

Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española

FRANCISCO MOMPIELA

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo
Xunta de Galicia — Apdo. de Correos 10 — La Coruña

RESUMEN *

Pese a que la evidencia existente sugiere que el abonado del pasto se traduciría, en la mayoría de los casos, en un aumento considerable de la producción de materia seca, la cantidad de recursos financieros dedicados a este apartado es generalmente muy baja. Esto es atribuible a los escasos márgenes asociados con los sistemas de producción animal a base de pasto y a la complejidad de estos sistemas, que hacen difícil prever las consecuencias de una inversión en abonos. La investigación agraria debe ser capaz de generar información para poder recomendar al nivel de cada sistema de producción en particular. En esta ponencia se trata fundamentalmente de resaltar la importancia del abonado, en la producción de los pastos de la zona norte española, utilizando información de ensayos recientes.

La cantidad de cal necesaria para poder mantener altos rendimientos es bastante inferior a la sugerida por los análisis de laboratorio clásicos. El porcentaje de aluminio

* PALABRAS CLAVE: Sistemas de producción animal, suelos ácidos, encalado, toxicidad de aluminio, fósforo, efecto residual, potasio, microelementos, calibración de análisis de suelos.

en el suelo parece ser un criterio más diferenciador que el pH. El encalado es sobre todo importante en la implantación del pasto en los suelos ácidos procedentes de monte de Galicia. Las respuestas en pasto natural son limitadas.

El fósforo es el elemento más limitante para el establecimiento de praderas en terrenos a monte, incrementándose el rendimiento del pasto hasta las dosis más altas de fósforo aplicado. No obstante, el efecto residual del fósforo en el suelo hace que las necesidades de mantenimiento disminuyan considerablemente. En cuanto al abonado potásico se refiere, aunque el pasto no parece responder durante el primer año de establecimiento, la persistencia de la leguminosa en la mezcla depende en gran medida de la nutrición potásica.

El incremento de precio experimentado por los abonos nitrogenados y la evidencia reciente de que la eficacia de transformación en productos animales es mayor en praderas con alto contenido en leguminosas, está desviando el énfasis de la investigación sobre abonado nitrogenado, hacia el trébol blanco. Una estrategia razonable de abonado nitrogenado mineral debe perseguir no sólo el aumento de la producción de pasto sino también la conservación de una adecuada proporción de leguminosas.

Los resultados de investigaciones recientes sobre el efecto del azufre y ciertos oligoelementos, realizados principalmente en el extranjero, se discuten brevemente.

INTRODUCCIÓN

Hoy día se puede considerar que el abonado es una práctica corriente en la mayoría de las explotaciones agrícolas modernas. No obstante, aunque la evidencia existente indica que la producción de materia seca de hierba, en la mayoría de los suelos de la zona templada, se incrementaría notablemente mediante una fertilización adecuada, gran parte de los agricultores sigue mostrándose reacia a invertir en el abonado de sus praderas.

El objetivo del abonado del pasto es incrementar el margen económico a través de un aumento de la producción de materia seca. En aquellas explotaciones en las que el pastoreo proporciona la base de la alimentación del sistema de producción ani-

mal, probablemente se justifica la escasa inversión en fertilizantes debido a sus estrechos márgenes económicos. Otra razón de peso podría ser la complejidad de estos sistemas, en los que interaccionan numerosas variables. Para que un incremento en la producción de pasto quede reflejado en la cuenta de explotación, tiene que ser utilizado eficientemente, lo cual conlleva cambios en el manejo del sistema, fundamentalmente de la carga ganadera, que habría de ser ajustada a las nuevas disponibilidades de pasto.

La determinación de la cantidad óptima de recursos económicos que una explotación debería dedicar a la fertilización de sus pastos, supone tener en cuenta todas estas interacciones. La utilización de recetas generales, derivadas de estudios en los que se «optimiza» la producción de pasto en ensayos aislados de los sistemas de producción animal, sólo puede ser considerada como un primer paso hacia el logro de la recomendación idónea. Es necesario que la investigación por componentes asuma la idea del sistema completo de producción y tome conciencia de su papel dentro de éste, si no quiere arriesgarse a que sus resultados caigan en la irrelevancia.

La actual división en departamentos de la universidad no favorece la formación en su seno de equipos multidisciplinarios, que puedan abordar esta problemática en toda su complejidad. Los institutos de investigación agraria, en los que disciplinas procedentes de los diferentes departamentos pueden converger hacia un objetivo común, tienen una estructura más favorable. Los organismos públicos de los que estos institutos dependen, tienen la responsabilidad de promover la formación de equipos científicos sólidos.

El objetivo principal de este trabajo es resaltar la importancia de la fertilización en la producción de los pastos de la zona húmeda del norte de España. Para ilustrarla, se han utilizado datos procedentes de diversos ensayos de encalado y de abonado nitrogenado y fosfopotásico realizados en Galia, País Vasco y Navarra, fundamentalmente. La mayor parte de esta investigación se enmarca dentro de ese primer paso, que antes señalábamos, en el logro de información necesaria para poder ajustar la recomendación de abonado a cada situación particular, y constituye una base sobre la cual se pueden sustentar investigaciones futuras.

Aunque el encalado era probablemente una práctica agrícola en la época romana, la sistematización de la recomendación de las cantidades a emplear no tuvo lugar hasta mediados del presente siglo, con la comercialización del electrodo de vidrio, que permitió una lectura rápida de la acidez del suelo, expresada en unidades de pH. Desde entonces en la literatura científica se entiende por necesidad de cal de un suelo la cantidad de base (expresada en equivalentes de óxido o carbonato de calcio) necesaria para elevar el pH de dicho suelo hasta un valor predefinido.

Por aquel entonces, existía el convencimiento, más o menos generalizado, de que todos los suelos deberían encalarse a pH 6.5; aunque ya, un buen número de trabajos ARNON AND JOHNSON, 1942; PIERRE, 1931; VLAMIS, 1953, había demostrado que la mayoría de las plantas se desarrollan sin problemas en un amplio abanico de pH, siempre y cuando las concentraciones de nutrientes sean las adecuadas y no existan elementos tóxicos en cantidades apreciables. Un poco más adelante, los trabajos de COLEMAN y otros (1959, 1961, 1967) demostraban que era el aluminio, y no el hidrógeno, el catión predominante en los suelos ácidos, modificando profundamente la teoría sobre la química de la acidez del suelo. Hoy día el aluminio es considerado una de las causas principales de la baja fertilidad de los suelos ácidos (KAMPRAT, 1980; RUSSEL, 1973).

VIETS (1977) en una versión histórica sobre el progreso llevado a cabo durante los dos últimos siglos en el conocimiento de los factores que controlan la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas, llegaba, entre otras, a la siguiente conclusión: «hoy día el pH ha perdido su santidad, y los especialistas en fertilidad de suelos están más interesados en el estudio de elementos tóxicos y nutritivos, asociados con valores bajos de pH ... que en el pH en sí como medida crítica».

En lo que respecta a las praderas, probablemente debido a los menores márgenes económicos de los sistemas de producción asociados a ellas, con respecto a los cultivos, las necesidades de cal se venían calculando para valores de pH más bajos (entre 5 y 6), dependiendo del tipo de suelo (MAFF, 1979; PEARSON, 1974). Aún así, la mayoría de los técnicos consideraba que las recomendaciones suministradas por los laboratorios excedían bastante a las necesidades. Esto ha promovido que centros

de investigación agraria de prestigio internacional en este área de trabajo, como el Grassland Research Institute de Hurley, renovaran su interés por temas de acidez del suelo, con el fin de proporcionar una base mejor para la determinación de las necesidades de cal (JARVIS, 1984).

En este apartado se presentan algunas características de los suelos a monte de la zona húmeda española de relevancia para la producción de pasto, y se discuten los efectos del encalado sobre alguno de estos parámetros y sobre la producción de pasto y su composición química y botánica.

Características de los Suelos Ácidos

Los suelos ácidos de Galicia y resto de la Cornisa Cantábrica, en particular los que se encuentran a monte, se caracterizan por tener unos valores de pH comprendidos entre 4.0 y 5.5, elevados contenidos de materia orgánica, un complejo de cambio en el que el aluminio es el catión dominante y muy bajos contenidos de fósforo y potasio (cuadro 1).

CUADRO 1

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE ALGUNOS SUELOS ACIDOS DE GALICIA (Modificado de MOMBIELA et al., 1986)

Roca madre	Textura	Materia(1) orgánica %	pH en agua	Satura- ción(2) Aluminio %	P*	ppm K**
Exquisitos	Fr.	9	5,2	61	2	62
Gabros	Li. Ac.	24	5,2	51	0	46
Granitos	Fr. Ar.	19	4,6	84	0	72
Pizarras	Fr. Ac. Li.	12	4,9	76	6	45

Todas las determinaciones excepto la de materia orgánica se realizan en volumen de suelo.

(1) Oxidable en potasio dicromato.

(2) $100Al/(Al+Ca+Mg+Na+K)$ todos los cationes extraídos con $BaCl_2$ 0.6N.

* Extraído con bicarbonato sódico 0.5N.

** Extraído con nitrato amónico 1N.

En cuanto a sus propiedades físicas se refiere, los suelos gallegos son de textura ligera (franca o franco arenosa) mientras que en el Este de Asturias y resto de Cornisa abundan las texturas más pesadas. Esta diferencia tiene considerable importancia, dado que la arcilla juega un papel amortiguador en gran

parte de los procesos químicos del suelo. Por consiguiente, la extrapolación de resultados obtenidos en Galicia al resto de la zona norte ha de hacerse con cautela.

Efectos del Encalado sobre el suelo.

El encalado aumenta el pH del suelo y disminuye el contenido de Al cambiante (figura 1). No obstante, para que el efecto sobre el pH sea apreciable al cabo de cierto tiempo, en los suelos sobre granitos y pizarras de Galicia son necesarias más de 6 T/Ha de carbonato cálcico, mientras que el porcentaje de Al en el complejo de cambio disminuye claramente con la mitad de esa cantidad.

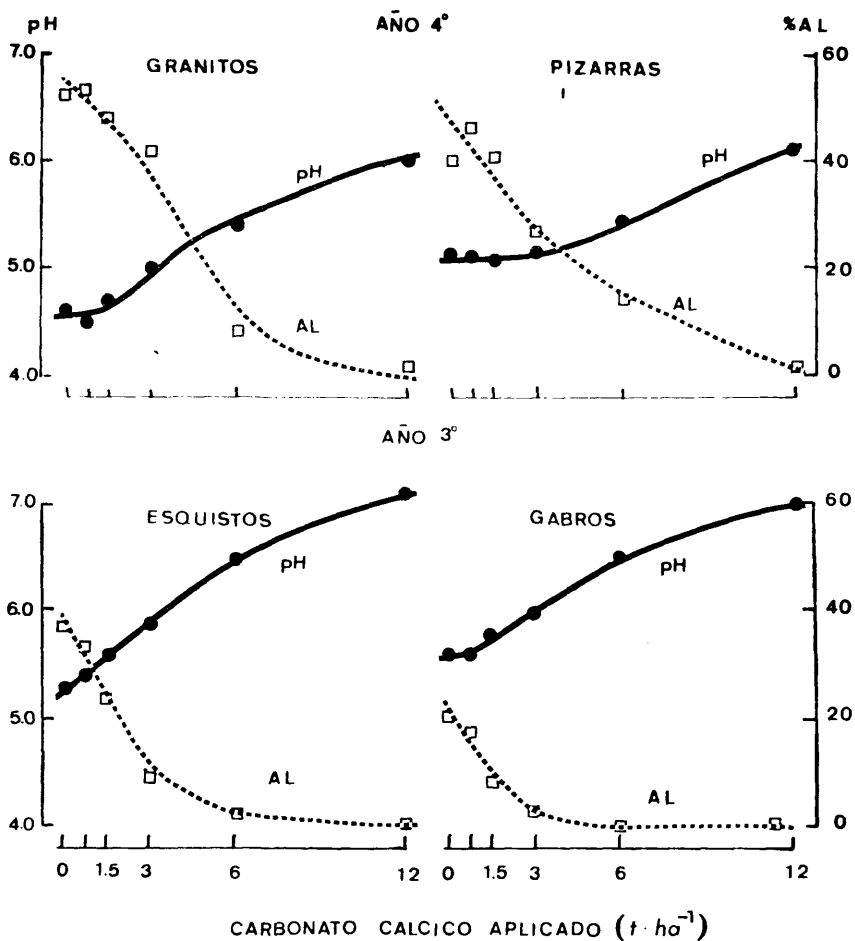


Fig. 1.—Efectos del encalado sobre el pH y el porcentaje de aluminio del suelo en cuatro suelos de monte, al cabo de tres y cuatro años.

En el diferente comportamiento de los suelos presentados en la figura 1 con respecto al efecto de cantidades crecientes de carbonato cálcico sobre el pH, intervienen fundamentalmente dos factores: por un lado la acidez inicial del suelo, debido a que a igualdad de otras condiciones se necesita una menor cantidad de base para incrementar en una unidad el pH de un suelo con un valor inicial de 5.3, como es el caso de los esquistos, que con un valor de 4.6 ó 4.8, como en los granitos y pizarras respectivamente. Por otro lado, el contenido de componentes amortiguadores del pH del suelo, tales como a) la materia orgánica, más abundante en los suelos sobre gabros, granitos y pizarras que en el esquistos; b) la arcilla, más abundante en los suelos sobre pizarras y gabros que en los de esquistos y granitos, y c) los compuestos amorfos de gran superficie activa, que son particularmente abundantes en los suelos sobre gabros.

En cuanto al efecto del encalado sobre otros parámetros de interés como pueden ser el contenido de fósforo y potasio disponible para las plantas la literatura abunda en ejemplos contradictorios (SÁNCHEZ, 1980). En los suelos estudiados, el encalado no parece afectar al contenido de fósforo salvo en el caso de los suelos sobre granitos, donde se aprecia una fuerte disminución hasta la dosis de 3 T/Ha de carbonato cálcico. Este mismo efecto se aprecia para el contenido de potasio en los suelos sobre pizarras, gabros y granitos. Tanto en uno como en otro caso, la causa de esta disminución puede atribuirse, en gran medida, a una mayor extracción por las plantas, dado que en los ensayos descritos la producción aumenta con el encalado, como se muestra más adelante.

Efectos del Encalado sobre la Composición Botánica y Producción del Pasto.

En praderas sembradas con una mezcla de gramíneas y leguminosas, en terrenos previamente ocupados por matorral, el efecto del encalado se manifiesta en un aumento de la producción de materia seca total hasta la dosis de 3-6 T/Ha de carbonato cálcico en los suelos estudiados. Pero dentro del conjunto de especies que componen el pasto (sembradas y espontáneas) son las especies sembradas las que más contribuyen a esta respuesta al encalado (Fig. 2).

La respuesta en términos de materia seca total, se manifiesta fundamentalmente en la producción de primavera y otoño,

mientras que en el verano desaparece prácticamente, al compensar las especies espontáneas la falta de producción de las sembradas, (MOMBIELA, 1982). En el caso de las especies sembradas la mayor respuesta se produce en el verano, cuando las condiciones meteorológicas lo permiten, debido al incremento de la producción de las leguminosas en ese corte.

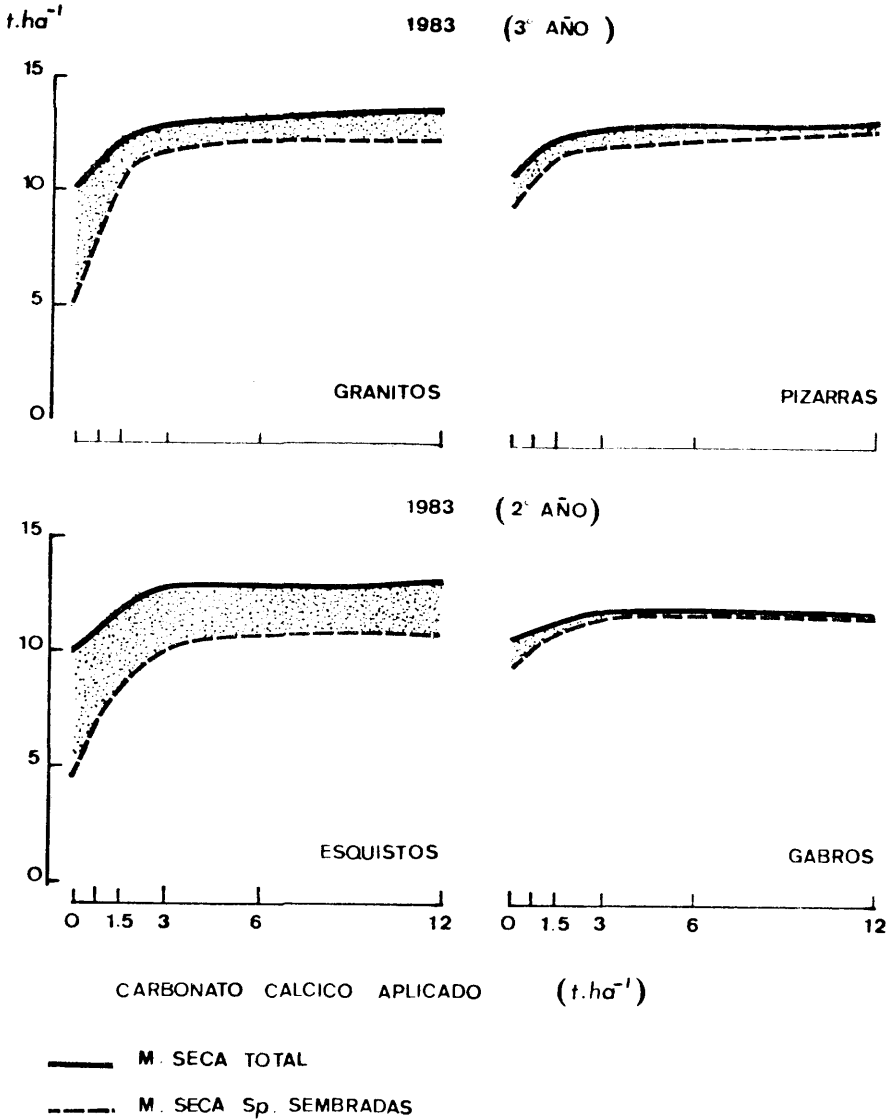


Fig. 2.—Efecto del encalado sobre la producción del segundo y tercer año de una pradera de raigrás y trébol blanco, en cuatro suelos de monte de Galicia.

Efectos del Encalado sobre la Composición Química del Pasto.

La composición química del pasto determina en gran medida la calidad de la dieta de los animales en pastoreo. En un reciente estudio (GARCÍA y otros, 1986a, 1986b), en el que se analizaron muestras de pasto procedentes de suelos de diferentes mineralogías, y correspondientes a las diversas épocas de corte, se encontró que el encalado influye fundamentalmente en el contenido de Ca y Mg del pasto, siendo los demás elementos estudiados prácticamente insensibles. La relación Ca/P considerada como índice de posibles trastornos reproductivos y metabólicos en animales en pastoreo, cuando está fuera del intervalo de 1 a 7 (HIGNETT, 1951; REID, 1980; WISE, 1963) se desequilibra a favor del calcio (GARCÍA y otros, 1986a, 1986b) con cantidades superiores a las 6 T/Ha.

Predicción de las necesidades de Cal.

Hasta la fecha el pH del suelo es el índice más generalmente utilizado para la determinación analítica de las necesidades de cal. La mayoría de los laboratorios de análisis de suelos utilizan la disminución del pH de una solución tamponada, provocada por la adición de una determinada cantidad de suelo, como índice de la cantidad de base necesaria para llevar dicho suelo a un determinado pH. Este método, por lo expuesto en apartados anteriores, es objetable tanto desde el punto de vista conceptual como técnico, por no poder adaptarse a ningún tipo de análisis económico y por la imposibilidad de definir un valor de pH óptimo universal (ADAMS, 1978; PEARSON, 1974).

Para poder avanzar en la predicción de las cantidades de cal necesarias para una situación práctica determinada, es preciso encontrar uno o varios índices de fácil determinación analítica que aporten información acerca de cual sería la curva de respuesta al encalado en dicha situación para así, a través de esta, poder ajustar la recomendación a cada coyuntura económica. A este respecto, y siempre refiriéndose a los resultados derivados de nuestros estudios, el porcentaje de aluminio en el complejo de cambio parece un índice más diferenciador que el pH. Desde el punto de vista de facilidad analítica, no obstante, este último es difícil de superar.

EL ABONADO FOSFOPATÁSICO

El Abonado Fosfórico

La deficiencia de fósforo es una de las más extendidas a nivel mundial. Las reservas de P disponible para las plantas de la mayoría de los suelos, son insuficientes para garantizar un cultivo comercialmente rentable (OZANNE, 1980). En particular, en los suelos puestos recientemente en cultivo el fósforo es el principal limitante de la producción (ALLEY, 1984; FLOATE, 1977; PR-ÑEIRO y otros, 1977).

Valor Residual y Fijación

Cuando a una solución de una determinada concentración de P se le añade una cantidad fija de suelo, se agita, se filtra y a continuación se mide la concentración de P del filtrado, se comprueba que esta es menor que la de la solución original y que la disminución es tanto más acusada cuanto mayor es el tiempo de contacto.

Esta observación, y el hecho de que la mayor parte del P aplicado al suelo no es aprovechado por la primera cosecha, llevó a la conclusión de que este quedaba retenido en el suelo de forma no disponible para las plantas (COOKE, 1978; RUSSEL, 1973; TISDALE, 1975; VIETS, 1977). No obstante, que el P añadido sea menos soluble, no quiere forzosamente decir que haya perdido todo su valor fertilizante (RUSSEL, 1973) ni el hecho de que no sea absorbido por la primera cosecha significa que está fijado en el suelo (COOKE, 1978; VIETS, 1977). De hecho, gran número de experimentos diseñados con el fin de evaluar el efecto residual de los fertilizantes, demuestran que la mayor parte del P y el K aplicados puede recobrase si el experimento se mantiene durante un período de tiempo adecuado (COOKE, 1978; KARLOVSKY, 1975; VIETS, 1977). Esto no implica que no tenga lugar cierta fijación irreversible del P aplicado en el suelo, pero sí parece cierto que la magnitud del fenómeno, sobre todo para los suelos de las zonas templadas, y en particular para el caso de las praderas (GARCÍA y otros, 1986a; KARLOVSKY, 1975) es bastante menor que lo que se pensó en un principio.

(Respuestas al Abonado Fosfórico en Praderas de la Cornisa Cantábrica y Navarra).

El abonado fosfórico se considera esencial para el establecimiento y mantenimiento de praderas en terrenos previamente

ocupados por matorral (MOMBIELA, 1986; PIÑEIRO y otros, 1977). En la mayoría de estos suelos, los rendimientos del pasto en el primer año de producción aumentan hasta el nivel máximo de P utilizado (160 Kg P/Ha). No obstante, al cabo de pocos años se puede alcanzar el techo de rendimiento con cantidades bastante menores (Fig. 3).

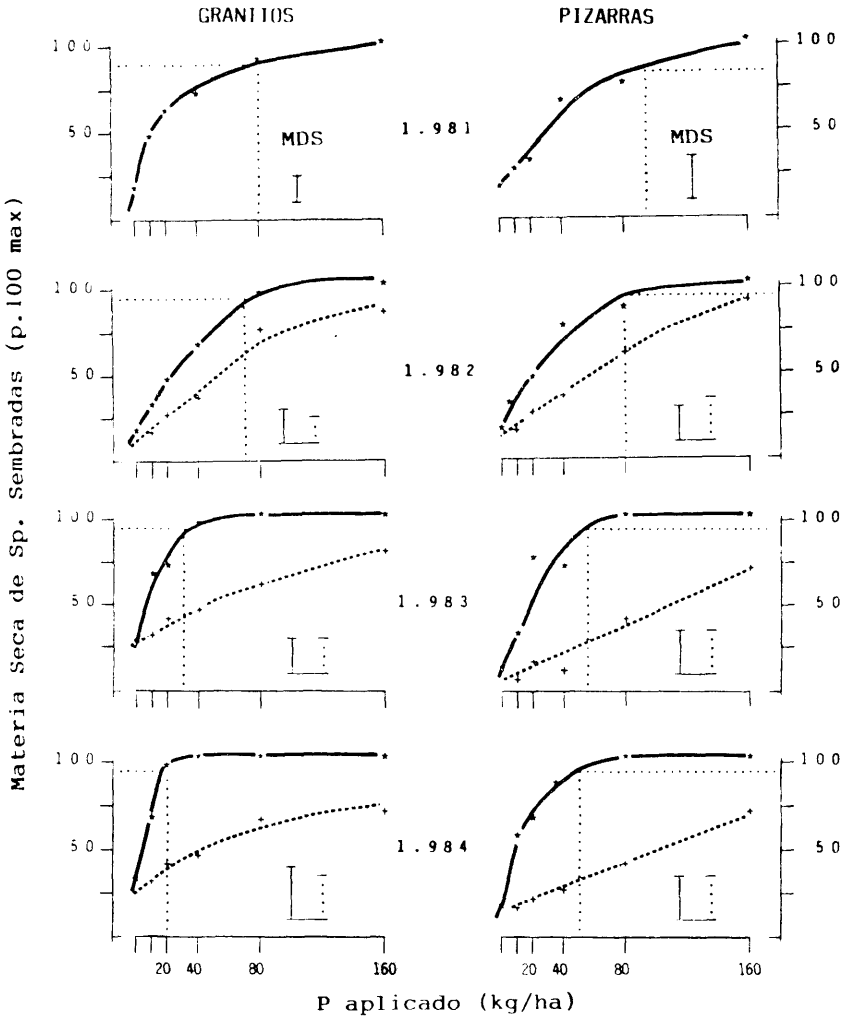


Fig. 3.—Efecto de la aplicación de fósforo anual (línea gruesa) y sólo al establecimiento del pasto (línea de puntos) sobre la producción de materia seca de especies sembradas (porcentaje del máximo), en los cuatro primeros años de producción de dos suelos de monte de Galicia.
MDS: mínima diferencia significativa para $p < 0,05$, entre parcelas (línea gruesa) y entre subparcelas (punteada).

El valor residual del P, al año siguiente de su aplicación, oscila entre el 30 y el 90 p. 100 de su valor original, dependiendo del tipo de suelo (MOMBIELA y otros 1986c), siendo mayor en los arenosos procedentes de la degradación de granitos que en los más pesados derivados de pizarras, esquistos y gabros. Este valor residual explica por qué se pueden mantener rendimientos elevados a partir de cantidades altas en el establecimiento aunque estas se suspendan durante algún tiempo. Los valores de los residuos de fertilizaciones previas muestran una tendencia acumulativa, dado que tanto la calidad como la producción de praderas establecidas con dosis bajas de P mejoran en pocos años.

La aplicación de P es esencial para mejorar la producción del pasto natural en Galicia, Asturias y Santander (REMÓN, 1974; GÓMEZ IBARLUCEA y otros, 1981; MENÉNDEZ y otros, 1974). En Santander, se demuestra asimismo su importancia en el establecimiento de especies productivas, ya sea cuando se renueva la pradera mediante cultivo o mediante aplicación de herbicida y siembra a voleo (MENÉNDEZ y otros, 1974). En los pastos naturales del País Vasco y Navarra las respuestas son menos acusadas lo cual puede ser atribuible a la mayor fertilidad original.

Efecto del Abonado Fosfórico sobre la Composición Química del Pasto.

En praderas compuestas principalmente de raigrás inglés y trébol blanco, establecidas en terrenos previamente ocupados por matorral, la magnitud del abonado fosfórico afecta al contenido de este elemento que puede oscilar entre un 0,1 P. 100 en las parcelas testigo y un 0,4 P. 100 en las que recibieron la máxima dosis (cuadro 2) dependiendo de la época de corte.

La cantidad de P aplicada también puede afectar a la absorción de otros elementos. La relación Ca/P presenta un máximo para las dosis medias (20-80 Kg P/Ha) siendo sus valores menores tanto para las altas como para las bajas. Al favorecer la implantación y desarrollo del trébol, el P aplicado influye positivamente en el contenido de proteína bruta de la dieta (cuadro 2).

El Abonado Potásico

El esfuerzo científico dedicado a la fertilización potásica ha sido notablemente menor que el dedicado al fósforo. Esto es atribuible al hecho de que la deficiencia de este elemento en el

suelo está menos generalizada ya que la mayoría de los abonos orgánicos utilizados en la agricultura tradicional contenían cantidades apreciables de este elemento, por lo cual las respuestas de los cultivos a la fertilización potásica no eran tan espectaculares como la del fósforo o el nitrógeno. No obstante, en 1963, el primer coloquio del Instituto Internacional de la Potasa reconocía la importancia de este elemento para las praderas, sobre todo para la obtención de rendimientos altos de leguminosas.

CUADRO 2

EFEECTO DEL P APLICADO SOBRE EL CONTENIDO EN P DEL PASTO, SOBRE LA RELACION Ca/P Y LA PRODUCCION DE UNA PRADERA MIXTA ESTABLECIDA EN EL SUELO DE PIZARRAS

Fecha de corte	P APLICADO (kg/ha)						NSE
	0	10	20	40	89	160	
	P (%)						
4-06-82	0,14	0,17	0,16	0,23	0,27	0,29	***
27-07-82	0,14	0,15	0,19	0,23	0,30	0,37	***
16-08-82	0,14	0,15	0,16	0,19	0,22	0,35	***
9-12-82	0,21	0,21	0,26	0,30	0,34	0,43	***
	Ca/P						
4-06-82	2,3	2,7	2,7	2,7	2,4	2,6	NS
27-07-82	3,3	3,8	4,5	4,4	3,9	3,0	***
16-09-82	7,1	7,6	8,8	8,7	8,8	4,9	**
9-12-82	2,7	2,9	2,7	2,6	2,6	1,8	**
	PROTEINA BRUTA (t/ha)						
Total anual	0,5	0,7	1,2	1,4	1,6	1,8	**

NSE: Nivel de significación estadístico: *** $P < 0,01$; ** $P < 0,05$; NS: $P > 0,1$.

Cuando la pradera se pasta, la mayor parte del potasio ingerido por los animales es excretado. Aunque este reciclaje se hace en forma irregular en un año determinado, con el paso del tiempo, prácticamente la totalidad de la superficie pastada se ve afectada (COOKE, 1978; MIDDLETON, 1973). Consecuentemente las necesidades de potasio de las praderas pastadas suelen ser menores que las sometidas a un régimen de siega. No obstante, recientemente se ha señalado que el aporte regular de este elemento es esencial para la persistencia del trébol en amplias zonas de Australia (Cox, 1973).

Respuestas al Abonado Potásico en Praderas de la Cornisa Cantábrica y Navarra.

Los resultados de los primeros ensayos sobre abonado para establecimiento de praderas en terrenos a monte realizados por el entonces CRIDA 01 en Galicia, indicaban una escasa respuesta a este elemento (PIÑEIRO y otros, 1977). En estos ensayos sólo se registraron las producciones del primer año, y aunque difícilmente se detectaban diferencias significativas en los rendimientos de materia seca total sin embargo, podía apreciarse claramente un menor contenido de trébol en las parcelas con dosis bajas de potasio.

Posteriormente se desarrolló una red de ensayos, en los que se implantaron praderas mixtas (raigrás inglés y trébol blanco), con diferentes cantidades de K, en terrenos de monte de Galicia, sobre suelos con diferente material de partida. En el caso de los suelos de granitos, el rendimiento de materia seca de especies sembradas, y de leguminosas en particular, es afectado por el nivel de fertilización potásica ya desde el primer año de producción. En los suelos sobre pizarras, esquistos y gabros, sin embargo, la respuesta durante el primer año de producción es prácticamente nula (Fig. 4), lo que coincide con los resultados de la primera serie de ensayos.

A diferencia de lo que ocurre con el fósforo, la respuesta de la pradera aumenta en años sucesivos a causa de las extracciones que tienen lugar en estos ensayos, manejados en régimen de siega. En el caso de los granitos, el rendimiento de trébol aumenta de forma prácticamente exponencial con el nivel de K aportado.

En la mayoría de los casos, pero sobre todo en el del suelo desarrollado a partir de material granítico, no se aprecia prácticamente acumulación del K en el suelo como ocurría en el caso del (MOMBIELA, 1986b). Esto podría hacer pensar en una posible fijación del K aplicado, dado que estos suelos contienen vermiculitas en su fracción arcillosa. Sin embargo los análisis de la composición mineral del pasto indican que la pradera extrae prácticamente todo el K aplicado (cuadro 3) por lo cual en la espectacularidad de la respuesta en estos suelos intervienen el bajo nivel de potasio en el suelo y la facilidad de éste para liberar el aplicado en forma de abono, por un lado, y la gran avidez del pasto (¿Consumo de lujo?) por otro.

La respuesta del pasto natural a la aplicación de K es generalmente menos acusada que al P (GÓMEZ IBARLUCEA y otros, 1981; IRIARTE, 1985). No obstante, en Santander, se han encontrado diferencias significativas entre la producción de las parcelas sometidas a una fertilización fosfopotásica y las que recibieron exclusivamente un abonado fosfórico (REMÓN, 1974; FDEZ.-QUINTANILLA, 1962).

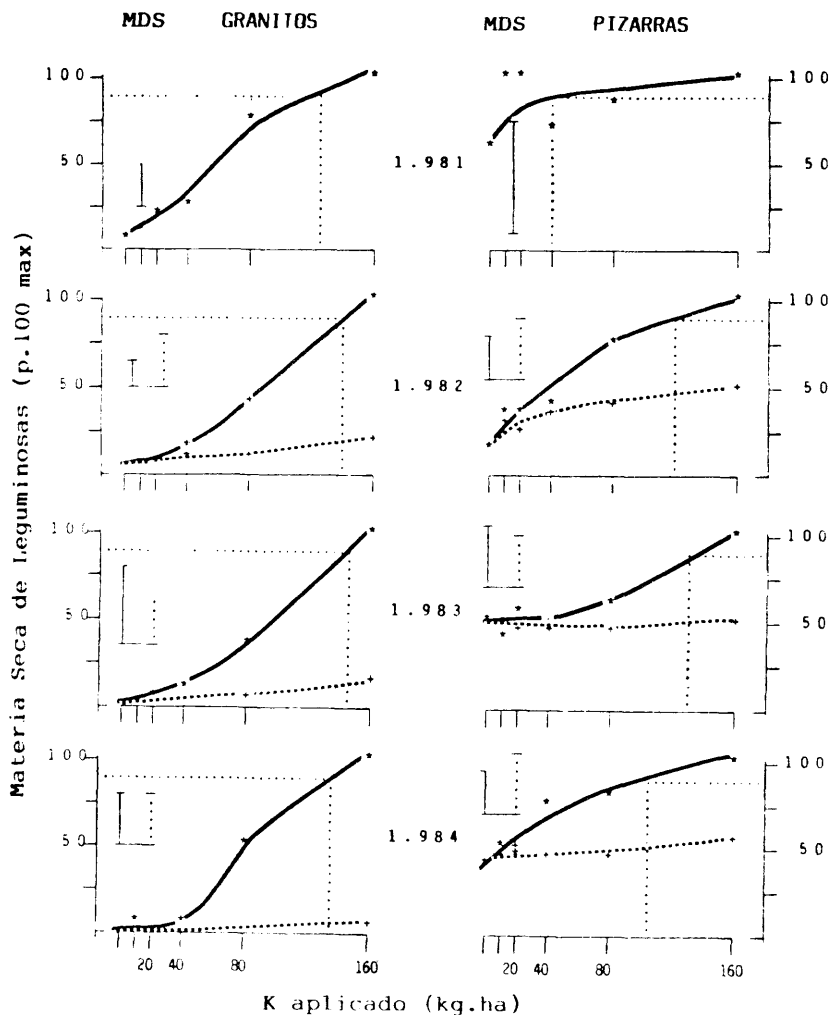


Fig. 4.—Efecto de la aplicación de potasio anual (línea gruesa) y sólo al establecimiento del pasto (línea de puntos) sobre la producción de materia seca de especies sembradas (porcentaje máximo), en los cuatro primeros años de producción de dos suelos de monte de Galicia.

MSD: mínima diferencia significativa para $p < 0,05$, entre parcelas (línea gruesa) y entre subparcelas (punteada).

Como en el caso del P esta diferencia de comportamiento es atribuible tanto al diferente potencial productivo de las especies que componen el pasto como a la mayor fertilidad original del suelo.

CUADRO 3

EFFECTO DE LA APLICACION DE UNA DOSIS DE K DURANTE DOS AÑOS CONSECUTIVOS Y SOLO EN LA SIEMBRA SOBRE LA PRODUCCION DE PASTO Y EL K EXTRAIDO EN EL SEGUNDO AÑO POR UNA PRADERA MIXTA ESTABLECIDA SOBRE GRANITOS

K Aplicado		PRODUCCION DE MATERIA SECA (2.º AÑO)		K Extraído
1.er Año	2.º Año	Sp. Sembradas	Leguminosas	(2.º Año)
	kg/ha		t/ha	kg/ha
160	160	11,3	5,5	208,5
160	0	5,1	0,7	58,4
	Diferencia	6,2	4,8	150,1

Efecto del Abonado Potásico sobre la Composición Química del Pasto.

El contenido de K en el pasto aumenta con la dosis de abono aplicada. Esto influye en el valor de parámetros como la relación $K/(Ca+Mg)$ utilizados en el diagnóstico de posibles incidencias de hipomagnesemia en el ganado. No obstante, en nuestros ensayos rara vez se supera el valor de 1.6 considerado crítico (KEMP, 1957). Asimismo, al incrementar el contenido de leguminosas en la mezcla pratenses, también afecta a la cantidad de proteína bruta producida (cuadro 4).

Predicción del Nivel de Fertilidad del Suelo y Recomendaciones de Abonado.

A medida que los efectos de fertilizaciones previas se van acumulando en un suelo, las necesidades de abono para mantener altos rendimientos disminuyen. Esta constatación es la base del gran esfuerzo económico que organismos públicos y privados dedican al mantenimiento de laboratorios de análisis de suelo y plantas para diagnóstico de la fertilidad del suelo y recomendaciones de abonado. Según VIETS (1977), el tema del análisis de suelo como herramienta de diagnóstico y recomendación, es pro-

bablemente uno de los más controvertidos de la llamada ciencia del suelo y a lo largo de la historia ha tenido defensores y detractores apasionados. «Los comentarios adversos», dice, «se basaban en la frecuente falta de base científica o de calibración de los análisis (test) y a los charlatanes (quacks) y promotores sin escrúpulos que invadieron este área». COLWELL (1967) afirma: «Un análisis puede ser calificado como test del suelo para un nutriente en particular si, y sólo si, proporciona información sobre las necesidades de fertilizantes de los cultivos para ese nutriente».

CUADRO 4

EFFECTO DEL K APLICADO SOBRE EL CONTENIDO DE K DEL PASTO, LA RELACION K/(Ca+Mg) Y LA PRODUCCION DE PROTEINA BRUTA EN EL SEGUNDO AÑO DE PRODUCCION DE UNA PRADERA MIXTA ESTABLECIDA EN UN SUELO DE GRANITO DE GALICIA

Fecha de corte	K APLICADO (kg/ha)						NSE
	0	10	20	40	89	160	
	K (%)						
27-05-82	0,7	0,9	0,9	1,0	1,3	1,8	**
19-07-82	0,6	0,8	0,7	0,8	1,2	2,0	**
12-09-82	0,6	0,8	1,0	0,8	1,0	1,3	*
9-12-82	0,8	0,8	1,1	0,8	1,1	1,0	**
	K/(Ca+Mg)						
27-05-82	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,8	***
19-07-82	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	***
15-09-82	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	NS
9-12-82	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	**
	PROTEINA BRUTA (t/ha)						
Total anual	0,7	0,9	0,8	1,2	1,4	2,0	**

NSE: Nivel de significación estadístico: *** $P < 0,01$; ** $P < 0,05$; * $P < 0,1$; NS: $P > 0,1$.

Un análisis de suelo sin la base que le proporciona su calibración a través de las respuestas de los cultivos en el campo, es una herramienta inútil desde el punto de vista de la recomendación de abonado, aunque puede ser utilizado como mero índice para el diagnóstico de la fertilidad del suelo. En nuestro país es notable el desequilibrio existente entre el enorme esfuerzo científico dedicado al desarrollo de nuevas técnicas analíticas y el escaso interés que parece despertar la calibración de éstas con

datos de campo. Las razones pueden ser múltiples, pero probablemente la complejidad que supone el establecimiento de ensayos en el campo, su duración y la influencia de factores no controlables, que dificultan el control del error experimental, son las causas más importantes de desánimo.

Selección del Extractante Adecuado.

Todo el proceso de calibración de análisis de suelos con el fin de recomendar dosis de un determinado nutriente, empieza con la selección del extractante apropiado para disolver aquella parte de este nutriente en el suelo que tenga relación con el extraído por las plantas (VLAMIS, 1953). Esta no tiene por qué ser una relación de identidad. Los mejores extractantes deben no sólo reflejar la absorción de nutrientes de una amplia gama de plantas, sino ser además insensibles al tipo de suelo (BLACK, 1968; HAUSER, 1973).

El número de extractantes utilizados para medir el nivel de P de un suelo es extraordinario. No obstante, la extracción con bicarbonato sódico 0,5 N y las soluciones de ácidos débiles propuestas por BRAY parecen ser, con diferencia, las más universalmente aceptadas (HAUSER, 1973; KAMPRATH, 1980). La primera, aunque desarrollada en un principio para suelos alcalinos, ha demostrado encontrarse asimismo entre las mejores para suelos ácidos (KAMPRAT, 1980). (Fig. 5).

En cuanto al potasio, la mayoría de los estudios utilizan la forma cambiante, siendo normalmente el amonio el catión de cambio empleado. En una amplia gama de suelos de la Cornisa Cantábrica, las medidas del K cambiante con una sal de amonio y con bicarbonato 0,5 N están fuertemente correlacionadas (Fig. 6) por lo que la extracción con bicarbonato podría llegar a convertirse en el test más apropiado para la determinación simultánea del P y K en este tipo de suelos.

Investigación Necesaria para Calibrar los Análisis de Suelos.

La información necesaria para calibrar apropiadamente un análisis de suelo para un nutriente, a fin de ajustar las necesidades de fertilizante para determinado cultivo, ha de generarse en ensayos de campo. En estos se estudiará la respuesta de dicho cultivo a sucesivas cantidades del nutriente en cuestión, en suelos con diferente nivel de fertilidad (HAUSER, 1973; HANWAY,

1973). Si se quiere minimizar la variabilidad entre suelos debido a factores ambientales, las parcelas con diferentes niveles de fertilidad deberán situarse en áreas cercanas o bien se crearán artificialmente estos niveles dentro del área experimental.

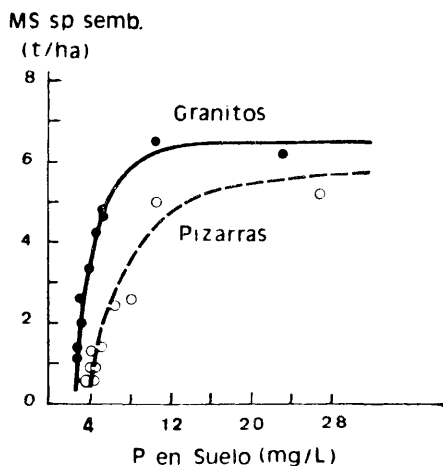


Fig. 5.—Relación entre el nivel de fósforo en el suelo extraíble con bicarbonato sódico y la producción de materia seca de especies sembradas en dos suelos de monte de Galicia.

En el caso de la pradera, como en el de los cultivos permanentes, la situación se complica y generalmente el factorial completo Dosis de fertilizante x Niveles de fertilidad del suelo es inviable en la práctica. En este caso el uso de diseños especiales y el análisis de los datos mediante modelos matemáticos de respuesta es prácticamente la única alternativa. La bondad de la información suministrada dependerá en gran medida del modelo seleccionado para describir las respuestas, por lo cual esta selección ha de hacerse basándose en criterios biológicamente aceptables y no delegar la responsabilidad en índices estadísticos más o menos simples.

EL ABONADO NITROGENADO

Desde hace tiempo en N ha sido considerado como la clave para incrementar la producción de hierba. Más recientemente la inflación experimentada por los precios de los fertilizantes nitrogenados debido al mayor coste del petróleo y a la inexistencia de un proceso de fijación del N más eficiente que el Haber-Bosh,

unida a la implantación de cuotas para la producción de leche, están canalizando la atención hacia sistemas de producción de menor coste, en los cuales el papel del trébol puede ser decisivo.

K en NaCO_3H (1:20, V/V)

(mg/L)

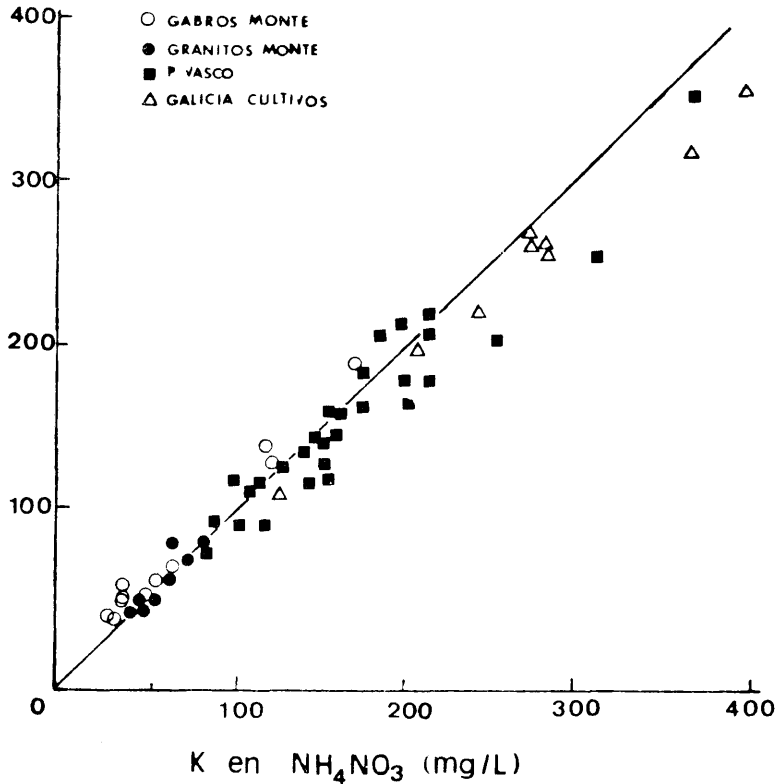


Fig. 6.—Relación entre el K del suelo extraído con una solución 0,5N de NaCO_3H (01 sen, modificado) y con NH_4NO_3 1N para muestras de suelos de diversas zonas del norte de España.

Respuestas al Abonado Nitrogenado

La respuesta al abonado nitrogenado depende en gran medida de la composición botánica del pasto. El rendimiento de una pradera de gramíneas puede incrementarse linealmente con el aporte de hasta 300 Kg N/Ha (MORRISON, 1982). El máximo de respuesta se encuentra entre dosis de 400 y 750 Kg N/Ha, según el número de cortes (MORRISON, 1980; MORRISON y otros 1980).

No obstante, con dosis por encima del 50-60 p. 100 de las mencionadas la respuesta marginal es menor que 10 Kg de materia seca por unidad de nitrógeno aplicada.

En Galicia se han encontrado incrementos lineales del rendimiento hasta los 240 Kg/Ha (GONZÁLEZ, comunicación personal), mientras que en los ensayos llevados a cabo por el ITG del vacuno en Navarra (IRIARTE, 1985) en praderas naturales con escaso contenido de trébol se obtienen rendimientos máximos con dosis que pueden llegar a los 400 Kg/Ha, sin embargo, sólo se consideran rentables las comprendidas entre los 50-100 Kg/Ha repartidas en uno o dos cortes.

En el caso de las praderas mixtas, la respuesta al abonado nitrogenado es bastante más moderada debido a que su rendimiento es mayor cuando no se aplica N que el de las de gramíneas y que las producciones son las mismas para altas dosis (Fig. 7). En las condiciones de Gran Bretaña (MORRISON y otros,

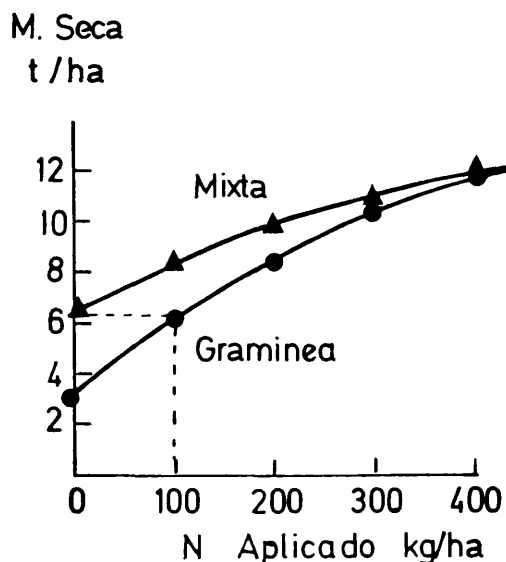


Fig. 7.—Efecto de la aplicación de N sobre la producción en una pradera mixta (Gramíneas + leguminosas) y de gramínea. (MAFF, 1983).

1985) una pradera mixta con un fuerte componente de trébol puede llegar a producir lo mismo que una de gramínea con 400 Kg/Ha. En Galicia las cantidades a aplicar a la pradera de gramínea para igualar la producción de la mixta oscilan entre los

100 y 350 Kg N/Ha (GONZÁLEZ, 1981). En Navarra (IRIARTE, 1985), cuando el contenido de trébol en el pasto es importante, no se encuentran respuestas significativas a la aplicación de N en cuatro años siendo las producciones generalmente superiores a las 10 T/Ha. de materia seca.

Efecto Sobre la Composición Botánica y la Fijación de N.

La aplicación de N a una pradera mixta generalmente afecta al contenido de trébol. En Galicia se ha observado que éste disminuye incluso con dosis de 40 Kg/Ha (GONZÁLEZ, 1982). Sin embargo, su recuperación es posible, aún cuando se hayan aplicado dosis más elevadas, siempre que el manejo posterior tienda a favorecer su desarrollo, y el nivel en el suelo de elementos fertilizantes como el potasio no sea limitante (GONZÁLEZ, comunicación personal). En Galicia se ha demostrado que la aplicación de 200 Kg/Ha. da lugar a una reducción de la fijación de N de 345 a 130 unidades (GONZÁLEZ, 1982).

Estrategia de la Aplicación de N.

La respuesta al N de una pradera de gramínea, en primavera, es de dos a tres veces mayor que en el resto del año, mientras que, en el caso de una mixta la diferencia no es tan grande (MAFF, 1983). Esto hace que en la mayoría de los países el abonado nitrogenado se concentre en la época de primavera, sobre todo en aquellos casos en que el verano suele ser seco o en los que el contenido de trébol del pasto puede garantizar una buena producción en esta época. MORRISON (1982) indica que en pastos con buen contenido de trébol es posible incrementar la eficiencia del pastoreo con aplicaciones de 50 Kg N/Ha a principios de primavera, al permitir adelantar la salida al pasto.

En cuanto al comienzo de la aplicación del N, las recomendaciones suelen basarse en medidas de la temperatura del suelo (por encima de los 5° C, (MAFF, 1983) o en la suma de temperaturas por encima de los 0° C a partir del 1 de enero. En Holanda se aplica N cuando esta suma alcanza el valor 200 (POSTMUS, 1980) y pudiera ser que esto también fuera aplicable a Navarra (IRIARTE, comunicación personal).

OTROS NUTRIENTES

Azufre

En estos últimos tiempos está creciendo el interés del azufre (S) como elemento fertilizante. Las razones son varias (HARDER, 1969): a) una mayor utilización de abonos de alta graduación que contienen poco o nada de S, b) el aumento de los rendimientos de las cosechas cuyas exigencias de elementos nutritivos aumentan consecuentemente, c) una menor utilización del S como fungicida e insecticida y d) el aumento en el consumo de combustibles con bajos contenidos de S en sustitución del carbón y la madera.

En experimentos recientes sobre fertilización con S en Irlanda (MURPHY y otros, 1963) se han encontrado incrementos del 100 % en el rendimiento de materia seca de la hierba a finales de la estación de crecimiento, y en ensayos en pastoreo con terneros frisonos se conseguía incrementar en un 20 % la carga en las parcelas tratadas con 25 Kg S/Ha en marzo y otros 25 Kg en junio.

El efecto del S parece depender del nivel de N en la dieta. Esto ha conducido a la utilización de la relación N/S como índice de diagnóstico de la deficiencia en este elemento. Valores de 34/1 se consideran adecuados para terneros, de 10/1 para ovejas (BRAY, 1969 y de 16/1 para ganado vacuno mayor (PENDLUM y otros, 1976).

Micronutrientes

Según MILLS WILLIAMS (1971): «Los diversos autores tienen tendencia a sostener puntos de vista apasionados sobre la importancia de los micronutrientes en la nutrición. Algunos atribuyen todo desorden no claramente asociado con un patógeno a la deficiencia o toxicidad de un determinado micronutriente. Otros se olvidan de ellos como si fueran irrelevantes en la práctica y suponen que su suministro está asegurado por el medio ambiente». En la actualidad existen revisiones suficientemente extensas sobre el efecto de los micronutrientes en la nutrición de las plantas y animales (AMMERMAN, 1983; LITTLE, 1982) por lo que sólo mencionaremos aquellos casos en los cuales un aporte del elemento como fertilizante haya demostrado un efecto positivo tanto en la producción de pasto como en la producción animal.

En este último caso están el Co y el Se. Se encuentran deficiencias de Co en áreas asociadas con suelos fuertemente lixiviados y de textura arenosa (REID, 1974). En éstos, la adición de 2,2 Kg Co/Ha como fertilizante parece elevar el contenido en la planta por encima de los mínimos exigidos para una adecuada nutrición. En Irlanda (FLEMING, 1983) se asocian a suelos derivados de granitos, areniscas y suelos turbosos y en general a todos los casos en los que el suelo sea rico en Mn. En cuanto a la deficiencia de Se, o enfermedad del músculo blanco, su remedio a través de la aplicación de este elemento al suelo es cuestionable dadas las bajas cantidades necesarias y el riesgo de incurrir en posibles toxicidades.

El efecto de una fertilización con micronutrientes sobre la calidad nutritiva de los forrajes y sobre su productividad no está demasiado documentada (REID, 1974). La utilización del B en alfalfa es una práctica común en los EE. UU. (WOODHOUSE, 1973), encontrándose la máxima respuesta con la aplicación de 2-3 Kg B/Ha, generalmente en forma de Borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, aprox. 11 % B) (MURPHY, 1972). La deficiencia de Mo ha sido detectada en amplias zonas de Australia y Nueva Zelanda (ANDERSON, 1956; DURING, 1972). En España se han encontrado respuestas en el establecimiento del trébol subterráneo en pastizales de Extremadura (JIMÉNEZ y otros, 1980). Estas deficiencias se corrigen con aplicaciones de 50-100 g Mo/Ha ya sea en forma de molibdato amónico (54 % Mo) o sódico (39 %) bien aplicado al suelo o, más frecuentemente, a la semilla, junto con el inóculo (MURPHY, 1972). La deficiencia de cobre suele ser frecuente en suelos con alto contenido de materia orgánica que han sido recientemente puestos en producción (BERGER, 1965; FLEMING, 1978). Aplicaciones entre 10 y Kg/Ha de sulfato de cobre pentahidratado suelen ser suficientes para asegurar un buen suministro a la planta (MURPHY, 1972). En el ganado, la deficiencia de Cu suele producirse en pastos con altos contenidos de S y Mo por la formación de tiomolibdatos que acomplejan al Cu, impidiendo su absorción en el estómago de los animales (SCOTT, 1972; WHITELAW, 1984).

AGRADECIMIENTOS

Parte de los datos que ilustran este trabajo proceden de los proyectos 5915 y 0674/81.C2 financiados por el Instituto Nacio-

nal de Investigaciones Agrarias (INIA) y la Comisión Asesora para la Investigación Científica y Técnica (CAICYT), respectivamente. Deseo agradecer a Marta Rodríguez del SIMA del País Vasco y a Eusebio Iriarte del ITG del vacuno de Navarra sus comentarios sobre los resultados de los ensayos realizados en sus Comunidades Autónomas respectivas; a Amelia Mosquera, Koldo Osoro y Juan Piñeiro sus sugerencias para la mejora del manuscrito original y a Mónica Cabrito por el mecanografiado de éste.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, F. (1978). *Liming and fertilization of Ultisols and Oxisols*. En C. S. Andrew; E. J. Kamprath (eds.). «Mineral Nutrition of Legumes in Tropical and Eubtropical Soils». CSIRO. Melbourne. Australia.
- ALLEY, M. M.; HAWKINS, G. W. (1984). Liming and phosphorus fertilization practices for newly-cleared mineral soils. *Fert. Issues* 1: 34-37.
- AMMERMAN, C. B.; GOODRICH, R. D. (1983). Advances in mineral nutrition in ruminants. *J. An. Sci.* 52: 519-533.
- ANDERSON, A. J. (1956). Molybdenum as a fertilizer. *Adv. Agron.* 8: 163-202.
- ARNON, D. J.; JOHNSON, C. M. (1942). Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. *Plant Physiol.* 17: 525-539.
- BERGER, K. C. (1965). *Introductory Soils*. The MacMillan Co. NY.
- BLACK, C. A. (1968). *Soil Plant Relationships*. 2.^a ed. NY.
- BRAY, A. C.; HEMSLEY, J. A. (1969). Sulphur metabolism of sheep. IV. The effect of a varied dietary sulphur content on some body fluid sulphate levels and on the utilization of urea supplemented roughage in sheep. *Australian J. Agric. Res.* 20: 756.
- COLEMAN, N. T.; CRAIG, D. (1961). The spontaneous alteration of hydrogen clay. *Soil Sci.* 91: 14-18.
- COLEMAN, N. T.; THOMAS, G. V. (1967). *The basic chemistry of soil acidity*. En R. W. Pearson; F. Adams (eds.). «Soil Acidity and Liming». Agronomy 12. Amer. Soc. Agron. Madison. WIS. USA.
- COLEMAN, N. T.; WEED, S. B.; MC CRACKEN, R. J. (1959). Cation exchangeable capacity and exchangeable cations in Piedmont soils of North Carolina. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 23: 146-149.
- COLWELL, J. D. (1967). The calibration of soil tests. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 33: 321-329.
- COOKE, G. W. (1978). Changing concepts on the use of potash. En «Potassium research. Review and trends». *Procs. 11th Cong. Int. Potash Inst.* Berna.

- COX, W. J. (1973). Potassium for pastures. *J. Agric. West. Austr.* 14, 3: 3-7.
- DURING, C. (1972). *Fertilizers and soils in New Zealand farming*. N. Z. Dept. Agric. Bull., núm. 409, Wellington. NZ.
- FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. (1962). Fertilización de las praderas naturales de Galicia y Asturias. *Anal. INIA. Ser. Agric.* 16: 45-55.
- FLEMING, G. A. (1978). *Trace elements in Irish Agriculture*. The Fert. Assoc. Ir., New Ross Com. Workshop, Ireland.
- FLEMING, C. A. (1983). *Aspects of the soil chemistry of cobalt*. En «The significance of Trace Elements in Solving Petrogenetic Problems and Controversies». Theophrastus Pub. Atenas.
- FLOAT, M. J. S. (1977). British Hill Soil problems. *Soil Sci.* 5: 235-331.
- GARCÍA, P.; MOMBIELA, F.; MOSQUERA, A. (1986). Efectos del encalado sobre la composición química de praderas establecidas en terrenos «a monte». I. Calcio y fósforo. Enviado para su publicación a Investigaciones Agrarias.
- GARCÍA, P.; MOMBIELA, F.; MOSQUERA, A. (1986). Efectos del encalado sobre la composición química de praderas establecidas en terrenos «a monte». II. Magnesio, sodio, potasio, aluminio y cobre. Enviado para su publicación a Investigaciones Agrarias.
- GÓMEZ-IBARLUCEA, C.; GARCÍA, A.; PRIETO, V.; GONZÁLEZ, E. (1981). Fertilización fosfo-potásica en praderas naturales de Galicia y Asturias. *Anal. INIA. Ser. Agric.* 16: 45-55.
- GONZÁLEZ, A. (1982). Respuesta de la pradera mixta a la aplicación nitrógeno. Fijación de nitrógeno. *Pastos XII*, 1: 107-117.
- GONZÁLEZ, A. (1986). El trébol blanco y el fertilizante nitrogenado como fuentes de nitrógeno para la pradera. *XXVI Reunión Cient. SEEP*. Oviedo.
- HAUSER, G. F. (1973). *The calibration of soil tests for fertilizer recommendations*. FAO soils bull. 18. Roma.
- HANWAY, J. J. (1973). *Experimental methods for correlating and calibrating soil tests*. En L. M. Walsh; J. D. Beaton (eds.). «Soil Testing and Plant Analysis». Soil Sci. Soc. Amer. Madison. WIS.
- HARDER, R. W. (1969). Sulphur fertilizer in the Pacific Northwest, 1955-1968. *Sulphur. Ints. J.* 5: 11-12.
- HIGNETT, S. L.; HIGNETT, P. G. (1951). The influence of nutrition on reproductive efficiency in cattle. 1. The effect of calcium and phosphorus intake on the fertility of cows and heifers. *The Veterinary Record*. 63: 603-609.
- IRIARTE, E. (1985). Abonado en praderas. *Navarra Agraria*. 9: 57-69.
- JARVIS, S. C. (1984). Acid soils. Grassland Research Institute Report 1983-1984.
- JIMÉNEZ MOZO, J.; MARTÍNEZ, A. T.; LIBRAN, D. (1980). Consideraciones sobre las necesidades nutritivas referentes a elementos secundarios y oligoelementos en praderas sembradas y pastos naturales en Extremadura. *Anal. INIA, Ser. Prod. Veg.* 12: 71-85.

- KAMPRATH, E. J. (1972). *Soil acidity and liming*. En «Soils on the Humid Tropics». Nat. Acad. Sci. Washington. DC.
- KAMPRATH, E. J.; WATSON, M. E. (1980). *Conventional soil and tissue tests for assesing the phosphorus status of soils*. En F. E. Khasawneh; E. C. Sample; E. J. Kamprath (eds.). «The Role of Phosphorus in Agriculture». ASA, CSSA, SSA. Madison, WIS.
- KARLOVSKY, J. (1975). How much phosphate do we really need? *Agric. Sci.* 9: 149-161.
- KEMP, A.; T'HART, M. L. (1957). Grass tetany in grazing milking cows. *Neth. J. Agric. Sci.* 5: 4-17.
- LITTLE, D. A. (1982). *Utilization of minerals*. En J. B. Hacker (ed.). «Nutritional Limits to Animal Production from Pastures». Farnham Royal. Com. Ag. Bur. Londres. RU.
- MENÉNDEZ DE LUARCA, S.; KARLOVSKY, J.; RATERA, C. (1974). Estudio comparativo de métodos de mejora de praderas en el Norte de España. *Pastos* 4, 1: 19-30.
- MIDDLETON, K. R. (1973). Estimation of the fertiliser rate for maintaining pasture production. *N.Z. soil News* 21, 1: 17-22.
- MILLS, C. F.; WILLIAMS, R. B. (1971). Problems in the determination of the trace element requeriments of animals. *Nutr. Soc. Proc.* 30: 83-91.
- MINISTRY OF AGRICULTURE FISHERIES and FOOD (MAFF) (1979). *Fertilizer recommendations for agricultural and horticultural crops*. Londres. RU.
- MINISTRY OF AGRICULTURE FISHERIES and FOOD (MAFF) (1983). *Nitrogen for grassland*. ADAS, booklet 2042. Londres. HMSO.
- MOMBIELA, F.; MATEO, M. E. (1982). Efectos del encalado sobre el rendimiento de la pradera y sobre el pH, el Al cambiabile y la CIC efectiva del suelo en dos tipos de suelos ácidos de Galicia. *Anales INIA. Ser. Agric.* 25: 129-143.
- MOMBIELA, F.; MOSQUERA, A. (1986). Pastures responses to P and K on reclaimed scrubland of Galicia (NW Spain). *Proc. Int. Symp. Eur. Grass. Fed.* Setubal, Portugal.
- MOMBIELA, F.; NELSON, L.; FERNÁNDEZ, A.; GONZÁLEZ ANDÚJAR, R. L. (1986). Residual soil P values for perennial pastures on reclaimed scrubland from Galicia (NW Spain). *Fert. Res.* (en prensa).
- MORRISON, J. (1980). The influence of climate and soil on the yield of grass and its response to fertiliser N. En «The Role of Nitrogen in Intensive Grassland Production». *Eur. Grass. Fed. Int. Symp.* Wageningen.
- MORRISON, J.; JACKSON, M. V.; SPARROW, P. E. (1980). *The response of perennial ryegrass to fertilizer N in relation to climate and soil*. Report of the joint ADAS/GRI grassland manuring Trial-GM20. GRI Tech. Report 27 Hurley.
- MORRISON, J.; DENEHY, H. L.; CHAPMAN, P. F. (1982). Possibilities for the strategic use of fertiliser N on white clover/grass swards. *Procs. 9th Gen. Meetg. Eur. Gras. Fed.* A. J. Corral (ed.). Brit. Gras. Soc. GRI. Hurley. RU.
- MORRISON, J.; NEWTON, J. E.; SHELDRIK, O. B. E. (1985). *Management and utilization of white clover*. Information Leaflet, núm. 14. AGRI. North Wyke, Devon. RU.

- MURPHY, L. S.; WALSH, L. M. (1972). *Correction of micronutrient deficiencies with fertilizers*. En J. J. Mortvedt; P. M. Giordano; W. L. Lindsay (eds.). «Micronutrients in Agriculture». Soil Sci. Soc. Amer. Madison. WIS.
- MURPHY, M. D.; BROGAN, J. D.; NOONAN, D. G. (1963). *An evaluation of sulphur fertilization with grazing cattle*. The Agric. Inst. Johnstown Castle Res, Contr.
- OZANE, P. G. (1980). *Phosphate nutrition of plants. A general treatise*. En F. E. Khasawneh; E. S. Sample; E. J. Kamprath (eds.). «The Role of Phosphorus in Agriculture». SSSA. Madison WIS.
- PEARSON, R. W.; HOVELAN, C. S. (1974). *Lime needs for forage crops*. En D. A. Mays (ed.). «Forage Fertilization». ASA, CSSA, SSSA, Madison, WIS.
- PENDLUM, L. C.; BOLING, J. A.; BRADLEY, N. W. (1976). Plasma and ruminal constituents and performance of steers fed different nitrogen sources and levels of sulphur. *J. Anim. Sci.* 43: 1307.
- PIERRE, W. H. (1931). Hydrogen-ion concentration, aluminium concentration in the soil solution, and percent base saturation as factors affecting plant growth in acid soils. *Soil Sci.* 31: 183-207.
- PIÑEIRO, J.; GONZÁLEZ, E.; PÉREZ, M. (1977). *Acción del fósforo, potasio y cal en el establecimiento de praderas en terrenos procedentes de monte*. III Seminario INIA/SEA sobre Pastos, Forrajes y Producción Animal. INIA. Mabegondo. La Coruña.
- POSTMUS, J.; SCHEPERS, J. H. (1980). Temperature sum and date of spring application of nitrogen on grassland. Results in the Netherlands. En H. Prins; G. H. Arnold (eds.). «The Role of Nitrogen in Intensive Grassland Production». *Procs. Int. Symp. Eur. Gras. Fed.* Wageningen. The Netherlands.
- REID, R. L.; JUNG, G. A. (1974). *Effects of elements other than nitrogen on the nutritive value of forage*. En D. A. Mays (ed.). «Forage Fertilization». ASA, CSSA, SSSA. Madison. WIS.
- REID, R. L., HORVATH, D. J. (1980). Soil chemistry and mineral problems in farm livestock, a review. *An. Feed Sci. Tech.* 15: 95-167.
- REMÓN, J. (1974). Ensayos de abonado en prado natural en Santander. *Pastos* 4, 1: 42-52.
- RUSSEL, E. W. (1973). *Soil conditions and Plant Growth*. 10.^a ed. Longmans. Londres. RU.
- SÁNCHEZ, P. A.; HUEHARA, G. (1980). *Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity*. En F. E. Khasawneh; E. C. Sample; E. J. Kamprath (eds.). «The Role of Phosphorus in Agriculture». ASA, CSSA, SSSA. Madison, WIS.
- SCOTT, M. L. (1972). *Trace elements in animal nutrition*. En P. P. Mortvedt; P. M. Giordano; W. L. Lindsay (eds.). «Micronutrients in Agriculture». Soil Sci. Soc. Amer. Madison. WIS.
- TISDALE, L. T.; NELSON, W. L. (1975). *Soil Fertility and Fertilizers*. 3.^a ed. MacMillan Publishing Co. Inc. New York.
- VIETS, F. G. (1977). A perspective on two centuries of progress in soil fertility and plant nutrition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 242-249.

- VLAMIS, J. (1953). Acid soil infertility as related to soil solution and soil phase effects. *Soil Sci.* 75: 383-394.
- WHITELAW, A. (1984). Trace elements in relation to animal production from improved hill pastures. Hill Land Symp. Galway. Ir.
- WISE, M. B.; ORDOVEZA, A. L.; BARRICK, E. R. (1963). Influence of variations in dietary calcium/phosphorus ratios on performance and blood constituents of calves. *J. Nutr.* 79: 79.
- WOODHOUSE, W. W.; GRIFFITH, W. K. (1973). *Soil fertility and fertilization of forages*. En M. E. Griffith; D. S. Metcalfe; R. E. Barnes (eds.). «Forages. The Science of Grassland Agriculture». The Iowa Univ. Press. Ames. I.

THE IMPORTANCE OF FERTILIZATION UPON PASTURE PRODUCTION IN HUMID SPAIN

SUMMARY *

Although the existent evidence suggests that pasture fertilization would result in considerable dry matter yield increases, the investment in fertilizer in most livestock enterprises is very low. Narrow gross margins and poor utilization of the extra grass produced are the main causes. The challenge of modern agricultural research is to generate information that could be used at the system level. The objective of the present paper is to show the importance of fertilization in pasture production in the humid area of Spain.

Lime needs to maintain high yields are much lower than suggested by classical laboratory tests. Aluminum percentage in soils seems a more relevant figure than soil pH. Lime is mostly important in pasture establishment. Limited responses occur in native pasture communities.

Phosphorus is the most limiting nutrient for pasture establishment in Hill Lands. Pasture response takes place up to very high rates of applied P at establishment, but maintenance fertilization can be greatly reduced due to the residual effect of past fertilizations. Although no responses to K application are usually detected at establishment, legume persistence depends largely on an adequate supply of this nutrient.

Price inflation in nitrogen fertilizers as well as recent evidence pointing at the better efficiency of conversion in animal products of grass/legumes vs grass only pastures is shifting emphasis in nitrogen research towards the study of legumes, notably white clover. A sensible nitrogen fertilization policy would seek a compromise between yield increase and maintenance of a convenient legume proportion.

Results of some recent work about sulphur an micronutrient fertilization based mainly on experience accumulated abroad are briefly discussed.

* KEY WORDS: Animal production systems, acid soils, liming, aluminium toxicity, phosphorus, residual effect, potassium, microelements, soil test calibration.