

Producción de la asociación **Trifolium pratense-Dactylis glomerata** en los Andes altos de Allpachaka (Ayacucho, Perú)*^{1/} ————— GUIDO TENORIO,** ROBERTO IBAÑEZ A.,** MARIO BLASCO L.***

A B S T R A C T

This study was conducted in volcanic soils (dystrandept, cyandept) located in Allpachaka (Ayacucho, Perú), at 3,500 - 4,000 m, above sea level. This high Andean Zone is distinguished by its harsh climates, with frost occurring about 100 days per year. The field experiment was carried out to determine the response of red clover (Trifolium pratense L.) orchardgrass (Dactylis glomerata L.) association to increasing rates of P, K, Ca, and S, application (N 30 kg/ha constant level). Successive cuttings were made at seven, eleven and thirteen months after sowing. Total yield was increased from a minimum 5,417 kg/ha (Po Ko So Ca₀) to a maximum 23,265 kg/ha (120 kg/ha P, nil K, 90 kg/ha S, 1,200 kg/ha Ca). Best responses were obtained with S application while no significant differences in herbage yield were observed with K fertilization.

Introducción

POR encima de los 2.500 m de altitud, la Región de los Andes Altos de Suramérica constituye el hogar de más de 15 millones de seres humanos, quienes confrontan dificultades formidables, como son la reducida presión del oxígeno con sus consecuencias adversas en la biología humana, vegetal y animal; las bajas temperaturas traducidas en frecuentes heladas; las grandes sequías alternadas por graves inundaciones; la falta de mejores servicios para la población, etc., todo lo cual contribuye a frenar el desarrollo rural Alto-Andino.

La investigación dirigida a mejorar las condiciones rurales es insuficiente en comparación con la magnitud de las necesidades. Hay aportes positivos como el Programa Regional Cooperativo de Andes Altos propiciado por el IICA, y en el Perú cabe destacar el trabajo realizado por la Dirección General de Investigación, y las Universidades de Cuzco, Huancayo, Puno

y San Marcos (IVITA). Una de las contribuciones más consistente es la que viene efectuando la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga — (UNSCH), Ayacucho, en convenio con Cooperación Técnica Suiza (COTSU) dirigida a incrementar la producción ganadera, habiéndose conseguido resultados muy satisfactorios. Parte de esa cooperación es la presente contribución cuyo objetivo es determinar los óptimos productivos y económicos del abonamiento con P, K, S, Ca, en la asociación trébol rojo (*Trifolium pratense*) vs 'Kendland' con dactilis (*Dactylis glomerata*) cv 'Floreal', en suelos de la puna de Allpachaka (en quechua: Puente de Tierra).

Revisión de Literatura

Vogel y Roulet (13) al informar sobre su experimentación con pastos en la zona de Ayacucho, manifestaron que las asociaciones de pastos perennes, para corte o pastoreo, mostraban una desaparición progresiva de las leguminosas siendo, por tanto, necesario encontrar mezclas más estables de gramíneas y leguminosas. Después, Taipe (11) y Taipe *et al.* (12), en trabajos sobre evaluación de pastos perennes asociados encontraron que la combinación del trébol rojo con dactilis era la de mejor comportamiento, provocando el mayor aumento en la producción lechera.

* Recibido para la publicación el 16 de octubre de 1978.

^{1/} Trabajo parcial de la Tesis Ing. Agr del autor principal. Universidad San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú. Convenio UNSCH-COTESU.

** Ingeniero Agrónomo y Profesor de Suelos, respectivamente, de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH). Ayacucho, Perú.

*** Especialista en Investigación Agrícola. IICA-Perú. Apartado 11185. Lima 14. Perú

Por otra parte, Ruiz (7), al estudiar la fertilización de 6 asociaciones de pastos cultivados en la puna de Ayacucho, observó una acentuada influencia del abonamiento con N, P, Ca, S, y K, en el rendimiento de materia seca. A su vez, Ibañez y Tenorio (3), experimentando en macetas con la asociación trébol rojo-dactylis, obtuvieron correlaciones positivas y significativas entre la adición de P, K, S y Ca, y la producción de materia seca.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Centro Experimental de Allpachaka, perteneciente a la Universidad de San Cristóbal de Huamanga, representativo de la región alto-andina, y situado en el Distrito de Chiara, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho. La altitud de Allpachaka fluctúa entre los 3.500 y 4.000 m, y de acuerdo con la clasificación ecológica de Holdridge, pertenece al montano húmedo con transición a páramo subalpino.

La precipitación es del orden de 725 mm/año, cayendo alrededor del 65 por ciento en los tres primeros meses del año mientras que el período mayo a julio carece de lluvias. La característica principal de la temperatura es la fuerte oscilación entre el día y la noche, situándose las máximas medias mensuales en los 15°C y las mínimas medias en 2°C. Los meses más fríos son mayo a julio con mínimas medias de -1,5°C, y los más calientes diciembre a marzo con máximas medias de 17°C. La frecuencia de heladas es del orden de 100 días por año.

Los suelos se han desarrollado a partir de materiales volcánicos basalto-andesíticos, dando origen a andeptos (distrandeptos y criandeptos). Los suelos son ácidos, con una CIC dependiente de la materia orgánica, contrastando la abundancia del potasio con las deficiencias de fósforo y azufre. La capa arable del sitio donde se sembró el experimento es ácida (pH 4,9 en H₂O), con una CIC de 26,5 me/100 g, SB 42%, M.O. 6,9%

La asociación trébol rojo (*Trifolium pratense*) cv. 'Kendland'-dactylis (*Dactylis glomerata*) cv 'Floreal' se

sembró en parcelas de 8,25 × 3,60 m, regándose cuando fue necesario. Las semillas se inocularon con cepas específicas de Rhizobium obtenidas en la Universidad (4). La siembra se hizo en marzo, realizándose tres cortes, el primero a los siete meses (octubre), el segundo en enero y el tercero en marzo.

En el experimento se empleó el diseño Guadalupe para 4 factores y 7 niveles propuesto por Páez y Silva (5), constando de 41 tratamientos (P₀ K₀ S₀ Ca₀... P_n K_n S_n Ca_n) cuya disposición fue al azar. En el Cuadro 1 se encuentran las fuentes nutritivas y niveles utilizados. El nitrógeno se mantuvo constante en todos los tratamientos.

El ajuste para la superficie de respuesta se calculó mediante la ecuación polinomial de 2º orden:

$$Y = b_0 + b_1 \chi_1 + \dots + b_5 \chi_1^2 + \dots - b_0 \chi_1 \chi_2 + \dots - b_{14} \chi_3 \chi_4 + \text{Error, donde:}$$

Y = Rendimiento estimado en materia seca.

b₀ = Constante.

b = Coeficientes de regresión múltiple para los efectos lineales, cuadráticos e interacciones.

χ₁^a χ₁ = Elementos aplicados, respectivamente P, K, S y Ca.

Con los coeficientes de regresión múltiple se realizó la prueba t.

Los datos se procesaron en la Unidad de Cómputo del IICA.

Resultados y discusión

Todos los tratamientos dieron mayor producción que el testigo (P₀K₀S₀Ca₀) cuyo total fue de 5.417 kg/ha en tres cortes (685 + 1.964 + 2.768 kg/ha/corte). Los tratamientos que dieron las producciones más bajas fueron P₀K₀S₀Ca₆ con 5.866 kg/ha (718 + 1273 + 3875), y P_nK_nS_nCa₀ con 6.346 kg/ha (518 + 2078 + 3750).

Cuadro 1.—Fuentes y niveles de elementos nutritivos utilizados

Fuentes		Tratamientos kg/ha del elemento						
		0	1	2	3	4	5	6
Urea (45% N)	N	30	30	30	30	30	30	30
Superfosfato Triple (46% P ₂ O ₅)	P	0	20	40	60	80	100	120
Cloruro de potasio (60% K ₂ O)	K	0	20	40	60	80	100	120
Flor de azufre (S puro)	S	0	15	30	45	60	75	90
Cal apagada (45% Ca)	Ca	0	200	400	600	800	1000	1200

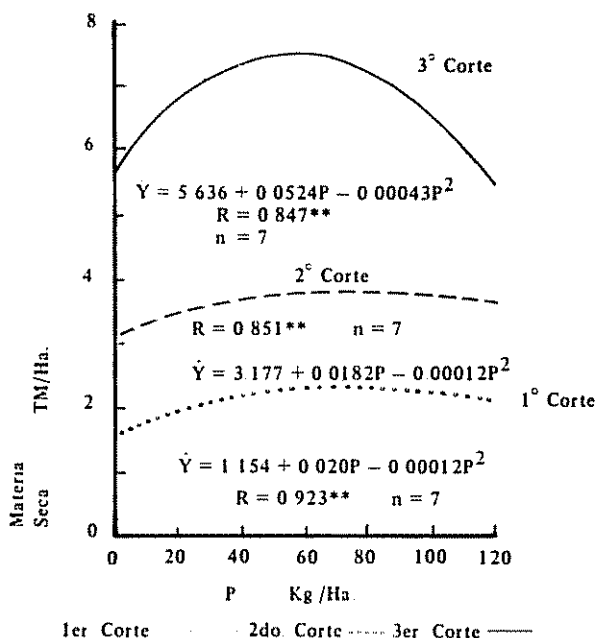


Fig. 1.—Respuesta de la asociación Trébol-dactilis al abonamiento con P

Los dos tratamientos con mayor producción fueron $P_6K_0S_0Ca_0$ con 23.265 kg/ha (4.036 + 9.789 + 9.440), y $P_3K_3S_0Ca_0$ con 19.461 kg/ha (3.820 + 7.676 + 7.965). El análisis de 6 modelos matemáticos

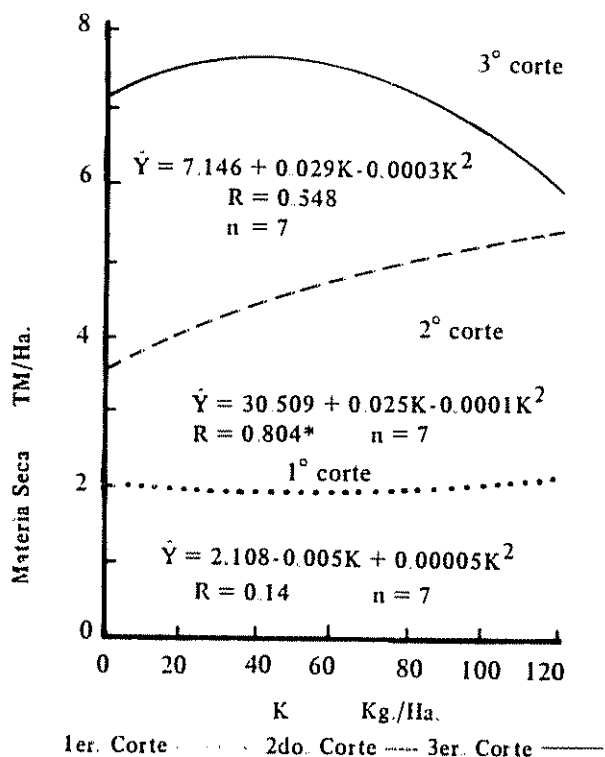


Fig. 2.—Respuesta de la asociación Trébol-dactilis al abonamiento con K.

de tendencia demostró que la producción de materia seca en función del abonamiento se ajusta mejor al modelo cuadrático en todos los casos, a excepción del calcio que es lineal.

Las Figuras 1 a 4 expresan de manera concreta la respuesta de la producción de materia seca en cada corte por la asociación trébol rojo-dactilis en función del abonamiento con P, K, S y Ca, considerando en cada caso de un elemento determinado los otros tres restantes en el nivel medio. Las correlaciones obtenidas para el total de la producción fueron:

Azufre

$Y = 6,734 + 0,31584 S - 0,0002453 S^2$
 $R = 0,975^{***}$

Fósforo

$Y = 10,503 + 0,108768 P - 0,000853 P^2$
 $R = 0,925^{***}$

Calcio

$Y = 10,9545 + 0,00352 Ca$
 $R = 0,709^{**}$

Potasio

$Y = 12,766 + 0,48475 K - 0,00036 K^2$
 $R = 0,412$

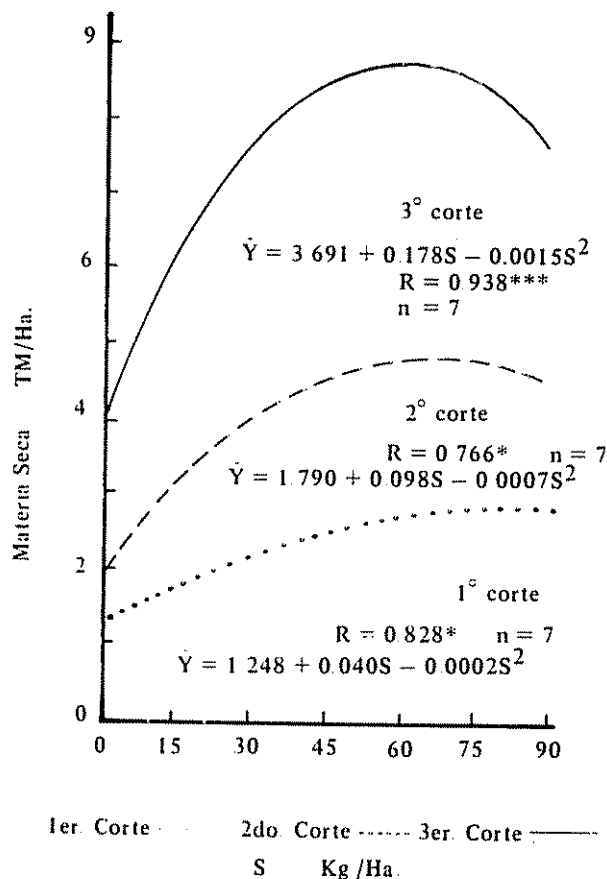


Fig. 3.—Respuesta de la asociación Trébol-dactilis al abonamiento con S.

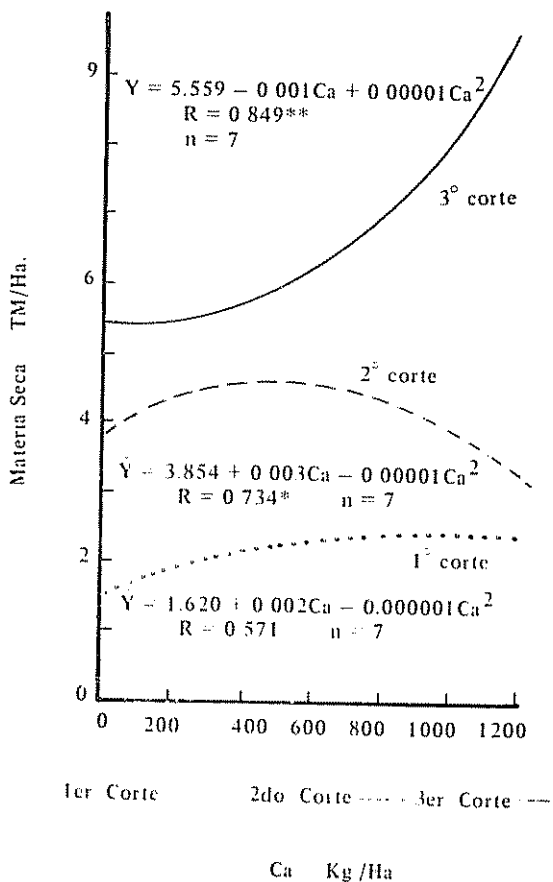


Fig 4.—Respuesta de la asociación Trébol-dactilis al abonamiento con Ca.

En base a los coeficientes de regresión múltiple se realizó la prueba de *t*, resultando que la influencia lineal del S es positiva y significativa (2,804**) en la producción de materia seca, así como la interacción PCa (2,574*).

El efecto lineal del P, K, Ca, cuadrático del K y Ca, y la interacción SCa son positivos pero no alcanzan significancia. El efecto cuadrático del P y S, y las interacciones PK, PS, KS, KCa son negativas no significativas.

Por otra parte, el R² múltiple es significativo (0,789**), lo cual es indicativo de la fuerte influencia que tienen los elementos empleados en la producción de la materia seca de la asociación trébol rojo-dactilis. Desde luego tal influencia debe entenderse como el conjunto de todas las reacciones que la adición del abonamiento induce en el suelo, resultando significativamente favorables para la producción de los dos pastos en el suelo del altiplano ayacuchano.

Las superficies de respuesta aparecen en las Figuras 5 a 10. Las superficies de respuesta para PK, KS y KCa, muestran comportamientos de cierta similitud que podrían resumirse indicando que la interacción del potasio agregado con el fósforo, azufre, o calcio, no es deseable, en especial cuando las dosis potásicas aumen-

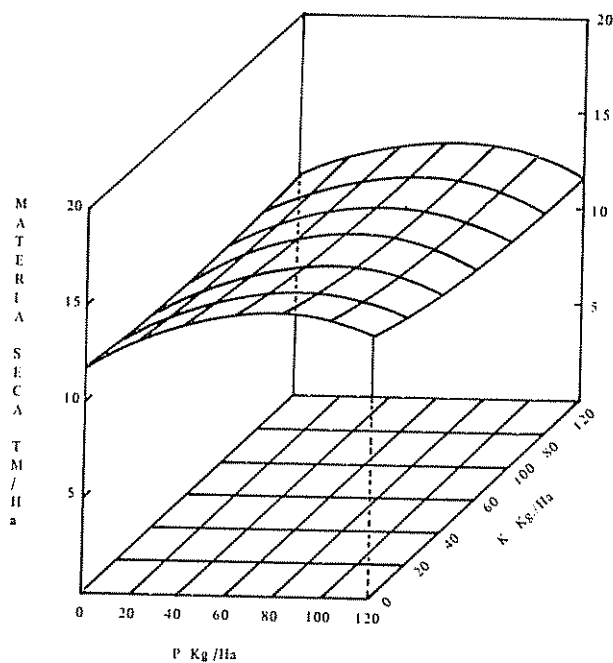


Fig 5.—Superficie de respuesta de la asociación estudiada a la interacción P-K (nivel medio de los otros elementos)

tan, lo cual se traduce en el hecho de que la producción tiende a disminuir. Por el contrario, en la superficie de respuesta SCa se observa una interacción positiva, aumentando la producción con el incremento de las dosis de azufre y calcio. La interacción PCa determina que la influencia del fósforo en la producción es más favorable con dosis altas de calcio y, a su vez, la com-

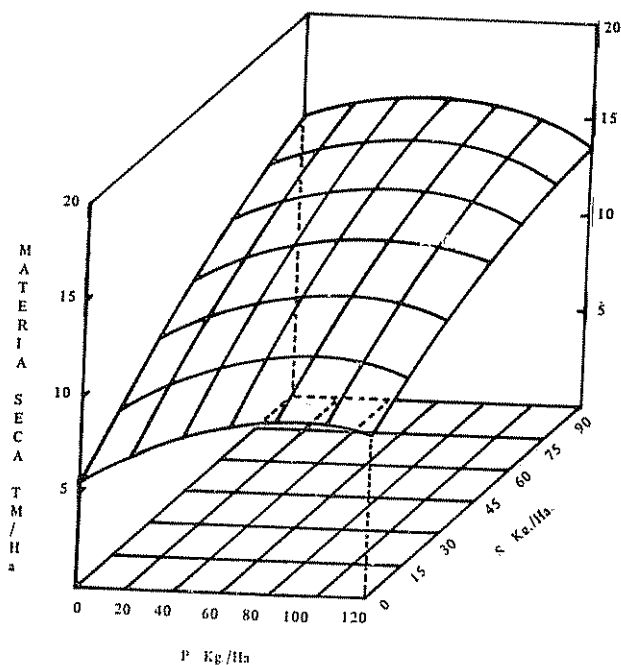


Fig 6.—Superficie de respuesta de la asociación estudiada a la interacción P-S (nivel medio de los otros elementos)

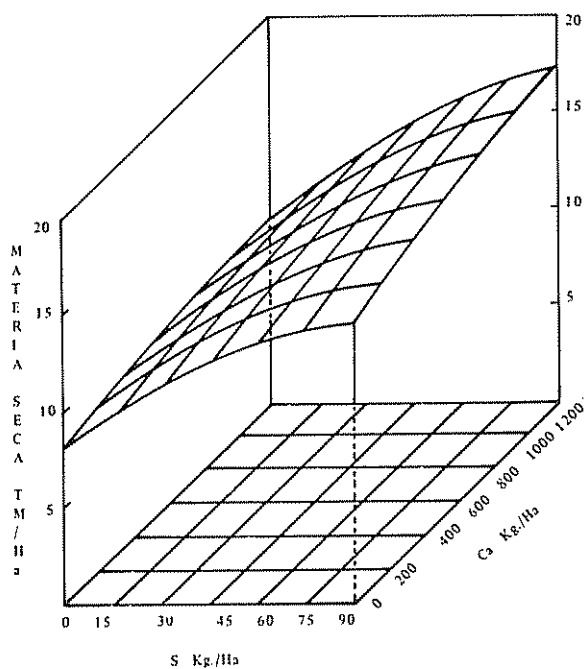


Fig. 7.—Superficie de respuesta de la asociación estudiada a la interacción P-Ca (nivel medio de los otros elementos)

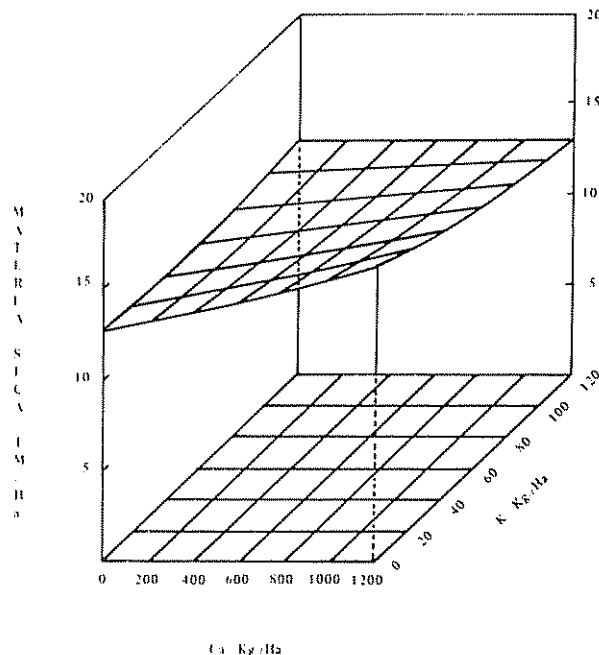


Fig. 9.—Superficie de respuesta de la asociación estudiada a la interacción Ca-K (nivel medio de los otros elementos)

binación PS demuestra una acción positiva en la producción hasta que la dosis de fósforo alcanza los 60 kg/ha, desde donde se presenta una inflexión decreciente.

Todo el análisis lleva a señalar que, en primer lugar, la fertilización con azufre es fundamental para el logro de una producción satisfactoria de la asociación

trébol rojo-dactilis en los suelos de puna de Ayacucho, lo cual confirma datos anteriores de Ramírez (6) quien señaló la deficiencia del azufre en suelos y plantas de Allpachaka. El azufre, necesario para la formación proteínica, requerido por las plantas en proporciones parecidas a las del fósforo, es deficitario en suelos volcá-

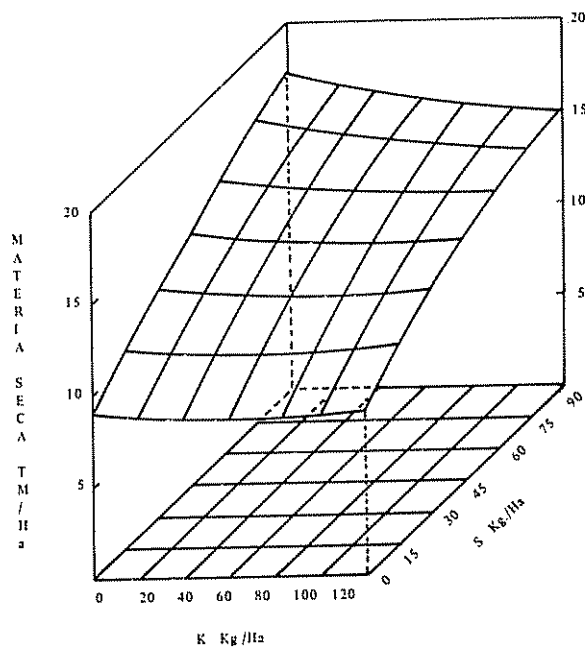


Fig. 8.—Superficie de respuesta de la asociación estudiada a la interacción K-S (nivel medio de los otros elementos)

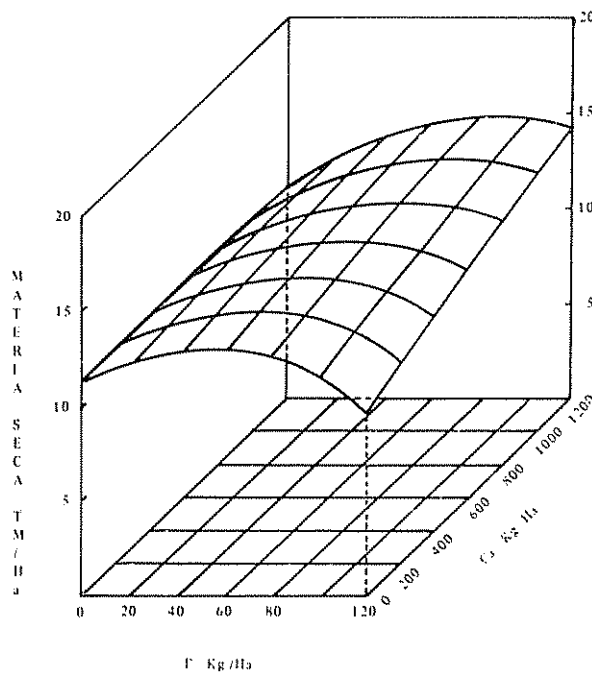


Fig. 10.—Superficie de respuesta de la asociación estudiada a la interacción S-Ca (nivel medio de los otros elementos)

nicos y ácidos a consecuencia de su retención (SO_4^{2-}) por compuestos aluminicos, entre ellos la alófana, siguiendo procesos de sorción similares a otros aniones como los fosfatos y molibdatos.

Como los suelos son ácidos, si las aplicaciones de azufre van acompañadas por calcio, el impacto en la producción es más favorable, tal como evidencia la superficie de respuesta. El calcio es importante en este caso no sólo por sus efectos más conocidos de corrector de acidez y mejorador de la asequibilidad de fosfatos y sulfatos, sino por su incidencia en la mayor disponibilidad de molibdeno, microelemento indispensable para las reacciones de fijación simbiótica del nitrógeno por el *Rhizobium*. Trabajando también con trébol rojo y en suelos volcánicos de Chile, Weinberger y Wenzel (14), demostraron que el rendimiento y abastecimiento de nitrógeno de la leguminosa estaban en relación directa con el desarrollo de los *Rhizobium*, dependientes a su vez de la corrección del pH y disponibilidad de molibdeno, parte esencial de la nitrogenasa que interviene en la fijación simbiótica. Schenkel y Floody (9) también señalaron, en suelos deficientes en azufre y fósforo, la importancia del encalamiento para la supervivencia y multiplicación de los *Rhizobium*.

La relación P-producción es más compleja. En principio debe tenerse en cuenta que la relación suelo-planta no es dependiente de la dosis sino de los parámetros de intensidad o situación momentánea de disponibilidad del elemento, y de capacidad o poder de reposición de H_2PO_4 en este caso, por el suelo. El aumento de la producción con dosis altas en la interacción P-Ca puede deberse a que la disponibilidad de P se caracterice, como ha demostrado Fassbender (2) para otros suelos volcánicos, por el potencial de los fosfatos cálcicos ($p \text{H}_2\text{PO}_4 + 0,5 p \text{Ca}$). A bajos niveles, la ineffectividad de la interacción P-Ca se produciría por la retención del Ca como resultado del incremento de cargas negativas inducidas por la sorción de P (8), aparte de los aspectos típicos de la reacción del suelo. Así mismo, la producción fue afectada negativamente por dosis altas en la interacción P-S. Es posible que el anión PO_4^{3-} desplazase al anión SO_4^{2-} , lixiviándose con el riego, quedando el suelo empobrecido en el anión que es más deficitario en la puna de Ayacucho.

La escasa influencia del K en el aumento de la producción es normal debido a la abundante disponibilidad (2,4 me / 100 g) de ese elemento. Diferentes estudios (1) han demostrado que el punto de transición a la deficiencia de K equivale a 0,65 me/100 g, o cifras un poco menores. Es de anotar que Smith y Smith (10) encontraron que la producción de trébol rojo no fue afectada por la fertilización potásica, en experimentos realizados en Madison (EE UU).

Óptimos productivos y económicos

Para definir las dosis óptimas de cada elemento que maximiza la producción de materia seca, se consideraron los términos lineales y cuadráticos proporcionados por el diseño Guadalupe (5):

$$(a) \quad Y = 10,5027 + 0,108768P - 0,000853 P^2$$

$$\frac{dY}{dP} = 0,108768 - 0,001706P$$

$$,, \quad P = 63,75 \text{ kg/ha}$$

$$(b) \quad Y = 12,766 + 0,04847 K - 0,000357 K^2$$

$$\frac{dY}{dK} = 0,04847 - 0,000714 K = 0$$

$$,, \quad K = 67,88 \text{ kg/ha}$$

$$(c) \quad Y = 6,7344 + 0,31384 S - 0,002453 S^2$$

$$\frac{dY}{dS} = 0,31384 - 0,004906 S = 0$$

$$,, \quad S = 64,37 \text{ kg/ha}$$

Para el caso del calcio no se calculó el nivel óptimo por cuanto la ecuación de regresión se presentó lineal.

Para determinar los niveles económicamente óptimos de P, K, S, se tuvo en cuenta:

$$\text{Producto marginal} = \frac{\text{Precio Insumo}}{\text{Precio producto obtenido}}$$

$$(d) \quad 108,768 - 1,706 P = \frac{PP}{PY}$$

$$,, \quad P = 55,28 \text{ kg/ha}$$

$$(e) \quad 48,475 - 0,714 K = \frac{PK}{PY}$$

$$,, \quad K = 60,70 \text{ kg/ha}$$

$$(f) \quad 315,844 - 4,906 S = \frac{PS}{PY}$$

$$,, \quad S = 61,35 \text{ kg/ha}$$

En el precio del insumo se consideró el valor del fertilizante, transporte, y jornales para su aplicación.

A nivel práctico, estimando tanto los análisis matemáticos como las condiciones del suelo, (y la extracción por las plantas que no aparece en este documento pero se determinó), se recomendaría que por cada 20.000 kg/ha de forraje producido se restituyesen al suelo los siguientes kg/ha de abonamiento: 30 de N, 55 de P, 60 de S, y 1.200 de Ca. La cantidad de calcio disminuiría a medida que se obtuviese un mejor pH, alrededor de 5,8 - 6,0. En cuanto al potasio, se iniciaría su

aplicación cuando el análisis del suelo mostrase valores cercanos a 0,65 me/100 g. Es un punto que podría aceptarse, hasta tener el cálculo de la inflexión del potasio hacia la deficiencia para la región.

Como demuestran los resultados, aún en las duras condiciones de los Andes Altos, aparece como posible un incremento sustancial de la productividad en determinados renglones agropecuarios. Ciertamente puede argüirse el empleo de riego en el presente experimento contrastando con las condiciones habituales del campesino. Sin embargo, en los Andes Altos hay presencia de corrientes de agua en muchos puntos que podrían ser mejor aprovechadas, y el incremento de la productividad haría factible descartar algunas tierras sin posibilidad de riego.

El uso de fertilizantes es otro problema discutible a primera vista, por cuanto la situación económica del campesino alto andino es precaria. No obstante, en el Perú hay yacimientos suficientes para la obtención de fósforo, azufre y calcio y, actualmente, se está alcanzando el autoabastecimiento en petróleo, lo cual abre buenas perspectivas para mejorar la producción de fertilizantes nitrogenados. En consecuencia, en apoyo del desarrollo agrario de los Andes Altos cabe sugerir el establecimiento de un programa de fertilizantes que, con el apoyo del crédito y tecnología, no representaría carga onerosa para el Estado, ni para los productores. El problema principal de los Andes Altos es que, con honrosas excepciones, falta intensidad y concentración de la investigación y otros servicios, para lograr soluciones que ayuden a mejorar las condiciones que el clima impone a la agricultura y al agricultor.

Resumen

El estudio se realizó en suelos volcánicos (distran-tepto, criandepo) localizados en Allpachaka (Ayacucho, Perú), a 3.500 - 4.000 m. s.n.m. Esta región de los Andes Altos se caracteriza por su duro clima, con presencia de heladas alrededor de 100 días/año. El experimento de campo se efectuó para determinar la respuesta de la asociación trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) - dactilis (*Dactylis glomerata* L.) a dosis crecientes de P, K, Ca y S (N constante 30 kg/ha). Se hicieron cortes sucesivos a los siete, once, y trece meses, después de la siembra.

La producción total aumentó desde un mínimo de 5.417 kg/ha ($P_0K_0S_0Ca_0$) a un máximo de 23.265 kg/ha (120 kg/ha P, cero K, 90 kg/ha S, 1.200 kg/ha Ca). Las mejores respuestas correspondieron a la aplicación de azufre, mientras que la fertilización con K no produjo diferencias significativas en la producción.

Literatura citada

1. FASSBENDER, H W Equilibrios catiónicos y disponibilidad de potasio en suelos de América Central. Turrialba 22: 388-397. 1972.
2. ———— Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba. IICA. Serie Libros y Materiales Educativos N° 2-i 1975 398 p.
3. IBAÑEZ, R. y TENORIO, G Fertilización N, P, K, S. Ca en dactilis y trébol rojo en suelos de puna. In V Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú Informe Huancayo, Perú, 1976 pp. 38-39.
4. MACKIE, F Prueba de efectividad de diferentes cepas de *Rhizobium* en trébol rojo (*Trifolium pratense*), en dos suelos ácidos de puna (3.500 y 4.000 m.s.n.m.) sin esterilizar In IV Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú Informe Ayacucho, Perú 1974. p. 14 (resumen)
5. PAEZ, GILBERTO y SILVA, T. Delinamento dos experimentos do adubação Brasília, IICA/EMBRAPA [1976] 55 p.
6. RAMIREZ, E El azufre en suelos y forrajes de la puna de Ayacucho In Programa de Investigaciones en pastos Informe N° 3 Ayacucho, UNSCH-COTESU, Perú, 1972 p. 7 (resumen)
7. RUIZ, C. Comportamiento de seis asociaciones de pastos cultivados, abonados y sin abonar, en la puna de Ayacucho In I Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú Informe Lima, Perú, 1970. pp. 23-24.
8. RYDEN, J.C. y SYERS, J.K. Calcium retention in response to phosphate sorption by soils. Soil Science Society of America Proceedings 40: 845-846. 1976.
9. SCHENKEL, G y FLOODY, TATIANA. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. IV. Determinación de la fórmula de fertilización mediante *Trifolium subterraneum* y *Lolium perenne* x *Lolium multiflorum*. Turrialba 21(4): 406-420. 1971.
10. SMITH, D. y SMITH, R.R. Responses of red clover to increasing rates of topdressed potassium fertilizer. Agronomy Journal 69: 45-48. 1977.
11. TAIPE, H. Producción de leche en la zona alto andina de Ayacucho (3.500 m.s.n.m.) a base de dos raciones durante la época seca. Tesis Ing. Agr. Ayacucho, Perú, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, 1975 60 p.
12. ————, et al. Evaluación preliminar del comportamiento de cuatro asociaciones perennes de pastos cultivados en la puna sobre los 3.500 m.s.n.m. In V Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú Informe Huancayo, Perú, 1976. pp. 43-44.
13. VOGEL, R. y ROULET, N. Comunicación sobre experimentos de pastos en Ayacucho. 2do. Informe Ayacucho, UNSCH-COTESU, 1967. 33 p.
14. WEINBERGER, P. y WENZEL, H. El molibdeno en suelos de cenizas volcánicas (Chile) y su influencia en el metabolismo de plantas de cultivo, especialmente en leguminosas Turrialba 23: 129-137. 1973.

Notas y Comentarios

Las cadenas de lípidos en la maduración de los bananos

La maduración de los frutos es un proceso complejo, todavía poco conocido. Es obvio que la madurez está asociada con ablandamiento del tejido y con incremento en el dulzor, y estos se correlacionan probablemente con un aumento en los sólidos solubles y en la permeabilidad del tejido frutal a moléculas pequeñas. Pero ¿qué está detrás de estos cambios?

Por muchos años los investigadores han tratado de probar la hipótesis de que en una fruta inmadura algunas enzimas se mantienen separadas de sus sustratos en compartimientos restringidos, parecidos a los lisosomas en las células animales, y que la maduración corresponde a la liberación de estas enzimas y sus subsecuentes efectos degradativos. Pero ha sido bastante difícil estudiar las fracciones subcelulares en el tejido del fruto y esta cuestión todavía no está resuelta. Neil Wade y David Bishop, de la Unidad de Fisiología Vegetal del CSIRO, en North Ryde, Nueva Gales del Sur, Australia, han tratado de darle un rodeo al problema estudiando los cambios en la composición de los lípidos en bananos en maduración (*Biochimica et Biophysica Acta* vol. 529, p. 45-1).

Es algo fácil extraer los lípidos totales de los bananos, y separar los lípidos en fracciones, tales como lípidos neutrales, glicolípidos y fosfolípidos. De estos, los lípidos neutrales probablemente representan moléculas de almacenamiento, mientras que los glicolípidos y los fosfolípidos son componentes de membranas subcelulares. El análisis de los glicolípidos y los fosfolípidos durante la maduración puede, por consiguiente, proveer una mejor comprensión de los cambios en las propiedades de la membrana.

Wade y Bishop no encontraron cambio en el contenido de lípidos totales durante la maduración, y tampoco en las proporciones de las tres clases. Pero cuando miraron a los ácidos grasos realmente presentes en las fracciones glicolípida y fosfolípida notaron cambios significativos.

En la fruta inmadura, se detectaron casi una docena de ácidos grasos componentes diferentes, en los que predominaban ácido palmítico (16 átomos de carbono sin ligazones dobles) y ácido linoleico (18 átomos de carbono, dos ligazones dobles). Conforme avanza la madurez las proporciones de ambos declinan mientras que aumenta la proporción de ácido linoléico (18 átomos de carbón, tres ligazones dobles). El efecto neto, teniendo en cuenta todos los ácidos grasos componentes, es un incremento en la longitud de las cadenas y en el número promedio de ligazones dobles. Ambos cambios es probable que estén asociados una fluidez más grande (así como la margarina con un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados es más fácil de untar que la mantequilla). La evidencia derivada de la composición de los lípidos es que las membranas subcelulares en el banano maduro son más fluidas que las de la fruta inmadura.

Wade y Bishop sometieron esto a una prueba ligeramente más directa. Extrajeron fosfolípidos de bananos en varios estados de maduración y prepararon ellos vesículas artificiales de membranas o liposomas. Usando un espectroscopio molecular, midieron entonces la fluidez de estas membranas artificiales, y encontraron un incremento significativo en fluidez durante la maduración. La evidencia todavía no es conclusiva, pero favorece la antigua sugerencia de que muchos de los cambios en la maduración del fruto emergen de una aumentada fluidez y permeabilidad de las membranas subcelulares.

Publicaciones

Ecosistemas de Honduras. La Asociación Hondureña de Ecología ha publicado dos números de su boletín *Ecosistemas de Honduras*. El boletín, que será publicado mensualmente, servirá para dar información sobre el estado actual del medio ambiente de Honduras y para informar a los miembros de la Asociación y al público en general de las actividades de este grupo conservacionista. La Asociación fue creada en 1976. La dirección es: AHE, Departamento de Biología, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa.

Cultivos regados con agua de mar

Linajes de trigo, cebada y tomates que puede crecer en suelos regados con agua de mar han sido desarrollados en la Universidad de California. Mediante el desarrollo de variedades de cultivo alimenticios que prosperan en condiciones altamente salinas, los técnicos del Departamento de Fisiología Vegetal de la Universidad esperan abrir millones de hectáreas de costas, hasta ahora yermas, a la producción de alimentos. Su trabajo puede ser particularmente importante para los países del Tercer Mundo, pero también es significativo para los agricultores de California, muchos de los cuales batallan constantemente con problemas de suministros de aguas salobres.

Los resultados obtenidos hasta ahora por el equipo de investigadores han sido muy promisorios. Se han cosechado dos cultivos de cebada, irrigados solamente con agua de mar, en parcelas cercanas al Laboratorio Marino Bodega de la Universidad, unos 80 kilómetros al norte de San Francisco. Los rendimientos han sido más o menos iguales al promedio mundial.

Las líneas de cebada tolerantes a la sal fueron desarrolladas por un proceso de seleccionar las plantas más vigorosas de un cultivo y sembrando sus semillas en la siguiente campaña. El mismo principio se está siguiendo para desarrollar trigo tolerante a la sal. Este experimento está todavía en sus etapas iniciales, pero ya el rendimiento se acerca a la mitad del promedio de Estados Unidos.

Los tomates presentan un problema grande, porque a diferencia del trigo y la cebada, no existen numerosas variedades que puedan ser seleccionadas por su tolerancia al agua salada. Dale Rush ha cruzado con éxito un tomate cultivado comercialmente en California con una variedad silvestre de las Islas Galápagos *Lycopersicon chesmanii*, en Ecuador. Este último tipo, aunque no produce frutos comestibles, crece a unos dos metros de la línea de alta marea, en su estado natural. El resultado del cruce es un tomate pequeño de una pulgada de diámetro que tiene un sabor salado agradable. El trabajo continuará para tratar de obtener tomates más grandes que se convertirían en un producto comercial. Rush estima que hay 35 000 kilómetros de costas desiertas que potencialmente podrían ser regadas con agua de mar. "Aun si sólo cinco o diez por ciento de esta tierra fuera usada" dice Rush "ello significaría todavía un incremento enorme en la producción mundial de alimentos".

Enzimas en el ataque de la cascabel

Mucho del daño masivo en los tejidos infligido por el veneno de la serpiente cascabel es causado por un ataque enzimático, conforme un trabajo recién completado por Anthony Tu y Jon Bjarnason, de la Universidad del Estado de Colorado, en Fort Collins. Los dos científicos han purificado algunos miligramos de cinco diferentes proteínas, en una extracción masiva que comenzó con 20 gramos de veneno crudo de serpiente (*Biochemistry* Vol. 17, p. 3395). Cada una de las proteínas resultó ser una proteasa (enzima degradante de la proteína) que causa un rápido daño celular y hemorragia extensiva.

Todas las enzimas dependen del zinc para su acción inductora de hemorragia en la víctima de la serpiente. Un antídoto a una mordedura puede ser, por consiguiente, la inyección rápida de un agente quelatante que secuestre ese metal y prive así a la enzima de su cofactor esencial.