

# Respuesta a seis dosis de P y de cal en el establecimiento de praderas permanentes en dos tipos de suelos gallegos a monte

FRANCISCO A. MOMBIELA y M.<sup>a</sup> ELISA MATEO

INIA - CRIDA 01. Apdo. 10 (La Coruña)

## RESUMEN

*La deficiencia en P y la acidez son dos de los componentes de la fertilidad química del suelo, que más limitan el establecimiento de praderas permanentes en terrenos gallegos a monte. En este trabajo se examina el efecto de 6 dosis de P (0, 10, 20, 40, 80 y 160 Kg. P/Ha. y 6 de cal (0; 0,75; 1,5; 3; 6 y 12 Tm. CO<sub>3</sub>Ca/Ha.) sobre la producción de materia seca de una pradera mixta (raigrás inglés, raigrás italiano, trébol blanco y trébol violeta) en un suelo sobre granito (M. San Antón) y otro sobre pizarra (M. Curra); también se estudia su relación con ciertas propiedades químicas del suelo como el P extraíble con bicarbonato sódico, el pH, el Al cambiante y el porcentaje de Al cambiante en la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) del suelo.*

*La deficiencia en P parece ser factor más limitante que la acidez. El P limita tanto el desarrollo de las especies sembradas como el de las espontáneas mientras que estas últimas se desarrollan adecuadamente en las parcelas sin cal.*

*En ambos suelos se encuentra respuesta al P en todo el rango experimental. La producción de la pradera por unidad de fertilizante disminuye a partir de los 40 Kg. P/Ha. (92 Kg. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha.). Esta dosis sería el mínimo aconsejable para un buen*

establecimiento. El 90 % del rendimiento máximo se consigue con 80 Kg. P/Ha. (184 Kg.  $P_2O_5$ /Ha.) en M. San Antón y 125 (288  $P_2O_5$ ) en M. Curra, respectivamente.

Con la dosis mínima de 40 Kg. P/Ha. el nivel de P extraíble con bicarbonato sódico es de 7,5 mg.  $L^{-1}$  en M. San Antón y 5 mg.  $L^{-1}$  en M. Curra. El 90 % del rendimiento máximo requiere 11 y 12 mg.  $L^{-1}$ , respectivamente.

La cantidad mínima de cal para un buen establecimiento de la pradera se sitúa alrededor de las 2 Tm./Ha. de  $CO_3Ca$ , pudiéndose incrementar el rendimiento hasta un 20 % más en M. San Antón y en un 50 % en M. Curra con la dosis máxima estudiada. En estos suelos la toxicidad del aluminio parece ser el componente de la acidez del suelo que más limita el crecimiento de la pradera. El % cambiante en la CICE expresa mejor la respuesta a la cal que el pH, recomendándose su uso para la determinación de las necesidades de la misma. Con la dosis mínima de 2 Tm./Ha., el % Al en estos suelos se disminuye hasta un 40 %. Para rebajarlo hasta un 10 %, ambos suelos necesitan de unas 4,5 Tm./Ha. de cal.

## INTRODUCCIÓN

La falta de fertilidad de los suelos gallegos a monte es uno de los principales factores a tener en cuenta a la hora de decidir la transformación del monte en pastos.

Entre los factores que contribuyen a la escasa fertilidad química de estos suelos destacan: 1) La pobreza en bases y fósforo de las principales rocas madres del suelo (granito y esquistos). 2) La pluviosidad abundante y concentrada en los meses de menor evapotranspiración, favoreciendo el lavado del suelo y 3) La exportación de nutrientes que supone la tradicional utilización del tojo como cama para el ganado. La acción combinada de estos tres factores determina la principal característica química de los suelos gallegos, la acidez. El efecto nocivo de la acidez sobre la vegetación no es debido a la acción directa de la concentración de hidrogeniones, sino a causas secundarias entre las cuales destacan la escasez de calcio y P y la toxicidad de Al y Mn (RUSSELL, 1950).

Ya en 1927 las experiencias llevadas a cabo en Galicia (ANON, 1927), resaltaban la importancia de la necesidad de P y de cal, uno de los aspectos fundamentales de la fertilidad química de los suelos gallegos. Posteriormente con las nuevas técnicas de análisis instru-

mental se llevó a cabo un intenso trabajo de caracterización química (MUÑOZ TABOADELA, 1965, C.S.I.C., 1967; SÁNCHEZ et al., 1967) confirmándose en cuanto a fertilidad se refiere las observaciones de aquellas primeras experiencias. En estos últimos años, debido a la necesidad de contar con datos reales sobre dosis de abonado, la investigación sobre fertilidad de suelos en Galicia, vuelve a orientarse hacia los ensayos de campo, en los cuales la respuesta de las plantas al abonado se estudia dentro de un marco próximo al de una aplicación práctica. Las técnicas modernas de experimentación permiten el análisis de datos afectados por errores experimentales, circunstancia que no se daba en el pasado.

En 1977 (PIÑEIRO et al., 1977) aparecen publicados los resultados de una primera red de ensayos de campo realizada con el fin de adquirir un conocimiento práctico de las exigencias nutricionales de una pradera establecida en terrenos a monte. Estos resultados ponen claramente de manifiesto la importancia del abonado fosfórico en la implantación de la pradera con respuestas apreciables en todo el intervalo experimental (0 a 210 Kg.  $P_2O_5$ /Ha.). Se recomiendan provisionalmente dosis de 100 Kg.  $P_2O_5$ /Ha. para las zonas frías del interior y de 150 Kg.  $P_2O_5$ /Ha. para la zona costera. En cuanto a las necesidades de cal se comprueba que la pradera se establece adecuadamente con dosis de 2,5 Tm./Ha. de calizas molidas (80 %  $CO_3Ca$ ), no encontrándose respuesta apreciable por encima de las 5 Tm./Ha. Estas cantidades de cal son notablemente inferiores a las necesarias para elevar el pH del suelo a 6,5 (MUÑOZ TABOADELA, 1965). El conocimiento sobre la acidez del suelo ha evolucionado considerablemente durante este último cuarto de siglo (BOHN et al., 1977), destacándose la importancia del aluminio en la química de los suelos ácidos. Estos avances en el conocimiento de la acidez tienen su repercusión en la metodología de las recomendaciones de cal, tendiéndose en la actualidad a dirigir el encalado hacia la neutralización del Al de cambio en lugar de tratar de llevar el suelo a un determinado pH (KAMPRATH, 1971). Las necesidades de cal basadas en el primer criterio suelen ser bastante inferiores a las determinadas mediante el segundo (REEVE y SUMNER, 1976; KAMPRATH, 1978).

Una vez obtenida la información de base se hace necesario sistematizar las recomendaciones de abonado haciéndolas extensivas a una amplia gama de situaciones edáficas y climáticas y ajustándolas a diferentes niveles de fertilidad.

Es asimismo importante, evaluar agronómicamente el efecto residual del abonado a fin de poder elaborar estrategias de fertilización a largo plazo. Teniendo esto en cuenta, se inició en 1980 una segun-

da red de ensayos de campo que amplía la anterior y en la cual se incluye: 1) Un mayor número de niveles a fin de poder caracterizar mejor la curva de respuesta y 2) Más parcelas a fin de evaluar efectos residuales. El efecto del abonado se estudia simultáneamente sobre las praderas y sobre el suelo a fin de calibrar los análisis del suelo, y generalizar, mediante éstos, las recomendaciones de abonado a diferentes niveles de fertilidad dentro de cada zona. En el caso de la cal se trata asimismo de contribuir con datos de campo a la actualización de la teoría sobre encalado.

En este trabajo se presentan los resultados de los ensayos de P y cal establecidos en dos suelos de Galicia, uno sobre granito (M. San Antón) y otro sobre pizarras (M. Curra). Se estudia la respuesta de la pradera al P y el efecto de las dosis de P sobre el nivel en el suelo extraíble con bicarbonato sódico 0,5 M. Asimismo, se estudia la respuesta de la pradera a la cal y el efecto de las dosis de cal sobre el pH, y el Al de cambio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Detalles de los lugares de ensayos, manejo, controles y todos los análisis empleados aparecen en otro trabajo (MOMBIELA y MATEO, 1982), en el cual se tratan específicamente los ensayos de cal.

Los ensayos se establecen en dos suelos naturales uno sobre pizarras (M. Curra) y otro sobre granito (S. San Antón), de la provincia de La Coruña, situado a unos 650 y 450 m. sobre el nivel del mar, respectivamente. Ambos se encuentran en la zona con menor déficit hídrico de Galicia. El monte en M. San Antón se componía de matorral de «Xesta» (*Cytisus sp.*) en el ensayo de cal y de brezo (*Calluna vulgaris*) y tojo (*Ulex europaeus* y *U. Gallii*) en el P. En M. Curra el monte era básicamente de tojo.

El desbroce se realizó mediante corte de matorral M. Antón y quema del mismo en M. Curra, siguiendo labores con ganchos, grada, fresadora y compactación con rulo.

La unidad experimental está formada por parcelas de 8 x 5 m.<sup>2</sup> subdivisibles en 4 subparcelas de 2 x 5 m.<sup>2</sup> para estimación de efectos residuales. El diseño del experimento de cal en M. Antón y M. Curra y el del P. en M. Curra es en bloques al azar con 5 bloques y 6 parcelas de 40 m.<sup>2</sup> por bloque. En M. Antón el ensayo de P se diseñó en cuadrado latino 6 x 6. Los tratamientos de cal consistían en 6 niveles: 0; 0,75; 1,5; 3; 6 y 12 Tm/Ha. de cal en forma de caliza molida (80 % CO<sub>3</sub>Ca). Los tratamientos de P se aplicaron en

forma de superfosfato granulado (18 %) y consistían en 6 dosis: 0, 10, 20, 40, 80 y 160 Kg. P/Ha. Todas las parcelas recibieron un tratamiento basal de los siguientes fertilizantes (Kg./Ha.): sulfato de potasa, 200; borax, 11; sulfato de cinc, 5; molibdato amónico, 0,125; sulfato de cobalto, 0,3, y sulfato de cobre, 4. Los ensayos de cal recibieron además 800 Kg./Ha. de superfosfato y los de P 6,25 Tm/Ha. de calizas molidas.

En otoño de 1980, se sembró una pradera mixta compuesta por las siguientes especies (Kg./Ha.): raigrás inglés (*Lolium perenne*) 24, raigrás híbrido (*Lolium hybridum* Haussk) 4, trébol blanco común (*Trifolium repens*) 2, trébol blanco ladino (*Trifolium repens*) 1 y trébol violeta (*Trifolium pratense*) 4.

Durante el año de establecimiento se efectuaron tres muestreos de suelo en cada parcela individual, uno al mes de la siembra, otro un mes antes del primer corte de primavera (15 de mayo y 15 de junio en M. Antón y M. Curra, respectivamente), y otro entre el primero y segundo corte. Las muestras correspondientes a los ensayos de P se analizaron para P extraíble con bicarbonato sódico 0,5 M (OLSEN et al., 1954) y las correspondientes a los ensayos de cal para pH y Al, Ca, Mg y K cambiabile con  $\text{Cl}_2\text{Ba}$  0,6 N. El porcentaje de saturación de aluminio en la capacidad e intercambio catiónico efectiva (CICe) se define mediante la expresión  $100 \text{ Al}/(\text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K})$ .

La hierba se cortó dos veces en M. Antón (15-V y 15-VI, respectivamente), y tres en M. Curra (15-VI, 30-VII y 15-XI). La producción en verde se midió en el campo tomándose submuestras para determinación de composición botánica y % de humedad.

Los datos de campo se procesaron mediante técnicas de análisis de varianza clásico. Las respuestas se examinaron mediante ajuste: 1) De modelos de regresión segmentados (MOMBIELA y MATEO, 1982), consistentes en dos líneas que se cortan de la forma siguiente:

$$Y = b_0 + b_1 X + b_2 (x - x_c) I^*$$

donde:

- $b_0$  = Ordenada en el origen.
- $b_1$  = Pendiente de la primera recta.
- $b_2$  = Diferencia entre la pendiente de la segunda recta y la de la prima ( $b_1$ ).
- $x_c$  = Abcisa del punto de corte.
- $Y$  = Rendimiento en materia seca (Tm./Ha.).
- $x$  = Nivel de P o cal empleado (Kg./Ha. o Tm./Ha., respectivamente).

$I^* =$  Variable binaria ( $=0$  para  $x - x_c < 0$ ;  $= 1$  para  $x - x_c > 0$ ).

y 2) Modelos exponenciales y cuadráticos, siendo normalmente los segmentados los que ofrecían mejor ajuste.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características químicas originales de los suelos estudiados se detallan en otro trabajo (MOMBIELA Y MATEO, 1982). En breve, son de destacar los bajos contenidos en P y bases de cambio en ambos suelos y un alto contenido en Al con saturaciones por Al del complejo de cambio del 84 % en M. San Antón y del 76 % en M. Curra, el pH era de 4,6 y 4,9, respectivamente.

### *Incidencia relativa de la falta de Cal y P sobre la Producción de Materia Seca*

En la figura 1 se esquematiza el efecto de la falta de cal y P sobre la producción de pasto en los dos ensayos. El rendimiento se expresa como porcentaje del rendimiento máximo de materia seca total obtenido en cada ensayo, a fin de hacer los resultados comparables.

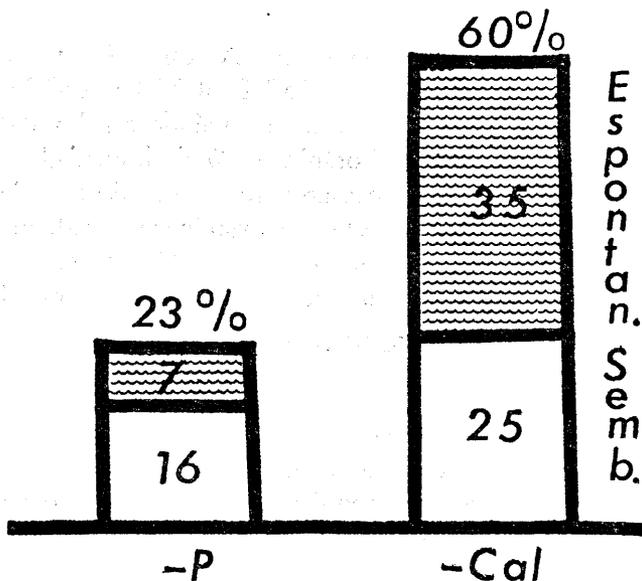


Figura 1.—Incidencia relativa de la falta de P y de Cal sobre el rendimiento de materia seca de especies sembradas y espontáneas expresado como porcentaje del rendimiento máximo. Valores medios de los dos suelos estudiados.

La producción de materia seca de especies sembradas en las parcelas sin P es un 16 % del máximo, mientras que en las parcelas sin cal alcanza el 25 %. La diferencia más notable aparece, no obstante, en el caso de las especies espontáneas que tienen un rendimiento del 7 % en las parcelas sin P frente a un 35 % en las parcelas sin cal. Estas especies contribuyen en gran medida al rendimiento total de las parcelas sin cal que alcanza el 60 % del máximo cuando el rendimiento total de las parcelas sin P es sólo del 23 %.

En condiciones de acidez las especies espontáneas compiten favorablemente con las sembradas (RUSSELL, 1973). En nuestro caso, estas especies invaden las parcelas con dosis bajas de cal, pero así como en éstas el suelo queda prácticamente cubierto de hierba, en el caso de las parcelas sin P aparece gran cantidad de suelo desnudo. Estos resultados sugieren que en los suelos estudiados la falta de P es un limitante mayor de la producción que la falta de cal y que así como parece haber especies espontáneas adaptadas a la acidez no las hay que estén adaptadas a la escasez de P.

#### *Efecto de la Aplicación de P*

La respuesta de la pradera a la aplicación de P es acusada en ambos casos (Fig. 2), apareciendo el suelo prácticamente desnudo en la parcela sin P, mientras que en las parcelas con dosis máximas el rendimiento en materia seca era de 4,2 Tm./Ha. en M. San Antón y 5,3 Tm./Ha. en M. Curra. Desde el punto de vista de calidad de la pradera ésta podría considerarse adecuadamente establecida a partir de la cuarta dosis de P (40 Kg. P/Ha.), contando estas parcelas con un buen equilibrio entre las gramíneas y leguminosas, mientras que el trébol escaseaba en las parcelas abonadas con dosis inferiores. No obstante, el rendimiento de las parcelas con dosis máximas de P. superaba al de las parcelas con 40 unidades en un 24 % en M. San Antón y en un 30 % en M. Curra, siendo necesarias aplicaciones de 80 y 120 Kg. P/Ha. en M. San Antón y M. Curra, respectivamente, para conseguir el 90 % del rendimiento máximo.

El nivel de P en el suelo extraíble con bicarbonato sódico parece estar suficientemente equilibrado a los 8 meses de su aplicación (tercer muestreo). El efecto del P aplicado sobre el P extraíble a los 8 meses (Fig. 2) sólo empieza a destacarse a partir de la cuarta dosis (40 Kg. P/Ha.). Con esta cantidad el nivel medio de P extraíble era de 7,5 mg. L<sup>-1</sup> en M. San Antón y de 5 mg. L<sup>-1</sup> en M. Curra. El 90 % del rendimiento máximo requeriría niveles de 11 y 12 mg. L<sup>-1</sup> en M. San Antón y M. Curra, respectivamente. Esta

falta de sensibilidad el extractante a dosis bajas de P no puede atribuirse a una mala distribución del fertilizante, ya que la producción era bastante uniforme en todas las parcelas y se tomó un número adecuado de muestras de suelo por parcela. El hecho de que la pradera sí acusa estas diferencias significa que la falta de sensibilidad antes señalada es una característica propia del extractante.

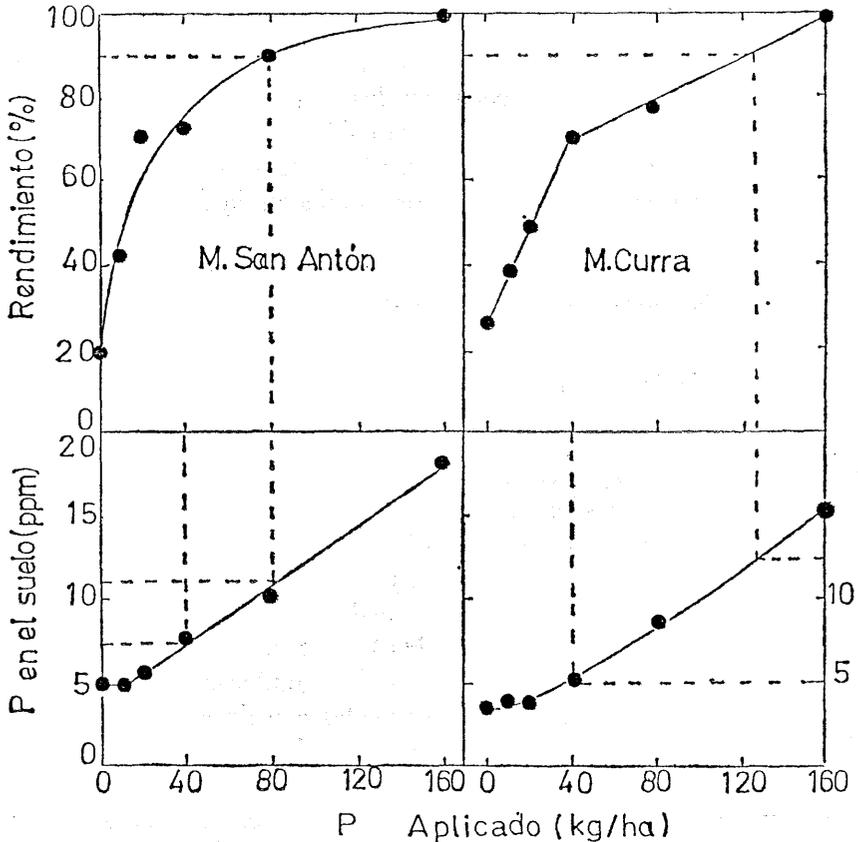


Figura 2.—Efecto del P aplicado sobre el rendimiento en materia seca y sobre el P del suelo extraíble con bicarbonato sódico, en M. San Antón y M. Curra.

Es de sospechar que la mayor eficiencia en la producción de materia seca por unidad de P en el intervalo de las dosis más bajas sea debido a un incremento del P en solución. La cantidad de P en solución (factor intensidad) es muy pequeño en comparación con la absorbida (factor capacidad) (WILLIAMS, 1967), por lo cual pequeños incrementos en la intensidad de P en solución pasarían desapercibi-

dos. Para comprobar esto se está poniendo a punto una técnica de análisis de P en el suelo que aproxime mejor las condiciones de la solución del suelo, ya que el bicarbonato sódico 0,5 M, como la mayoría de los extractantes empleados, miden tanto el P en solución como una parte (desconocida) del P absorbido (WILLIAMS, 1967).

### Efecto del encalado

Dado que en las parcelas con dosis bajas de cal la invasión de especies espontáneas dificultaba la interpretación de la respuesta, se decidió trabajar exclusivamente con especies sembradas. La respuesta de éstas a la cal es acusada en ambos suelos (Fig. 3), apreciándose un punto singular en las dosis de 2,4 Tm./Ha. en M. Antón y en la de 1,5 Tm./Ha. en M. Curra. Estos puntos separan aquellas parcelas que gozan de un buen equilibrio de especies de aquellas en las cuales existen abundancia de especies espontáneas y el trébol no está adecuadamente establecido. Por encima de esta dosis el rendimiento puede incrementarse en un 20 % en M. Antón y en un 50 % en M. Curra si se llega a la dosis máxima de 12 Tm./Ha.

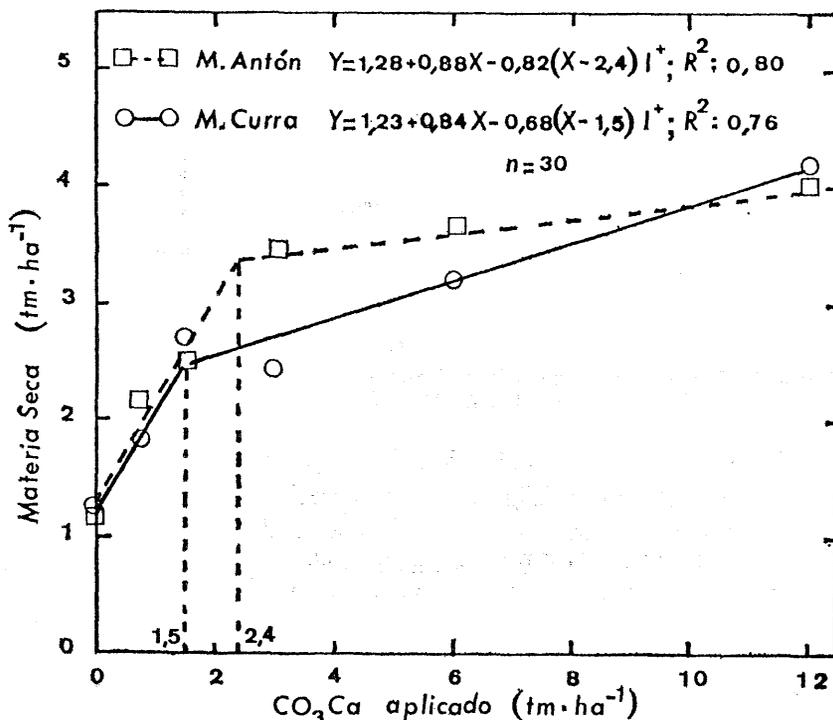


Figura 3.—Efecto de la cal sobre el rendimiento en materia seca de especies sembradas en M. San Antón y M. Curra.

Dado que los análisis de suelo del segundo y tercer muestreo eran similares se consideró que la cal había reaccionado suficientemente al cabo de los 6 meses (segundo muestreo), por lo cual se seleccionaron los datos referentes a este muestreo para estudiar el efecto de la cal sobre las propiedades químicas del suelo.

El efecto de la cal sobre el pH y sobre el % Al en el complejo de cambio se ilustra en la figura 4 para M. Curra.

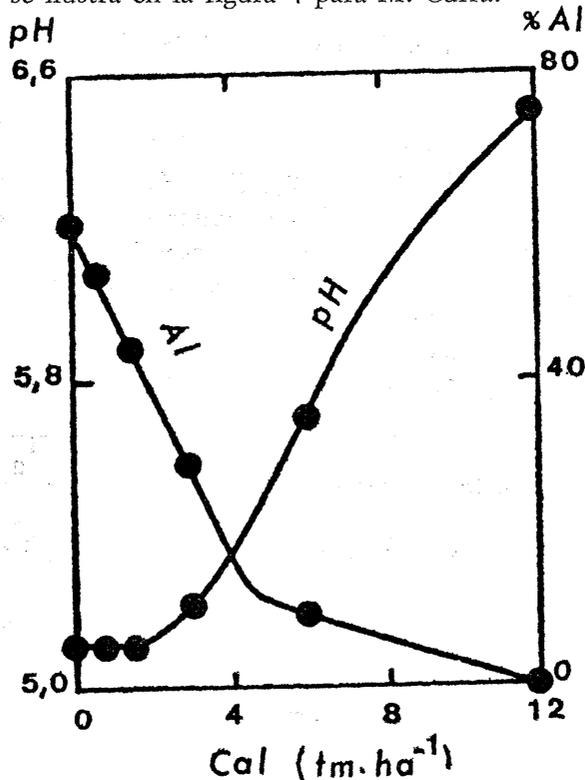


Figura 4.—Efecto de la cal sobre el pH y el porcentaje de Al en el complejo de cambio ( $100 \text{ Al/Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$ ), en M. Curra.

El efecto de las dosis bajas de cal (0, 0,75 y 1,5 Tm./Ha.) que es acusado por la pradera (Fig. 3), no es apreciado por el pH que sólo empieza a incrementar a partir de la cuarta dosis (3 Tm./Ha.). El porcentaje de Al en la CICE es mucho más sensible al efecto de las dosis bajas que al de las altas, al igual que la pradera, lo cual claramente parece indicar que en estos suelos el efecto nocivo de la acidez es debido a la toxicidad de Al.

La pradera se establecía adecuadamente con contenidos mayores de Al de cambio en M. San Antón que en M. Curra. Esto es probablemente debido al mayor contenido en materia orgánica de aquél,

dato que la materia orgánica compleja Al, disminuyendo su actividad en solución (HARDGROVE y THOMAS, 1981). El porcentaje de Al en la CICE era mucho más consistente de un suelo a otro que el contenido en Al de cambio (Fig. 5). A las dosis de cal correspondien-

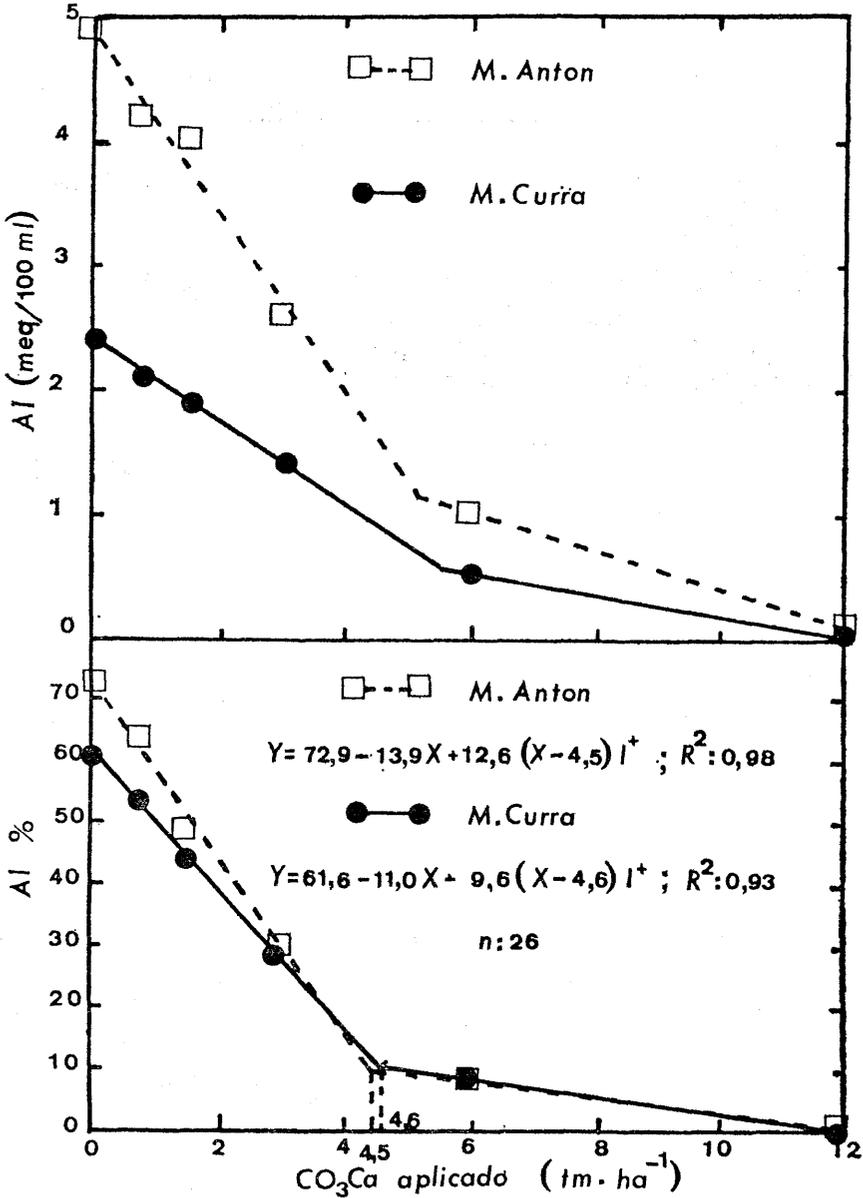


Figura 5.—Efecto de la cal sobre el Al de cambio y sobre el porcentaje de Al en el complejo de cambio ( $100 \text{ Al}/\text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$ ) en M. San Antón y M. Curra.

tes a los puntos singulares de las curvas de respuesta de la pradera (que se podrían considerar como las dosis mínimas a recomendar para el establecimiento) el porcentaje de saturación de Al se encontraría alrededor del 40 %. Un criterio recomendación cuando las disponibilidades de capital son limitadas podría ser por lo tanto el de encalar para rebajar el porcentaje de Al de cambio hasta el 40 %. Según este criterio las dosis de cal a recomendar serían de 2,4 Tm./Ha. en M. Antón y 1,5 en M. Curra. Otro criterio podría ser el de encalar hasta rebajar el porcentaje de Al por debajo del 10 % (que coincide con el punto singular de la respuesta del porcentaje de Al a la cal, figura 4), para lo cual ambos suelos necesitarían del orden de 4,5 Tm./Ha.

A partir de la relación % Al - Dosis de cal se puede construir ábacos para recomendar encalados según el % Al actual y el deseado. En la figura 6 se presenta un ejemplo tomando la media de las relaciones % Al - Dosis de cal para M. San Antón y M. Curra.

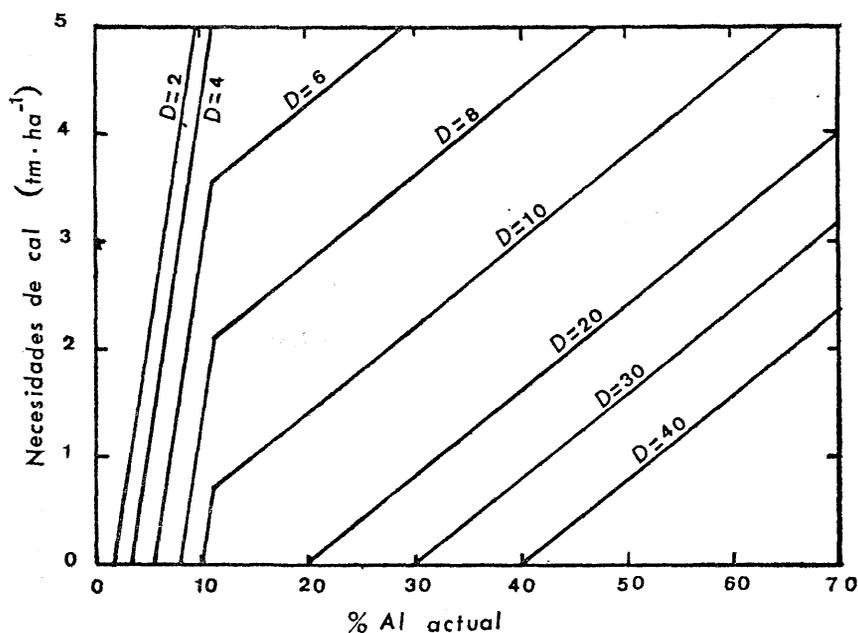


Figura 6.—Necesidades de cal según el porcentaje de aluminio actual del suelo y el porcentaje deseado (D).

## CONCLUSIONES

Los resultados de los ensayos, antes expuestos, ponen claramente de manifiesto la importancia fundamental del P y de la cal en el

establecimiento de la pradera en terrenos a monte. Los suelos estudiados están verdaderamente «hambrientos» de fósforo y contienen niveles tóxicos de Al.

La cantidad de cal necesaria para aliviar esta toxicidad de Al y permitir un adecuado desarrollo de la pradera es francamente menor que la necesaria para elevar el pH del suelo a 6,5 (MUÑOZ TABOADELA y GUITIAN OJEA, 1962). Este hecho es de singular trascendencia a la hora de considerar la economía de la transformación del monte en pastos. En casos en los cuales existe limitación de capital (como es el caso de Galicia) un criterio de encalado mínimo parece más adecuado que un criterio de encalado óptimo. El pH del suelo no responde suficientemente a este encalado mínimo, lo cual por otra parte es lógico en unos suelos cuyo poder tampón depende en gran parte del Al. A dosis bajas de cal el % Al es un índice más sensible que el pH y puede utilizarse con éxito como diagnóstico y recomendación de dosis de cal.

Para que la pradera se establezca adecuadamente el % Al debería rebajarse por lo menos al 40 %, para lo cual se necesitarían 2,4 y 1,5 Tm./Ha. de cal en M. San Antón y M. Curra, respectivamente. Para rebajarlo al 10 % ambos suelos necesitarían del orden de 4,5 Tm./Ha.

El P extraído con bicarbonato sódico tiene el mismo defecto que el señalado para el pH. El análisis es insensible a dosis bajas de P cuyo efecto sí es detectado por la pradera. Este método no parece por tanto recomendable para establecer dosis mínimas de P aunque sí parece adecuado para determinar dosis alrededor del óptimo. El 90 % del rendimiento se obtiene en estos suelos con niveles de P comprendidos entre 10 y 15 mg. L<sup>-1</sup> y para obtener estos niveles son necesarios del orden de 80 y 120 Kg. P/Ha. en M. San Antón y M. Curra, respectivamente. Esta diferencia pone de manifiesto el hecho de que el análisis de suelo puede utilizarse como medida de diagnóstico, pero que para que sirva para establecer recomendaciones de abonado es necesario disponer de información complementaria, como puede ser el tipo de roca madre del suelo o la capacidad de amortiguación de P del mismo (OZANNE y SHAW, 1968).

## BIBLIOGRAFIA

- ANON. 1927. Memorias, resúmenes de esta Granja y sus campos de demostración, proyectos y otros documentos. Carpeta núm. 1. Borrador Memoria Sección Agraria. Granja Escuela Experimental. La Coruña. Biblioteca CRIDA 01.
- BOHN, H.; MC NEAL, B.; O'CONNOR, G. 1979. Soil Chemistry, John Wiley & sons., Inc. New Yor, USA.
- C. S. I. C. 1967. Estudio agrobiológico de la Provincia de La Coruña. Inst. Nac. Edaf. Agrob. Santiago de Compostela.
- HARGROVE, W. L., THOMAS, G. W. 1981. Effect of organic matter on exchangeable aluminum and plant growth in acid soils. En Chemistry in the Soil Environment. Soil Sci. Soc. Amer. Madison WIS. USA.
- KAMPRATH, E. J. 1970. Echangeable Aluminum As a Criterium for Liming Leached Mineral Soils. Soil Sci. Soc. Am. 34: 252-254.
- KAMPRATH, E. J. 1970. Echangeable Aluminum As a Criterium for Liming disorders. En C. S. ANDREW y E. J. KRAMPTH (eds.) Mineral Nutrition of Legumes in Tropical and Subtropical Soils CSIRO. Australia.
- MOMBIELA, F.; MATEO, M.<sup>a</sup> ELISA. 1982. Necesidades de cal para establecimiento de praderas permanentes en terrenos a monte y su relación con el Al cambiabile en dos suelos ácidos de Galicia. En preparación.
- MUÑOZ TABOADELA, M.; GUITIAN OJEA, F. 1962. La necesidad de cal en suelos de cultivo Gallegos. An. Edaf. Agrobiol. 21: 7-12.
- MUÑOZ TABOADELA, M. 1965. Suelos de Galicia. Análisis y necesidades de fertilizantes con especial referencia al fósforo. Monografías Ecológicas y Agrarias. Núm. 1. C.S.I.C. Madrid.
- PIÑEIRO, J.; GONZÁLEZ, E.; PÉREZ, M. 1977. Acción del fósforo, potasio y cal en el establecimiento de praderas en terrenos procedentes de monte. Comunicación presentada al III Seminario INIA/SEA sobre Pasto, Forrajes y P. Animal. INIA. CRIDA 01, Mabegondo. La Coruña.
- REEVE, N. G.; SUMNER, M. E. 1970. Lime requirement of Natal oxisols based on exchangeable aluminum. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 595-598.
- RUSSELL, E. W. 1959. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Traducción a la 8.<sup>a</sup> Ed. inglesa por G. GONZÁLEZ. 3.<sup>a</sup> Ed. 1964. Aguilar, S. A. Madrid.
- RUSSELL, E. W. 1973. Soil conditions and plant growth. 10.<sup>a</sup> Ed. Longman. London.
- SÁNCHEZ, B.; GARCÍA SÁNCHEZ, A.; DIOS, G. 1967. Fertilidad de los suelos de cultivo de Pontevedra. Estudio inicial. Anal. Edaf. Agrobiol: 395-420.
- WILLIAMS, E. G. 1967. The intensity and quantity aspects of soil phosphate status and laboratory extraction values. Anal. Edaf. Agrobiol. 26: 526-546.

RESPONSES TO 6 RATES OF P AND LIME ET THE ESTABLISHMENT  
OF PERMANENT PASTURES IN TWO ACID SHRUBLAND SOILS  
FROM GALICIA

SUMMARY

Phosphorus deficiency and soil acidity are the two components of soil fertility more likely to limit growth of permanent pastures established on shrubland in Galicia. This work deals with the effect of 6 P rates (0, 10, 20, 40, 80 and 120 Kg. P/Ha.), and 6 lime rates (0; 0,75; 1,5; 3; 6 and 12 Tm.  $\text{CO}_3\text{Ca}$ /Ha.) on the dry matter yield of a sown pasture (Perennial raygrass, itaiam raygrass, white clover and red clover) in a granite soil (M. San Anton) and a schist soil (M. Curra). The effect on several soil properties such as bicarbonate extractable P, pH, exchangeable Al and percent Al is also studied.

Phosphorus deficiency appears to be more limiting than acidity as far as growth is concerned.

Phosphorus limits growth of sown species as well as that of spontaneous ones; whereas these last ones grow adequately on the unlimed plots.

In both soils response to P is found in the whole experimental range. Dry matter yield production per unit P decreases after rates of 40 Kg./Ha. (92 Kg.  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). This would be the minimum recommended for an adequate pasture establishment. Ninety per cent of the maximum yield is achieved with 80 Kg. P/Ha. (184 Kg.  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) in M. San Antón and 125 (288) in M. Curra respectively. With the minimum rate of 40 Kg. P/Ha. the level of bicarbonate extractable P is 7,5  $\text{mg.L}^{-1}$  in M. San Anton and 5  $\text{mg.L}^{-1}$  in M. Curra. Ninety per cent of maximum yield would require 11 and 12  $\text{mg.L}^{-1}$  respectively.

Minimum lime rates for an adequate pasture establishment is around 2 Tm./Ha. lime. Yield can be increased from that obtained with this minimum rate up to 20 % and 50 % in M. San Antón and M. Curra respectively if the maximum rate of 12 Tm./Ha. is used. Aluminum toxicity seems to be the soil acidity component that limits growth the most. Pasture response to lime is better described by % Al saturation of effective CIC than by pH. Percent Al saturation is recommended as a soil test for lime needs determination. Percent aluminum is reduced to 40 % with the minimum rate of about 2 Tm./Ha. of lime. A 10 % saturation would be achieved with about 4,5 Tm./Ha.