

INFLUENCIA DEL CLIMA Y DE LAS FERTILIZACIONES POTÁSICA Y MOLIBDICA SOBRE VARIAS CARACTERÍSTICAS DE UN ALFALFAR ESTABLECIDO EN CHAPINGO, MEXICO

Por Adán Alvarado B.¹ y Roberto Núñez Escobar

Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Sinopsis

Se realizó un experimento tendiente a determinar la influencia de las condiciones climáticas, la edad y la fertilización potásica y molibídica, sobre el rendimiento y longevidad de un alfalfar establecido en terrenos de la Estación Agrícola Experimental de la Escuela Nacional de Agricultura en Chapingo, México. Se hicieron aplicaciones de potasio en diferentes dosis y frecuencias. Se probó también molibdeno en presencia y ausencia de fertilización potásica. Ninguno de los dos elementos nutrientes estudiados tuvo influencia sobre el rendimiento del alfalfar o el mantenimiento de la población a través del tiempo, ni tampoco sobre la altura de las plantas, el contenido de humedad, nitrógeno o potasio del follaje.

Las temperaturas medias inferiores a 18° C limitaron la emisión de nuevos tallos y redujeron el rendimiento. En la mitad del verano, el contenido de nitrógeno, y por lo tanto la calidad de la alfalfa se redujo fuertemente. Las lluvias favorecieron el desarrollo de hierbas, aunque el cultivo llevó riegos periódicos. Con la edad, las plantas perdieron habilidad para absorber el potasio del suelo y para acumular nitrógeno en sus tejidos. Con el tiempo, la población y los rendimientos de alfalfa se abatieron, incrementándose la incidencia de hierbas. La posible prolongación de la vida útil de los alfalfares de esta zona debe por lo tanto estudiarse en función de factores diferentes de la fertilización potásica o molibídica.

Summary

An experiment was carried out to determine the influence of the climatic conditions, the age of the plants and the fertilization with potassium and molybdenum, on the yield and longevity of an alfalfa field established in lands of the Agricultural Experiment Station of the National School of Agriculture, Chapingo, México. Potassium was applied at different rates and frequencies. Molybdenum was added in presence and absence of potassium fertilization. The nutrient elements studied had no influence on the following characteristics of the crops: yield, maintenance of the population, height of plants, and moisture, nitrogen and potassium content of the foliage.

Mean temperatures lower than 18° C restricted the appearance of new stems and reduced yield. In middle summer, the nitrogen content and hence the quality of the alfalfa was greatly reduced. Precipitations favored the growth of weeds, although periodical irrigations were applied. With increasing age, the alfalfa plants lost capacity to absorb potassium from the soil and to accumulate nitrogen in their tissues. As time went by, the population and yield of alfalfa were reduced and the incidence of weeds increased. Therefore, the possible extension of the economically useful life of the alfalfa fields in this area, has to be studied in function of factors different from the fertilization with potassium or molybdenum.

Introducción

La alfalfa es un cultivo forrajero de gran importancia en las zonas templadas de México y especialmente del Valle de México; debido a sus altos rendimientos, calidad alimenticia y aceptación por el ganado. No obstante, los alfalfares del Valle de México tienen una duración económicamente útil de aproximadamente 3 años,

1. *Dirección actual:* Investigador en Suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas del Noreste, INIA. Apartado Postal No. 247. Torreón, Coah.

al cabo de los cuales, se reduce la población del cultivo y ocurre una invasión de malas hierbas a la vez que disminuye el rendimiento de la alfalfa. Varias investigaciones han demostrado la importancia del abastecimiento de potasio en la predominancia diferencial de las especies en las asociaciones de gramíneas y leguminosas. MacLeod y Bradfield (1963), estudiando el efecto de la fertilización potásica sobre una asociación de alfalfa con una gramínea, encontraron que la alfalfa fue la especie dominante en donde hubo suficiente potasio, y la gramínea fue dominante en donde el potasio fue factor limitante. Yoshiwara (1963), estudió el efecto de la fertilización potásica sobre una asociación de zacate italiano, zacate pata de gallo, trébol rojo, trébol ladino y alfalfa. Después de 3 años de observaciones, encontró que el efecto del potasio sobre el rendimiento varió mucho según la clase de planta, siendo la alfalfa el miembro de la asociación que dio el más alto incremento de rendimiento. Rossiter (1947), logró, mediante aplicaciones de potasio a una asociación de trébol y pasto perenne un alto incremento de rendimiento de trébol subterráneo; mientras que el rendimiento de los pastos y de las especies misceláneas permanecieron inalterados o con ligeros descensos.

El presente estudio, patrocinado por el Instituto Internacional de la Potasa, tuvo entre sus objetivos principales investigar la posibilidad de una prolongación de la vida útil de los alfalfares del Valle de México, mediante la fertilización potásica.* Se hicieron observaciones sobre la influencia del clima en el desarrollo de la alfalfa y malas hierbas. Se incluyeron también dos tratamientos de fertilización molibídica, ya que algunos autores señalan un efecto favorable de este micronutriente sobre la fijación de nitrógeno atmosférico (Shaw *et al.*, 1944, Young y Takahashi, 1953) y la absorción de potasio (Baroccio, 1962) por la alfalfa.

Materiales y métodos

El lote experimental se localizó en un alfalfar comercial de 36 meses de establecido, ubicado en las inmediaciones de la Escuela Nacional de Agricultura. En el establecimiento del alfalfar se utilizaron 30 kilogramos de semilla de la variedad "Tanverde" por hectárea; se fertilizó con 41.5 kilogramos de fósforo (95 kg de P_2O_5) por hectárea. Cuando la alfalfa tenía 18 meses de edad se le hizo una segunda aplicación de 7.5 kg de fósforo (17.1 kg de P_2O_5) por hectárea. Finalmente, al iniciarse el experimento, se le agregaron 43.7 kilogramos de fósforo (100 kg de P_2O_5) por hectárea. En las tres fertilizaciones se usó superfosfato simple.

El suelo del experimento es aluvial, con una pendiente de 5 al millar, de más de dos metros de profundidad, con textura de migajón arcillo-arenoso en las profundidades de 0 a 45 cm y de 90 a 150 cm. La capa de 45 a 90 cm mostró una textura de migajón arcilloso. Abajo de 150 cm la textura fue arena migajonosa. El color del suelo en toda su profundidad es gris cuando está seco y café muy oscuro cuando se encuentra húmedo.

Algunas de las propiedades químicas del suelo donde se estableció el experimento, se muestran en el Cuadro 1.

* Aunque existe el antecedente de que los suelos de esta región son ricos en potasio, no existen estudios que relacionen el contenido de potasio asimilable de los suelos de esta zona, con la respuesta de la alfalfa a las aplicaciones de potasio.

CUADRO 1

Algunas propiedades químicas del suelo donde se estableció el experimento

Profundidad (cm)	Nitrógeno total (%)	P aprov. kg/ha	K aprov. kg/ha	mmhos por cm a 25° C	pH	% M.O.	Ca ⁺⁺ meq/l	Mg ⁺⁺ meq/l	CO ³⁼ meq/l	HCO ₃ ⁻ meq/l	Cl ⁻ meq/l	SO ₄ ⁼ meq/l
0-15	0.0909	30	+ 120	1.08	7.4	2.43	4.57	1.77	0.00	2.56	3.98	3.97
15-30	0.0807	30	+ 420	1.03	7.4	1.79	4.57	1.26	0.00	2.22	3.94	3.84
30-45	0.0706	25	+ 420	0.91	7.4	1.71	4.36	0.96	0.00	2.02	3.74	3.08
45-60	0.0587	20	+ 420	1.15	7.4	1.63	4.44	1.32	0.00	2.65	3.18	4.91
60-75	0.0568	18	+ 420	1.02	7.3	1.55	4.49	1.58	0.00	2.08	2.70	4.98
75-90	0.0460	18	+ 420	1.29	7.5	1.49	4.49	1.63	0.00	1.83	2.94	7.64
90-105	0.0395	18	+ 420	0.95	7.6	1.44	3.05	1.93	0.00	1.56	2.40	5.18
105-120	0.0287	18	+ 420	1.03	7.6	1.21	2.90	2.22	0.00	1.40	2.00	6.22
120-150	0.0287	15	400	0.68	7.5	0.39	2.53	1.43	0.00	1.67	1.98	2.73
150-160	0.0176	15	300	0.69	7.5	0.03	2.46	1.58	0.00	1.17	1.09	3.08

Las características del alfalfar, al momento del corte previo al establecimiento del experimento, fueron las siguientes: 620 tallos de alfalfa por metro cuadrado; rendimiento de 12.65 ton de alfalfa fresca por hectárea, con 78.9% de humedad; 36 tallos de hierbas en un metro cuadrado, con peso inapreciable. Buller *et al* (1958), registraron para la misma zona y la misma variedad de alfalfa, un rendimiento medio de 3.5 ton/ha de alfalfa henificada con 12% de humedad y 936 tallos de alfalfa por metro cuadrado.

El diseño experimental usado fue el de bloques al azar, con cuatro repeticiones de los 10 tratamientos anotados en el Cuadro 2. Como fuentes de potasio y molibdeno, se utilizaron cloruro de potasio comercial (60% K₂O) y molibdato de

CUADRO 2

Tratamientos estudiados en el experimento

Trat. No.	Aplicación de		Frecuencia de aplicación
	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O (gm/ha)	
1	0	0	cada 4 cortes cada corte cada 2 cortes cada 4 cortes cada 8 cortes cada 4 cortes cada corte cada 4 cortes cada 4 cortes
2	0	100	
3	10	0	
4	20	0	
5	40	0	
6	80	0	
7	40	100	
8	20	0	
9	80	0	
10	20	0	

CUADRO 3

Fechas e intervalos en días en que se efectuaron los cortes de alfalfa

Corte No.	Fecha	Intervalo (días)	Acumulativo (días)
Inicial	Jul. 31, 1962	—	—
1	Sept. 8, 1962	39	39
2	Oct. 26, 1962	48	87
3	Mar. 16, 1963	141	228
4	Abril 19, 1963	34	262
5	May. 31, 1963	42	304
6	Jul. 12, 1963	42	346
7	Sept. 7, 1963	57	405
8	Nov. 8, 1963	62	465

sodio químicamente puro. Las parcelas totales eran cuadros de 16 m², de los cuales, se cosechaban los 4 m² centrales. Entre hileras y columnas de parcelas se dejaron calles de un metro.

Los cortes de alfalfa se hicieron cuando había 10% de floración o cuando los brotes nuevos tenían 3 cm de altura. Se hizo un total de 8 cortes en las fechas indicadas en el Cuadro 3.

En cada corte se tomaron los siguientes datos por parcela:

- a) Para alfalfa: altura de plantas; número de tallos por metro cuadrado;
- b) Para hierbas: número de hierbas en 1 m²; peso de hierbas en 4 m².

Resultados y discusión

Efectos de la fertilización potásica y molibídica

El Cuadro 4 muestra el rendimiento medio de alfalfa seca por tratamiento en cada uno de los ocho cortes. Al hacer los análisis de varianza para cada corte, se encontró que sólo en el corte número 8 hubo diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, el tratamiento testigo produjo un rendimiento intermedio sin diferencia significativa con los demás; ésto, aunado al hecho de que el corte número 8 fue el menos rendidor, condujo a la conclusión de que resulta impráctica económicamente la fertilización potásica y/o molibídica a la alfalfa bajo las dosis y condiciones de este estudio. El análisis estadístico combinado de rendimiento para los 8 cortes no mostró diferencias significativas entre tratamientos. La fertilización potásica y/o molibídica tampoco mostró influencia sobre el mantenimiento de la producción y de la población a través del tiempo; asimismo para la densidad de población, la altura de las plantas, el contenido de humedad y el nitrógeno o potasio del follaje. Winters (1946) encontró como límite crítico de la concentración de potasio aprovechable en el suelo, la cantidad de 180 kg/ha, valor arriba del cual la fertilización potásica no produce aumentos en el rendimiento de alfalfa. Los resultados del presente estudio fueron consistentes con los de ese autor, ya que el suelo contenía una cantidad de potasio aprovechable superior a los 420 kg/ha (ver Cuadro 1). Doll (1962) obtuvo evidencias de que cuando el follaje de la alfalfa contiene 1.7% ó más de potasio, no se encontrará respuesta a fertilizantes potásicos. El presente estudio concuerda con esos resultados, dado que el porcentaje de potasio en la alfalfa osciló entre 2.2 y 4.3%. El rendimiento de malas hierbas, por el contrario, resultó favorecido por los tratamientos números 3, 6 y 9. Se identificaron 26 diferentes especies de malas hierbas, siendo las más importantes el diente de león (*Taraxacum officianale* L.), el coquillo (*Hipoxis decumbens* L.), el pasto (*Aristida acabra* H.B.K.) y el Shocollotl (*Oxalis corniculata* L.).

Influencia de la temperatura

La temperatura ambiente tuvo una influencia muy marcada sobre la producción de alfalfa, como puede observarse en la Figura 1, en la que se comparan la producción media de alfalfa en kg/ha por día y la temperatura media por intervalo de corte durante el desarrollo del experimento. La gran similitud en la tendencia

CUADRO 4

Rendimiento medio de alfalfa seca por tratamientos y por corte (kg/ha)

No. de Trat.	FECHA Y NUMERO DE CORTE								Prom.	
	8-IX-62	26-X-62	16-III-63	19-IV-63	31-V-63	12-VII-63	7-IX-63	8-XI-63		Suma
1	2.300	2.725	4.550	3.150	3.125	2.650	1.725	1.575	21.800	2.725
2	2.175	2.700	4.650	3.500	2.875	2.525	1.875	1.725	22.025	2.753
3	2.150	2.425	4.700	3.075	3.175	2.350	1.925	1.550	21.350	2.669
4	2.450	2.925	4.950	3.400	3.150	2.550	1.725	1.575	22.725	2.841
5	2.175	2.575	4.850	3.600	3.375	2.550	1.850	1.750	22.725	2.841
6	2.100	2.525	4.375	3.075	3.200	2.425	1.925	1.825	21.450	2.681
7	2.475	2.825	5.000	3.550	3.275	2.575	1.825	1.575	23.100	2.888
8	2.200	2.475	4.375	3.125	3.375	2.550	2.000	1.675	21.775	2.722
9	2.200	2.525	4.250	3.075	3.075	2.175	1.625	1.300	20.225	2.528
10	2.325	3.100	4.525	3.100	3.125	2.325	1.675	1.425	21.600	2.700
Suma	22.550	26.800	46.225	32.650	31.750	24.675	18.150	15.975	218.775	
Prom.	2.255	2.680	4.623	3.265	3.175	2.468	1.815	1.598		
DMS	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay		0.304

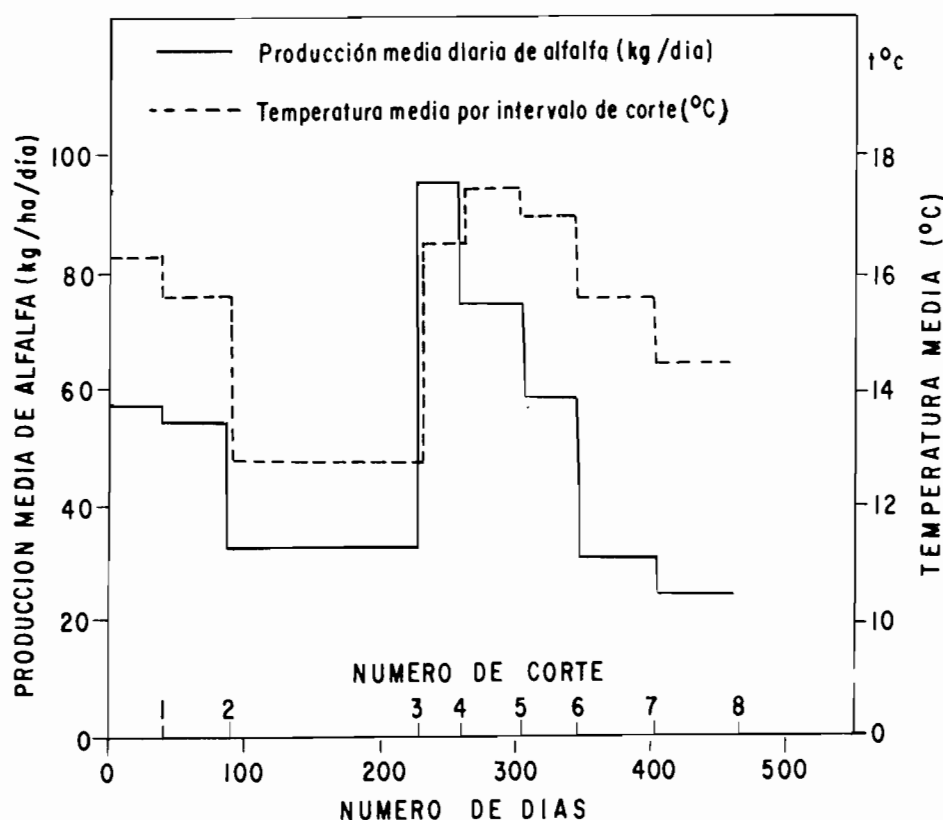


Figura 1. Producción media diaria de alfalfa seca y temperatura media por intervalo entre cortes.

de ambas líneas permite concluir que las temperaturas inferiores a 18°C fueron limitantes en el desarrollo de la alfalfa. La Figura 2, permite comparar la relación entre la producción de tallos de alfalfa y las temperaturas medias mensuales. Se aprecia en ella que las temperaturas bajas abaten los rendimientos principalmente al restringir el brote de nuevos tallos. El contenido de humedad en los tallos de alfalfa también estuvo directamente relacionado con las temperaturas medias mensuales, como lo muestra la Figura 3. La explicación a esta relación puede darse en términos de la duración de la época fría del año en que no hay brotes tiernos ricos en contenido de agua.

La temperatura tuvo también fuerte influencia sobre el contenido de nitrógeno y por lo tanto sobre la calidad alimenticia de la alfalfa, como puede apreciarse en la Figura 4. La tendencia de la variación del contenido de nitrógeno en la alfalfa es acorde con el ritmo fisiológico de la planta. Estudios previos (Grandfield, 1943) señala que durante el otoño las plantas de alfalfa almacenan reservas alimenticias en sus raíces y coronas para hacer frente a la supervivencia invernal; constituyendo, entre otros, los compuestos nitrogenados que son parte esencial de tales reservas. Al principiar la primavera, los brotes de alfalfa que habían permanecido latentes durante el invierno, se desarrollaron rápidamente a expensas de las reservas, produ-

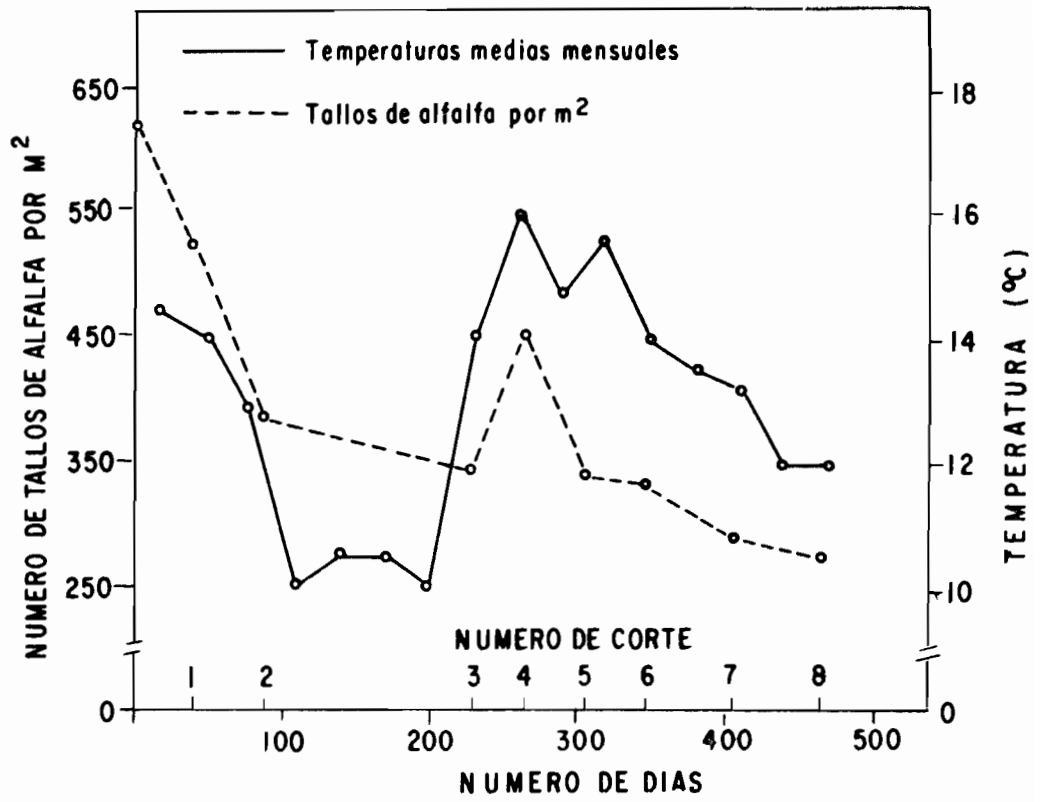


Figura 2. Densidad de tallos de alfalfa y temperaturas medias mensuales.

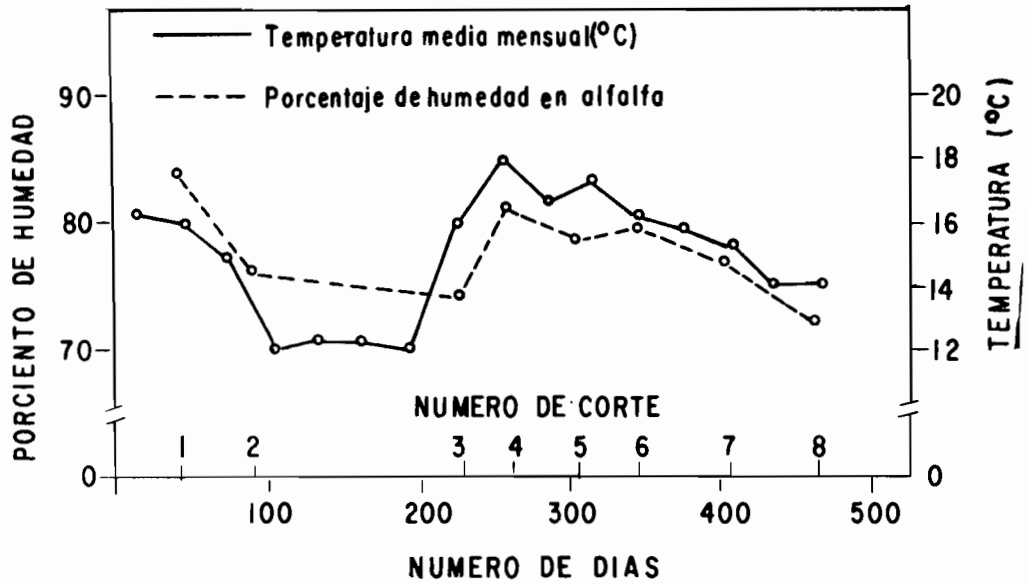


Figura 3. Porcentaje de humedad de la alfalfa al cortarse y temperaturas medias mensuales.

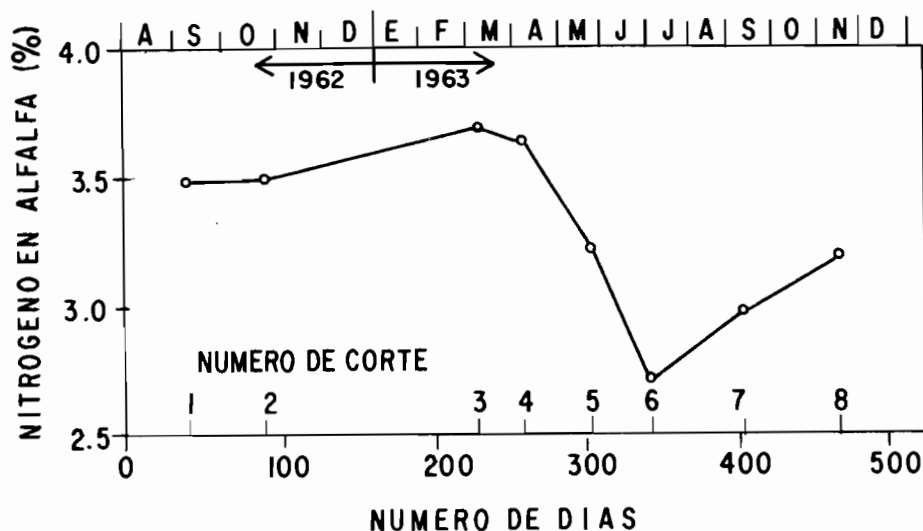


Figura 4. Contenido de nitrógeno en la alfalfa en los diferentes cortes.

ciendo forraje de alto contenido protéico. Durante el verano, las reservas disminuyen notablemente hasta que en otoño se principia de nuevo el ciclo.

Influencia de la precipitación pluvial

Las lluvias no afectaron en forma directa a la producción de alfalfa, pues aparte de que el suelo es profundo y de drenaje adecuado, la magnitud de las precipitaciones no provocó inundaciones dentro del lote experimental. Por otra parte, en los meses de escasa o nula precipitación, se aplicaron riegos tendientes a mantener siempre una humedad adecuada.

Sin embargo, la influencia de la precipitación sobre el desarrollo de malas hierbas fue decisivo, lo cual afectó indirectamente al rendimiento de alfalfa. La Figura 5, muestra la gran similitud entre las tendencias de variación de la precipitación pluvial y de la densidad de hierbas. Considerando que las malas hierbas tenían un desarrollo radical menos profundo que la alfalfa, razón por la cual para su abastecimiento de agua dependían del contenido de humedad de las capas superficiales, cabe inferir que la variación de la población de malas hierbas a través de los cortes efectuados, se debió a la variación en la precipitación pluvial.

Influencia del factor tiempo

En la Figura 2 se observa que la tendencia general del experimento fue la disminución de la población de alfalfa a medida que el tiempo transcurría. El Cuadro 3 muestra que los cortes 1 y 7 se efectuaron prácticamente en la misma fecha de 2 años diferentes, por lo tanto, si el clima fuera el único factor determinante de la brotación de la alfalfa, la densidad de tallos debería ser semejante en ambos cortes. Lo anterior no ocurrió, pues como se observa en la Figura 2, la

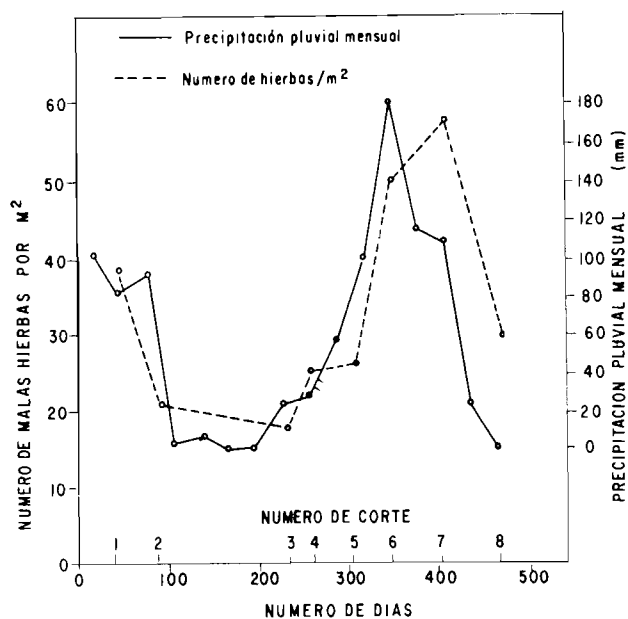


Figura 5. Precipitación pluvial mensual y producción de malas hierbas en los diferentes cortes.

población fue de 527 tallos de alfalfa por m² en el corte 1 y de sólo 291 tallos de alfalfa por m² en el corte 7, por lo tanto, estas poblaciones resultaron ser estadísticamente diferentes.

En las figuras 1 y 4 se observa también que para la misma época del año, la producción media diaria de alfalfa, así como su contenido de nitrógeno fue mayor en el tercer año de edad del alfalfar, que en el cuarto año. En la Figura 5, se advierte que para las mismas fechas de dos años diferentes, la población de malas hierbas fue mayor en el segundo que en el primer año de observaciones.

El contenido de potasio en la alfalfa también se redujo con la edad del alfalfar, desde 3.95% en el primer corte, hasta 2.25% en el octavo, como se indica en el Cuadro 5. No obstante, este último porcentaje de potasio en la planta se encuentra arriba del nivel crítico señalado por Doll (1962), y por lo tanto, es poco probable que este elemento haya sido limitante de la producción en un momento dado durante el período del estudio.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio permiten concluir que el clima, así como la edad de la planta de alfalfa, tienen una fuerte influencia sobre las características del alfalfar. La fertilización potásica, por el contrario, no manifestó efecto significativo dado que el suelo en que se desarrolló el ensayo es de por sí rico en este elemento, como lo demostró el análisis del suelo mismo y del material vegetal. La adición de molibdato tampoco modificó los rendimientos.

La temperatura es un importante factor limitante de la producción en la zona de estudio, ya que las temperaturas medias menores de 18° C restringen la apari-

C U A D R O 5

Contenido medio de potasio en la alfalfa para cada corte (%)

Corte No.	Potasio (%)	Corte No.	Potasio (%)
1	3.95	5	2.94
2	3.27	6	2.70
3	2.92	7	2.73
4	3.18	8	2.25

ción de brotes nuevos. Por otra parte, el más alto contenido de nitrógeno y por lo tanto el mayor valor nutritivo de la alfalfa, se logra a la entrada de la primavera ya que el follaje contiene las reservas acumuladas en el otoño anterior. El mínimo contenido de nitrógeno se logra en la mitad del verano. las lluvias favorecen la proliferación de las malas hierbas y a medida que avanza la edad de la planta se reduce su capacidad para acumular nitrógeno y potasio en sus tejidos, trayendo como consecuencia una reducción en el rendimiento y una invasión de malezas.

Puesto que el contenido de potasio en el suelo fue alto aún en los últimos cortes y el contenido de potasio en los tallos decreció con la edad de la planta y fue inafectado por los tratamientos de fertilización potásica, se concluye que con la edad, las raíces de la alfalfa fueron perdiendo capacidad para absorber potasio del suelo.

Estos resultados indican que para futuros estudios tendientes al mantenimiento de un alto rendimiento de los alfalfares de esta zona, deben estudiarse factores distintos de la fertilización potásica o molibídica.

Bibliografía consultada

- BAROCCIO, A. (1962). *Fenómeno de sinergismo molibdeno-potasio en la nutrición potásica de las plantas*. Revista de la Potasa. Sección I, 39a. continuación.
- BULLER, R. E. VALDIVIEZO, C. R. y GARZA, T. R. (1958). *Comportamiento de variedades seleccionadas de alfalfa y recomendaciones para su mejoramiento en México*. Foll. Tec. No. 32. 40 pp Ofna. Est. Esp. SAG. México.
- DOLL, E. C. (1962). *Potassium fertilization of alfalfa in Kentucky*. Kent. Univ. Agr. Exp. Sta. Bul. 679, 12 pp.
- GRANDFIELD, C. O. (1943). *Food reserves and their translocation to the crown buds as related to cold and drought resistance in alfalfa*. J. Agric. Res. 67: 33-46.
- MAC LEOD y BRADFIELD, R. (1963). *Effect of liming and potassium fertilization on the yield and composition of in alfalfa-orchardgrass association*. Agron. Jour. 55 (5): 435-439.
- ROSSITER, R. C. (1947). *The effect of potassium on the growth of subterranean clover and other pasture plants on Crawley sand*. 2. Field-plot experiments. Jour. Council Sci. Indust. Res. (Australia) 20: 389-401.
- SHAW, N. H., BARRIE, N. y KIPPS, E. H. (1944). *The effect of lime, phosphate, and molybdenum on the growth of lucerne in Duntroon loan*. Australia Counc. Sci. and Indust. Res. Jour. 17 (4): 233-241.
- WINTERS, E. (1946). *Crop response to potassium fertilization*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10: 162-167.
- YOSHIWARA, K. (1963). *Las mezclas de gramíneo-leguminosas y el fertilizante potásico*. Revista de la Potasa. Sección 30, 19a. continuación.
- YOUNGE, O. R. and TAKAHASHI, N. (1953). *Response of alfalfa to molybdenum in Hawaii*. Agron. Jour. 45 (9): 420-428.