: 18-22 pp.
- BURZLAFF, D.F.; G.W. FICK y L.R. RITTENHOUSE, 1973, Efectos de la fertilización nitrogenada en determinados factores de un ecosistema de un pastizal del Oeste de Nebraska. In González, M.H. y R.S. Campbell. Rendimientos del pastizal. 2da. Ed. *Pax*, México, 292-296 pp.
- BURZLAFF, D.F. and M. SALIH, 1976, Nitrogen fertilizers increase yield and Water-Use efficiency. Noxious brush and weed control. Research Highlights-1976. *Texas Tech. University* Lubbock, Texas. Vol. 7-44 pp.
- CETENAL, 1970, Comisión de Estudios del Territorio Nacional. Carta de Climas. F 14-C 12.
- GOETZ, H. 1975 (a), Availability of nitrogen and other nutrients on four fertilized range sites during the active growing season. *J. Range Manage.* Vol. 28, N° 4: 305-310 pp.
- GOETZ, H. 1975 (b), Effect of site and fertilization on protein content on native grasses. *J. Range Manage.* Vol. 25, N° 5: 380-385 pp.
- HEADY, D.C. 1975, Rangeland Management. *Mc Graw Hill Book Co.*, New York, 460 p.
- HERBEL, C.H. and W.L. GOULD, 1980, Managing semidesert ranges of the Southwest. Cooperative extension service of New Mexico State University. Circular 456-48 pp.
- HERNDON, E.B., 1974, Nitrogen improves pasture production. In Noxious brush and weed control. Research Highlights. *Texas Tech. University.* Lubbock, Texas. Vol. 5-48 pp.
- HOUSTON, W.R. y D.N. HYDER, 1975, Efectos ecológicos y aplicación del contenido del ni-

- trógeno del suelo, después de aplicar una fertilización masiva de nitrógeno en las planicies de zacate mixto. Selecciones del *J. Range Manage.* Vol. IV, N° 2: 286-290 pp.
- HOUSTON, W.R. y D.H. VAN DER SLUIJS, 1973, Fertilización foliar de un pastizal mediano con nitrato de amonio y con urea. Selecciones del *J. Range Manage.* Vol. 26, N° 5: 360-364 pp.
- HULL, J.C. and C.H. MULLER, 1976, Responses of California annual grassland species to variations in moisture and fertilization. *J. Range Manage.* Vol. 29, N° 1: 49-52 pp.
- LUNDELL, C.L. and W.D. LAWS, 1954, Soil fertility in relation to the production of beef cattle. Hoblitzelle Agricultural Laboratory, *Texas Research Foundation*. Renner, Texas. Bull. 2. 23 p.
- ODUM, E.P., 1972, Ecología, 3ra. ed. Edit. *Interamericana*, 639 p.
- PETTIT, R.D., 1972, Fertilizer effects on sand shin Oak. In Noxious brush and weed control. Research Highlights 1972, *Texas Tech. University*. Lubbock, Texas. Vol. 3-38 pp.
- PETTIT, R.D. and R.E. FAGAN, 1974, Influence of nitrogen on irrigated buffalograss yield and protein content, *J. Range Manage.* Vol. 27, N° 6: 473-476 pp.
- POISSONET, P.S.; J.A. POISSONET; M.P. GODRON y G.A. LONG, 1973, Una comparación de métodos de muestreos en pastizales de cobertura densa. Selecciones del *J. Range Manage.* Vol. II, N° 1: 14-18 pp.
- POWER, J.F. and J. ALESSI, 1970, Effects of nitrogen source and phosphorus on Crested Wheatgrass growth and water use, *J. Range Manage.* Vol. 23, N° 2: 175-178 pp.
- POWER, J.F., 1972, Fate of fertilizer nitrogen applied to a Northern great plains rangeland ecosystem. *J. Range Manage.* 25:367-371.
- RAUZI, F., 1978, High rates of nitrogen change composition of shortgrass rangeland in southeastern Wyoming. *J. Range Manage.* Vol. 32 No. 6:470-473.
- RAUZI, F., 1979, Residual effects of phosphorus and high rates of nitrogen on shortgrass rangeland. *J. Range Manage.* Vol. 32 No. 6:470-473.
- RAUZI, F., R.L. LANG y L.I. PAINTER, 1973, Efectos de la fertilización nitrogenada en pastizales. En: González, M.H. y R.S. Campbell, Rendimiento del pastizal. 2° ed. *Pax*. México, p. 115-119.
- RICHTER, G., 1982, Fisiología del metabolismo de las plantas. 4° imp. *CECSA México*, 417 p.
- ROGLER, A.G., R.J. LORENZ and H.M. SCHAOF, 1962, Progress with grass. *North Dakota Agricultural Experiment Station Bull* 439, 15 p.
- ROJAS, M., 1979, Fisiología vegetal aplicada. 2° ed. *McGraw-Hill*. México, 262 p.
- SALIH, M. and D.F. BURZLAFF, 1975, Effect of fertilizer on the crude protein content of Indian grass. En: Noxious brush and weed control. Research Highlights, 1975. *Texas Tech. University*. Lubbock, Texas. Vol. 6-46.
- SÁNCHEZ, C., 1972, Comportamiento forrajero de un pastizal mediano en la Sierra de Chihuahua bajo fertilización de nitrógeno y fósforo. *Bol. Pastizales*. RELC-INIP-SARH. III-1.
- SEMPLE, A.T., 1970, Grassland improvement. *Leonard Hill Books*. 400 p.
- ŠNEVA, F.A., 1977, Soil nitrogen levels in a semi-arid climate following long-term nitrogen fertilization. *J. Range Manage.* Vol. 30 No. 5:328-330.
- SPP, 1981, Síntesis geográfica de Jalisco. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. 198 p.
- STEEL, R. and J.H. TORRIE, 1980, Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. 2nd ed. *International Student Edition*. 633 p.
- STODDART, L.A., A.D. SMITH and T.W. BOX, 1975, Range Management. 3th ed. *McGraw-Hill Book Co*. 532 p.
- STROEHLEIN, J.L., P.R. OGDEN y B. BILLY, 1973, Epoca para la aplicación de fertilizantes a tierras desérticas de apacentamiento. En: González, M.H. y R.S. Campbell, Rendimiento del pastizal. 2° ed. *Pax*. México, p. 41-45.
- TISDALE, S.L. y W.L. NELSON, 1970, Fertilidad de los suelos. *Montaner y Simón*, Barcelona. 760 p.
- VALLENTINE, J.F., 1980, Range development and improvements. 2nd ed. *Brigham. Young University Press*, Utah. 545 p.
- WORKMAN, J.P. and T.H. QUIGLEY, 1974, Economics of fertilizer application on range and meadow sites in Utah. *J. Range Manage.* Vol. 27, No. 6:390-393.