

ADSORCION DE FOSFORO EN EL SUELO Y SU RELACION CON LA PRODUCCION DE DOS ESPECIES FORRAJERAS

R. E. Mendoza(1)

RESUMEN

Se emplearon ocho suelos con diferentes textura, estructura, composición química, etc.

Se obtuvieron las curvas de adsorción de fósforo utilizando el método de Ozanne y Shaw (1967), y se midió fósforo adsorbido ($P_{0,3}$) por los suelos para la concentración de 0,3 ppm en la solución de equilibrio.

Por otro lado, se realizó un ensayo en invernáculo en macetas, con seis niveles de fósforo como KH_2PO_4 (0, 25, 50, 100, 200 y 800 ppm), utilizando "rye grass" (*Lolium multiflorum*) y trébol persa (*Trifolium resupinatum*) en forma separada. Se midió la producción a las seis semanas de la siembra y, mediante el empleo de curvas de rendimientos ajustadas, se obtuvo la cantidad de fósforo necesaria para lograr el 95 por ciento de la máxima producción ($P_{95\%}$) en cada uno de los suelos.

La relación entre la concentración de fósforo en la solución de equilibrio y la producción relativa (%) de "rye-grass" + trébol persa indicó que 0,3 ppm P en solución era una concentración óptima para obtener máximos rendimientos.

Los principales resultados fueron: a) se obtuvo una relación lineal ($r = 0,94$) entre el $P_{0,3}$ y el $P_{95\%}$ de "rye-grass" + trébol persa; b) la relación entre el $P_{0,3}$ y el $P_{95\%}$ fue lineal en "rye-grass" ($r = 0,94$), mientras que en trébol persa no hubo correlación ($r = 0,55$); c) se obtuvo una respuesta lineal ($r = 0,88$) entre la capacidad buffer de fosfato de suelos y el $P_{95\%}$ de ambas especies.

El fósforo adsorbido por los suelos a una concentración predeterminada en la solución de equilibrio puede ser un índice adecuado del fósforo requerido por "rye-grass", mientras que para el trébol persa serían necesarios más datos para obtener una mejor definición en la relación entre $P_{0,3}$ y $P_{95\%}$.

SUMMARY

The P-adsorption isotherms of eight soils were determined by Ozanne and Shaw's method (1967). The soil represented different combinations of texture, structure and chemical composition.

Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) and Persian clover (*Trifolium resupinatum*) were grown separately, in a glasshouse, on each soil previously after fertilized with 0, 25, 50, 100, 200 and 800 ppm P as KH_2PO_4 . Six weeks after sowing the tops dry matter yield of each species was measured. The amount of P needed for attaining 95% of the maximum dry matter yield ($P_{95\%}$) of each species in each soil was deduced from the production - P applied curves.

It was found that for both species pooled and all soils the optimum P-concentration in the soil solution was 0,3 ppmP. Therefore, the amount of P-adsorbed at 0,3 ppm ($P_{0,3}$) was determined for each soil by Ozanne and Shaw's method.

It was observed that there was a close linear relationship ($r = 0,94$) between $P_{0,3}$ and $P_{95\%}$ for the pooled species. However, the correlation was accounted for ryegrass ($r = 0,94$) because that for persian clover was not significant ($r = 0,55$). Also the buffering capacity of phosphate in the soil and $P_{95\%}$ were linearly related ($r = 0,88$) for both forage species.

It is concluded that the amount of P-adsorbed in a soil at a certain P-concentration in the soil solution is fairly representative of the amount of P-needed for maximum herbage yield in ryegrass. For persian clover more data would be needed for a better definition of the relationship between yield and P-adsorbed.

(1) Becario CONICET, Centro de Ecofisiología Vegetal, Serrano 665, 1414, Capital Federal.

INTRODUCCION

En muchos campos de pastoreo, la producción de forraje se ve disminuida por la falta de niveles adecuados de nutrientes. Mediante la fertilización, se trata de suplementar la escasa reposición de estos al suelo, lográndose en muchos casos respuestas espectaculares; razón por la cual el uso de los fertilizantes se está difundiendo cada vez más en las praderas naturales y/o artificiales.

La dosificación apropiada de un fertilizante no sólo tiene importancia en el aspecto económico, sino también en la alteración de la composición florística de una pastura, ya que puede favorecer el desarrollo de unas especies sobre otras y, así, modificar la cantidad y calidad del forraje (Rabotnov, 1977; Thurston, 1969).

Existen diversos trabajos que muestran el déficit de fósforo asimilable por las plantas en suelos destinados al pastoreo, sin embargo hay pocos que pueden informar sobre la causa de esa deficiencia, sobre la eficiencia de un fertilizante agregado o sobre el destino en el mismo suelo del nutriente incorporado. En el caso del fósforo, por ejemplo, se debe tener en cuenta que al agregarse al suelo puede ser adsorbido fuerte o lábilmente o estar precipitado por valores extremos de pH y no encontrarse a disposición del vegetal (Murrmann y Peach, 1969).

No todos los suelos deficientes en fósforo responden de la misma forma a la fertilización debido, entre otras causas, a la distinta capacidad para adsorber fósforo (Ozanne y Shaw, 1967; Barrow, 1973 y 1975).

La mayoría de los métodos para estimar el nivel de fósforo disponible para las plantas en el suelo, emplean distintas soluciones extractantes (Binghan, 1962), resinas de intercambio (Cooke y Hislop, 1963) o el empleo del intercambio isotópico mediante el uso de ^{32}P , (Russell, Rickson y Adams, 1954). Recientemente las estimaciones del grado de disponibilidad de fósforo se han realizado mediante la medida del valor intensidad-fós-

foro en solución (Ozanne y Shaw, 1967); o fosfato potencial (White y Beckett, 1964; Barrow, Ozanne y Shaw, 1965), (Barrow, 1967); o mediante la capacidad buffer de fosfato, (Beckwith, 1964; Barrow, 1967; Ozanne y Shaw, 1968). Estos últimos han propuesto el empleo del fósforo adsorbido por los suelos, como índice del fósforo necesario para las plantas.

Barrow (1978) manifiesta que este índice es adecuado emplearlo sólo en suelos con bajos niveles de fósforo mientras que, en aquellos con medianos a altos niveles, tal estimación sería incorrecta si no se tomara en cuenta la cantidad de fósforo en solución presente en el suelo.

Las curvas de adsorción de fósforo del suelo han sido ampliamente descriptas por Barrow (1978). Este autor compara las ecuaciones de Langmuir, Freundlich, Gunary y doble Langmuir y coincide con Mead y Pike (1975), en que la ecuación de Freundlich podría ser la más adecuada para describir el proceso.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la validez del empleo del fósforo adsorbido por el suelo, como índice del fósforo requerido por *Lolium multiflorum* y *Trifolium resupinatum*.

MATERIALES Y METODOS

Muestras de suelo

Fueron usados ocho suelos con diferentes procesos de formación, material original, composición química, textura, estructura, fertilización, etc.

Se tomaron las muestras del horizonte A de cada uno de los suelos (15-20 cm), se secaron al aire, se tamizaron por malla de 2 mm y se destinaron al ensayo de laboratorio y de invernáculo.

En el cuadro 1 se observan algunas características de los suelos empleados.

CUADRO 1: Características de los suelos utilizados.

Suelo	Textura horizonte A	Serie	Clasificación	Fertilización	Lugar
A	franco arcilloso	Abott	Arguidol Acuico	180 kg P ₂ O ₅ . ha ⁻¹	Chascomús (Buenos Aires)
B	franco arcilloso	Abott	Arguidol Acuico	---	Chascomús (Buenos Aires)
C	franco arcilloso	Chascomús	Arguidol Acuico	---	Chascomús (Buenos Aires)
D	franco	---	Typic Natraquoll	---	Chascomús (Buenos Aires)
E	arenoso grueso	Yuquerí Grande	Oxic Quartzipsament	---	Concordia (Entre Ríos)
F	franco arenoso	Bouchel	Albaqualf	---	Concepción del Uruguay (Entre Ríos)
G	arcilloso	Clara	Typic Pelludert	---	Concepción del Uruguay (Entre Ríos)
H	arcilloso	Complejo N° 9	Oxisol	---	Cerro Azul (Misiones)

Curvas de adsorción de fósforo

Se siguió la técnica empleada por Ozanne y Shaw (1967), utilizando una relación suelo: solución 1:10 (2,5 gr suelo-25 ml solución), 17 hs de agitación a 21° C y 1% de Cloroformo para disminuir la actividad microbiana.

Las muestras de cada uno de los suelos (2,5 gr) se pusieron en erlenmeyers de 125 ml y se les agregó 25 ml de una solución 0,01 M en Cl₂ Ca, (Barrow, Ozanne y Shaw, 1965), que además contenía (PO₄ H₂)₂ Ca. H₂O en cantidades necesarias como para obtener, en la solución de equilibrio, una vez finalizada la agitación (17 hs), niveles de fósforo que variaban entre 0,05 y 1,5 ppm.

Concluida la agitación, se centrifugaron las muestras durante 10 minutos a 3.000 rpm;

se determinó fósforo en el sobrenadante y, por diferencia, se obtuvo el fósforo adsorbido por el suelo en cada caso.

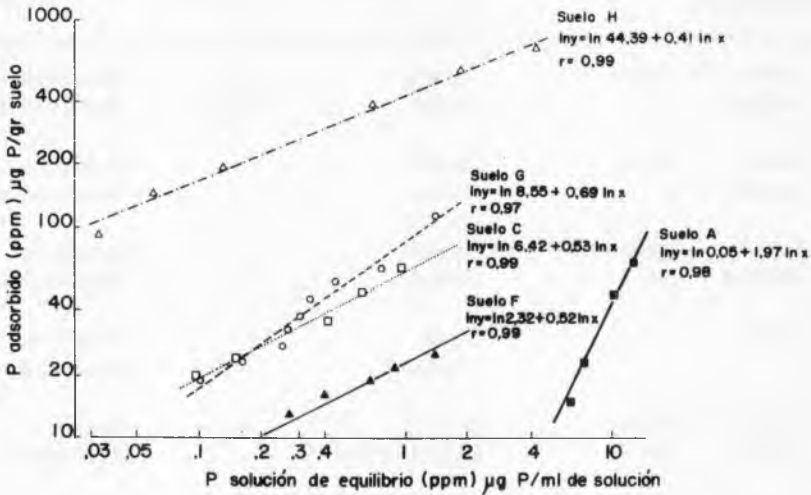
Para la interpretación de las curvas se empleó la isoterma de Freundlich, que fue utilizada también por Russell y Prescott (1916), Kurtz, Deturk y Bray (1946) Barrow y Shaw (1975), Fitter y Sutton (1975) (Figura 1).

Ensayo en macetas

1. Nutrientes agregados

A porciones de 1 kg de suelo secado al aire se les agregó una cantidad basal de nutrientes, según la técnica empleada por Chaminate (1964) y de acuerdo con dosis utili-

Figura 1: Efecto del aumento de la concentración de fósforo en la solución de equilibrio, sobre el fósforo adsorbido en los suelos A, C, F, G y H.



zadas por Ozanne, Keay y Biddiscombe (1969) indicadas a continuación y expresadas en mg por kg de suelo secado al aire:

Ca (NO₃)₂.4H₂O, 75,00; K₂SO₄, 150,00; MgSO₄.7H₂O, 37,30; FeSO₄.7H₂O, 7,50; MnSO₄.H₂O, 4,80; CuSO₄.5H₂O, 3,73; ZnSO₄.7H₂O, 3,73; H₃B₃O₃, 2,22; NH₄Mo₇O₂₄. 4H₂O, 0,09; Cl₂Co.6H₂O, 0,08.

2. Niveles de fósforo

Se usaron seis niveles de fósforo como KH₂PO₄ que correspondieron a 0, 25, 50, 100, 200 y 800 ppm con respecto a suelo secado al aire; 100 ppm correspondían a 0,439 gr de KH₂PO₄ por kg de suelo.

El fósforo fue aplicado en solución y mezclado con el suelo. Luego el suelo fue puesto en macetas de plástico (1255 cm³ de capacidad).

3. Especies utilizadas

Las macetas se llevaron a invernáculo

(15°C - 25°C) y se mantuvieron en capacidad de campo durante 48 hs.

En cada uno de los suelos se sembraron separadas, semillas de "ryegrass" (*Lolium multiflorum*) y trébol persa (*Trifolium resupinatum*), dejando ocho plantas por maceta.

Las leguminosas fueron inoculadas con cepas específicas y seleccionadas por INTA; se empleó la técnica de inoculación común, INTA (1967). Cada tres semanas se les agregó a las gramíneas 75 mg de NO₃NH₄ por maceta.

Todas las macetas se mantuvieron en capacidad de campo por riegos frecuentes y recirculando el material percolado en caso necesario.

Combinando factorialmente las variables, suelo, nivel de fósforo y especie, se obtuvieron 96 tratamientos, que se repitieron cuatro veces. Las macetas fueron distribuidas en invernáculo, en bloques completos totalmente aleatorizados.

A las seis semanas de la siembra fue realizada la cosecha de la parte aérea, y el material fue llevado a estufa a 70° C durante 48 hs.

4. Curvas de producción

Los valores de peso seco se expresaron como porcentajes del máximo de producción obtenido para cada suelo y especie en particular y relacionados con el fósforo aplicado. El 100% de producción fue elegido arbitrariamente promediando los valores máximos no significativos entre sí ($P = 0,05$).

Las curvas de producción fueron ajustadas en cada suelo y para cada especie en forma individual y conjunta. A partir de estas se estimó el fósforo requerido para obtener

el 95% del máximo de producción (Cuadro 2). Este 95% fue elegido en forma arbitraria debido a que al ser la relación entre la producción relativa y el fósforo aplicado asintótica, valores más cercanos al 100% producen grandes variaciones en el fósforo aplicado y su estimación pierde precisión.

RESULTADOS

Curvas de adsorción de fósforo

En la figura 1 se pueden observar las curvas de adsorción correspondientes a cada

CUADRO 2: Curvas de producción de *Trifolium resupinatum* + *Lolium multiflorum* en los ocho suelos y fósforo requerido para obtener el 95% de la máxima producción.

Suelo	P _{95%} ($\mu\text{g P} \cdot \text{g suelo}^{-1}$)	Ecuaciones y = % peso seco x = ppm P aplicado	Coefficientes correlación r
A	—	$y = 101,72 + (-0,01) x$	0,78
B	51,30	$y = 100 - 52,22 \cdot e^{-0,0461 \cdot x}$	0,97
C	52,53	$y = 80,03 + 0,35 x + (-0,01) x^2$	0,94
D	68,81	$y = 67,79 + 6,43 \ln x$	0,99
E	28,31	$y = 84,57 + 3,12 \ln x$	0,98
F	43,25	$y = 100 - 91,07 \cdot e^{-0,0671 \cdot x}$	0,99
G	71,82	$y = 84,34 + 2,49 \ln x$	0,99
H	353,81	$y = 100 - 101,17 \cdot e^{-0,0085 \cdot x}$	0,99

uno de los suelos y el efecto del aumento de la concentración de fósforo en la solución de equilibrio, sobre el fósforo adsorbido por el suelo.

Las curvas fueron interpretadas mediante la isoterma de Freundlich:

$$P_a = a P_e^b \quad (1)$$

donde P_a es el fósforo adsorbido a una con-

centración de equilibrio P_e en la solución del suelo, a y b son coeficientes.

Para comparar la diferente capacidad de adsorción de fósforo de los suelos, fue necesario tomar una concentración de fósforo en la solución de equilibrio como referencia. Esta concentración debía ser tal, que no fuera deficiente para las plantas ni tampoco superara niveles por encima de los cuales no se

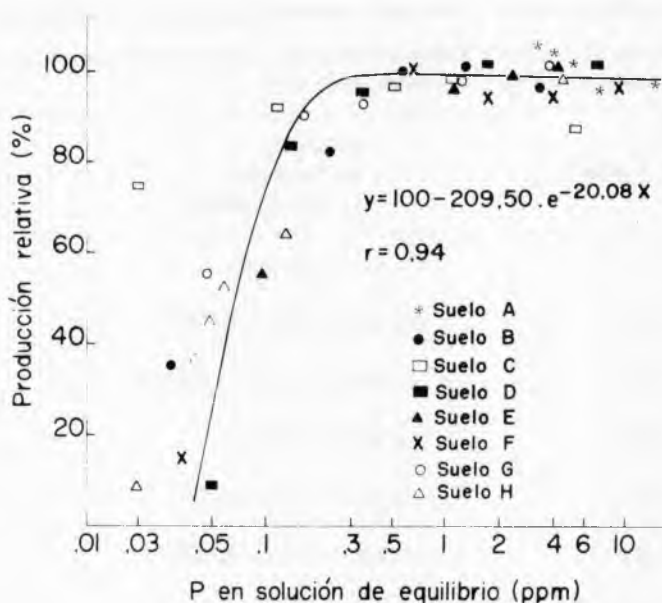
obtuvieran aumentos de rendimientos; 0,3 ppm de P fue elegida como satisfactoria.

Para obtener este valor se procedió de la siguiente manera: empleando la técnica usada por Ozanne y Shaw (1967) descripta anteriormente, se agitaron cada uno de los suelos con soluciones 0,01 M en Cl_2Ca que contenían 0, 25, 50, 100, 200 y 800 μg de fósforo por gramo de suelo y se determinó el

fósforo en el sobrenadante al finalizar la agitación.

Estos valores de fósforo expresados en ppm se relacionaron con los rendimientos relativos porcentuales obtenidos en el ensayo en macetas, teniendo en cuenta que la dosis de fósforo agregado fuera la misma en ambos casos. Con estos valores se obtuvo la curva de la figura 2, donde se observa la pro-

Figura 2: Producción relativa de *Lolium multiflorum* + *Trifolium resupinatum* y su relación con la concentración de fósforo en la solución de equilibrio para cada uno de los suelos.



ducción relativa de "rye grass" más trébol persa en función de la concentración de fósforo en la solución de equilibrio, para cada suelo y dosis agregada.

En esta figura se puede observar que en algún lugar cercano a 0,3 ppm la producción no se incrementa con aumentos en la concentración de fósforo de la solución de equilibrio. De esta forma, 0,3 ppm fue elegida como óptima.

La distinta capacidad de fijación de fósfo-

ro de los suelos se puede observar en la figura 1 y en el cuadro 3, donde el suelo H fue el que más fósforo adsorbió, por tratarse de un suelo con un profundo proceso de alteración laterítica, en el que predominan los óxidos de hierro, aluminio y titanio mezclados con arcillas caoliníticas, materiales estos de gran poder de fijación (Aranda, 1964).

Los suelos B, C y D son suelos francos y poseen cierta semejanza en sus capacidades de fijación de fósforo. Por otro lado, los sue-

CUADRO 3: Fósforo adsorbido a 0,3 ppm, capacidad buffer de fosfato y coeficientes de las ecuaciones para los ocho suelos.

Suelo	P absorbido a 0,3 ppm ($\mu\text{g P} \cdot \text{g suelo}^{-1}$)	Capacidad buffer P ($\mu\text{g P} \cdot \text{g suelo}^{-1}$)	Pa = a . Pe ^b coeficientes		coeficientes correlación r
			a	b	
A	-	-	0,05	1,97	0,98
B	28,17	7,11	7,00	0,76	0,99
C	33,85	6,02	6,42	0,53	0,99
D	38,99	6,39	7,03	0,49	0,98
E	7,59	1,37	1,46	0,54	0,99
F	12,35	2,17	2,32	0,52	0,98
G	37,19	8,58	8,55	0,69	0,97
H	270,88	37,21	44,39	0,41	0,99

los arenosos E y F tienen baja capacidad para adsorber fósforo, y proporcionan altas cantidades de fósforo a la solución de equilibrio.

Relación entre el fósforo adsorbido y el fósforo requerido

El suelo A no fue considerado en esta relación por tratarse de un suelo fertilizado, donde no hubo respuesta al agregado de fósforo, y la concentración en la solución de equilibrio fue siempre superior a 0,3 ppm.

El fósforo adsorbido por el suelo, a una concentración en la solución de equilibrio de 0,3 ppm de fósforo ($P_{0,3}$), fue relacionado con el fósforo requerido para obtener el 95 por ciento del máximo de producción ($P_{95\%}$) en "rye grass" más trébol persa en cada uno de los suelos (excepto suelo A). La ecuación de regresión obtenida fue la siguiente:

$$P_{95\%} = 20,32 + 1,23 P_{0,3}; r = 0,99$$

La influencia del punto determinado por el suelo H en la relación anterior podría dis-

torsionar los resultados entre las variables debido a los valores altos que posee. Entonces, se confeccionó nuevamente la relación prescindiendo de dicho punto y se obtuvo la siguiente ecuación de regresión (Figura 3):

$$P_{95\%} = 22,97 + 1,13 P_{0,3}; r = 0,93$$

Posteriormente también se relacionó $P_{0,3}$ con $P_{95\%}$ para "rye grass" ($r = 0,94$) y para trébol persa ($r = 0,55$) en forma individual (Figura 4), mejorando en ambos casos la relación cuando se incluyó el punto determinado por el suelo H ($r = 0,99$).

Capacidad buffer de fosfato de los suelos

La capacidad buffer de fosfato de los suelos (CBF), es la relación entre los factores capacidad (P_a) e intensidad (P_e). Ozanne y Shaw (1968) la definieron como la cantidad de fósforo adsorbido por el suelo cuando la concentración en la solución de equilibrio se incrementa en 0,1 ppm, de 0,25 a 0,35 ppm de fósforo.

Figura 3: Fósforo requerido para obtener el 95% de la máxima producción de *Lolium multiflorum* + *Trifolium resupinatum* y su relación con el fósforo adsorbido a 0,3 ppm P en la solución de equilibrio; para los suelos B, C, D, E, F y G.
Suelo A: fertilizado; Suelo H: *

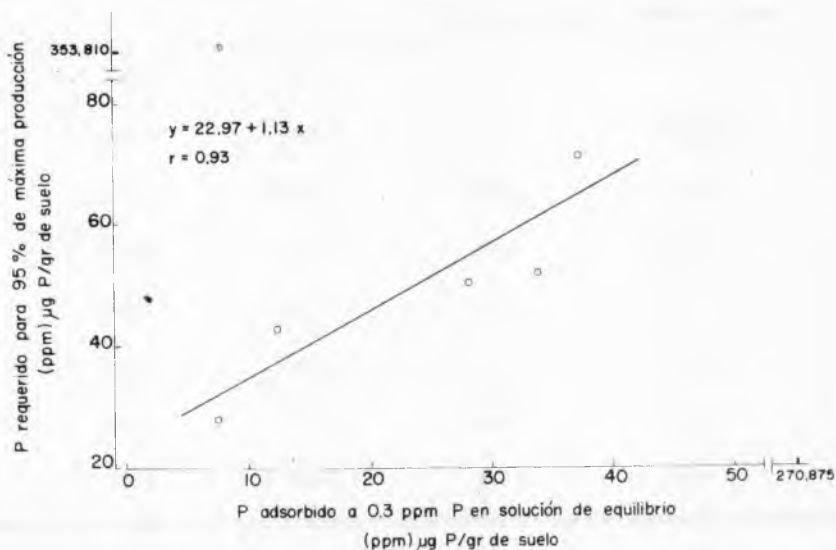
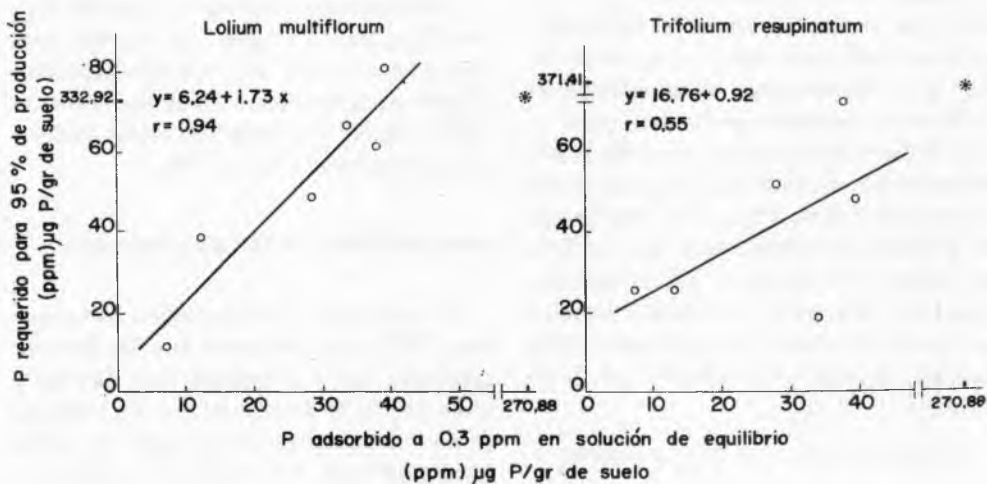


Figura 4: Fósforo requerido para obtener el 95% de la máxima producción de *Lolium multiflorum* y *Trifolium resupinatum* y su relación con el fósforo adsorbido a 0,3 ppm P en la solución de equilibrio, para los suelos B, C, D, E, F y G.
Suelo A: fertilizado; Suelo H: *



En el cuadro 3 se observa que el suelo arenoso F tiene un valor de CBF de 2,17 ug P.g⁻¹, mientras el suelo arcillosos G posee un valor de 8,59 y el suelo H uno igual a 37,21.

La CBF es la pendiente de las curvas de adsorción (Figura 1), siendo mayor a medida que aumenta la capacidad de retención de fósforo del suelo.

La relación existente entre CBF y P_{9,5%} en "rye grass" más trébol persa, se puede ob-

(r = 0,88)
servar en la figura 5. Se obtuvo una relación lineal (r = 0,88) y se ajustó mediante la siguiente ecuación de regresión:

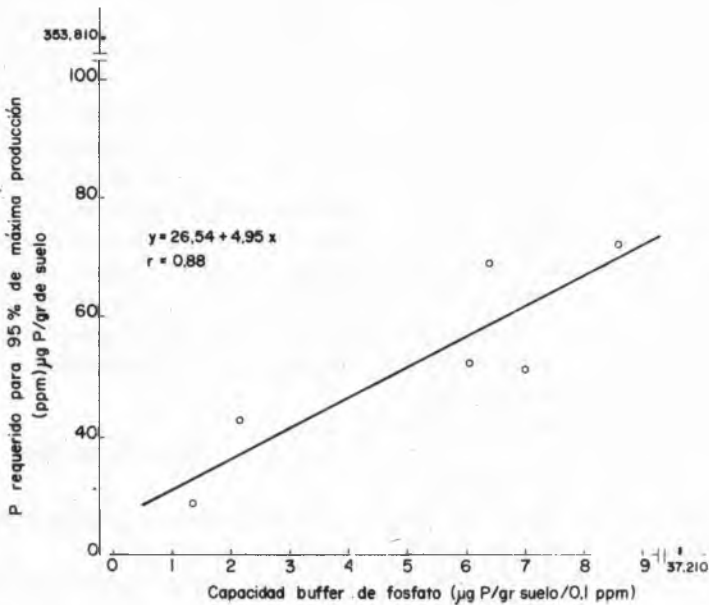
$$P_{9,5\%} = 26,54 + 4,95 \cdot CBF$$

Al incluir el punto correspondiente al suelo H la relación mejora:

$$P_{9,5\%} = 4,92 + 9,23 \cdot CBF; r = 0,92$$

Figura 5: Fósforo requerido para obtener el 95% de la máxima producción de *Lolium multiflorum* + *Trifolium resupinatum* y su relación con la capacidad buffer de fosfato, para los suelos B, C, D, E, F y G.

Suelo A: fertilizado; Suelo H: *



DISCUSION

El fósforo adsorbido por los suelos, medido a través de una concentración estándar en la solución de equilibrio, estuvo linealmente relacionado con el requerimiento de fósforo de trébol persa y de "rye grass".

Como en experiencias anteriores de Ozanne y Shaw (1967), se encontró que va-

lores cercanos a 0,3 ppm de fósforo en la solución de equilibrio resultaron óptimos para obtener máximos rendimientos. Niveles inferiores resultaron deficientes y los superiores no ofrecieron aumentos significativos de producción.

La diferencia obtenida en las relaciones entre el fósforo requerido y el fósforo adsorbido para "rye grass" y trébol persa pue-

den haberse debido a los distintos requerimientos de fósforo de ambas especies. Algunos trabajos al respecto pueden confirmar esta hipótesis: Rossiter (1964), Asher y Lonneragan (1967), Ozanne, Keay y Biddiscombe (1969).

La relación para trébol persa no fue lineal y tuvo gran dispersión en sus valores; ello indicaría la necesidad de un mejor ajuste con mayor cantidad de suelos y con una gran variabilidad entre sus capacidades de fijación de fósforo.

Barrow (1975) observó en un experimento con *Trifolium subterraneum*, *Lolium rigidum* y once suelos deficientes en fósforo, que la relación entre el fósforo adsorbido a 0,2 ppm en la solución de equilibrio y el fósforo requerido para obtener el 90 por ciento del máximo de producción, respondía a un modelo exponencial a medida que se incorporaban suelos con gran capacidad de fijación de fósforo (600 - 900 $\mu\text{g P/ gr suelo a } 0,2 \text{ ppm P}$).

Cuando se relacionó la capacidad buffer de fosfato con el fósforo requerido para obtener el 95 por ciento del máximo de producción, se obtuvo una respuesta lineal ($r = 0,88$). Estos resultados coincidieron con experimentos de Ozanne y Shaw (1968), sin embargo ellos encontraron una mejor correlación entre la CBF y el $P_{95\%}$ que cuando relacionaron el Pa con el $P_{95\%}$.

Los suelos que poseen gran CBF estarían en condiciones de reponer fósforo a la solución del suelo con mayor facilidad que los suelos que tienen bajos valores. Por otro lado, los suelos con gran capacidad de fijación de fósforo y escasos niveles de fósforo en solución, no ofrecerían respuesta a pequeños agregados de fertilizante, siendo necesario suministrar altas cantidades para lograr aumentos significativos en los rendimientos (Mengel y Kirkby, 1978). Un ejemplo de esto último es lo que ocurrió con el suelo H, que tuvo una CBF alta (37,22 $\mu\text{g P/ gr suelo}$), una capacidad de fijación de fósforo a 0,3 ppm en la solución de equilibrio de 270,88 $\mu\text{g P/ gr suelo}$, y se necesitaron 353,81 ppm P para

obtener el 95 por ciento del máximo de producción (Cuadros 2 y 3).

Con los suelos arenosos la situación es opuesta, puesto que son suelos de baja capacidad de fijación y, pequeños agregados de fósforo se tradujeron en grandes aumentos en los rendimientos (Cuadros 2 y 3).

El empleo del fósforo adsorbido por el suelo, medido a partir de una solución estándar de equilibrio, podría ser un correcto estimador del fósforo requerido por plantas forrajeras para lograr máximos rendimientos; sin embargo existen algunas incógnitas que deben ser develadas.

En primer lugar, sería necesario establecer la validez de este experimento en campos naturales y en praderas polifíticas, donde la cantidad de especies que intervienen es numerosa y sus requerimientos de fósforo pueden ser diferentes, como así también fluctuar para una misma especie en determinada época del año. En praderas monofíticas la situación podría asemejarse más a la encontrada en este experimento, sin embargo se debe plantear también la realización de un ensayo a campo, y además tener en cuenta que la distinta distribución del fertilizante en campo y en macetas puede tener influencia sobre los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

Con los resultados del presente trabajo, es posible concluir que:

1 - Los mayores valores de fósforo adsorbido, fósforo requerido, y capacidad buffer de fosfato se obtuvieron en los suelos arcillosos; luego en los francos, y por último en los arenosos.

2 - Cuanto mayor fue el fósforo adsorbido por los suelos, mayor fue el requerimiento de fósforo para obtener máximos rendimientos en "rye-grass" + Trébol persa ($r = 0,94$).

3 - La mejor correlación entre el fósforo adsorbido y el fósforo requerido, se obtuvo en "rye grass" ($r = 0,94$), mientras que en trébol persa la correlación fue pobre ($r = 0,55$).

4 - Se encontró una relación lineal entre la capacidad buffer de fosfato de los suelos y el fósforo requerido por las dos especies en conjunto para obtener máximos rendimientos.

5 - El fósforo adsorbido por el suelo, medido a través de una concentración de fósforo en la solución de equilibrio, puede ser un adecuado estimador del fósforo requerido por *Lolium multiflorum*, mientras que para *Trifolium resupinatum* sería necesaria una mayor cantidad de datos para poder definir más precisamente la relación entre el fósforo adsorbido y el fósforo requerido.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Aranda, D. (1964). Monografía sobre suelos de Misiones. *Publicación Miscelanea* N° 2. INTA. Cerro Azul. Misiones.
- 2) Asher, C.J.; and Loneragan, J.F. (1967). Response of plants to phosphate concentration in solution culture: I. Growth and phosphorus content. *Soil. Sci.* Vol. 103, N° 4, 225-233.
- 3) Barrow, N.J. (1967). Relationship between uptake of phosphorus by plants and the phosphorus potencial and buffering capacity of the soil. *Soil. Sci.* 104, 99-106.
- 4) Barrow, N.J. (1973). Relationship between a soil's ability to adsorb phosphate and the residual effectiveness of superphosphate. *Aust. J. Agric. Res.* 11, 57-63.
- 5) Barrow, N.J. (1975). The response to phosphate of two annual pasture species. I Effect of the soil's ability to adsorb phosphate on comparative phosphate requirement. *Aust. J. Agric. Res.*, 26, 137-43.
- 6) Barrow, N.J. (1978). The description of phosphate adsorption curves. *Journal of Soil Sci.*, 29, 447-462.
- 7) Barrow N.J. and Shaw, T.C. (1975). The slow reaction between soil and anions. 2. Effect of time and temperature on the decrease in phosphate concentration in the soil solution. *Soil Sci.* 119, 167-77.
- 8) Barrow, N.J.; Ozanne, P.G., and Shaw, T.C. (1965). Nutrient potencial and capacity: I. The concepts of nutrient potencial and capacity and their application to soil potassium and phosphorus. *Aust. J. Agric. Res.* 16, 61-76.
- 9) Beckwith, R.S. (1964). Sorted phosphate at standard supernatant concentration as an estimate of the phosphate status of soils. *Aust. J. exp. Agric. anim. Husb.* 5, 52-8.
- 10) Bingham, F.T. (1962). Chemical soils test for available phosphorus. *Soil Sci.* 94, 87-95.
- 11) Chaminade, R. (1964). Diagnostic de carences du soil par l'experimentation en petits vases de végétation; *Science du soil* (11^{me} sem.): 157-68.
- 12) Cooke, I.J., and Hislop, J. (1963). Use of anion exchange resin for the assessment of available soil phosphate. *Soil Sci.*: 96, 308-312.
- 13) Fitter, A.H., and Sutton, C.D. (1975). The use of the Freundlich isotherms for soil phosphate sorption data. *J. Soil. Sci.* 26, 241-6.
- 14) INTA. Castelar (1967). Inoculación y pelletado de semillas de leguminosas. *Circular de divulgación* N° 2 (3° edición, corregida y aumentada).
- 15) Kurtz, T., Deturk, E.E. and Bray, R.H. (1946). Phosphate adsorption by Illinois soils. *Soil Sci.* 61, 111-24.
- 16) Head, R., and Pide, D.J. (1975). A review of response surface methodology from a biometric viewpoint. *Biometrics* 31, 803-51.
- 17) Mengel, K. and Kirkby, E.A. (1978). Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Berne. 347-66, pp 593.
- 18) Murrmann and Peach, M. (1969). Effects of pH on labile and soluble phosphate in soils. *Soil Sci.*, 33(2): 205-210.
- 19) Ozanne, P.G. and Shaw, T.C. (1967). Phosphate sorption by soils as a measure of the phosphate requirement for pasture growth. *Aust. J. Agric. Res.* 18, 601-612.
- 20) Ozanne, P.G., and Shaw, T.C. (1968). Advantage of the recently developed phosphate sorption test over the older extractant methods for soil phosphate. 9th *International Congress of soil Science*. Vol.: N° 2, 273-280.
- 21) Ozanne, P.G., Keay, J. and Biddiscombe, E. F. (1969). The comparative applied phosphate requirements of eight annual pasture species. *Aust. J. agric. Res.*, 20, 809-18.
- 22) Rabotnov, T.A. (1977). The influence of fertilizers on the plant communities of mesophytic grassland. In: W. Krause (ed.), "Application of Vegetation Science to grassland Husbandry". *Handbook of vegetation Science*. Vol. 13, pp 461-497. Dr. W. Junk, b.v. Publishers. The Hague.
- 23) Rossiter, R.C. (1964). The effect of phosphate supply on the growth and botanical composition of annual type pasture. *Aust. J. Agric. Res.* 15, 61-76.

- 24) Russell, E.J. and Prescott, J.A. (1916). The reaction between dilute acids and the phosphorus compounds of the soil. *J. agric. Sci., Camb.* 8, 65-110.
 - 25) Russell, R.S., Rickson, J.B., and Adams, S. M. (1954). Isotopic equilibria between phosphates in soil and their significance in the assessment of fertility by tracer methods. *J. Soil. Sci.* 5: 85-105.
 - 26) Thurston, J.M. (1963). The effect of liming and fertilizers on the botanical composition of permanent grassland, and on yield of hay. In: T.H. Rorison (ed.), "Ecological Aspects of the Mineral Nutrition of Plants", pp 3-10. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
 - 27) White, R.E., and Beckett, P.H.T. (1964). Studies on the phosphate potentials of soils. *Plant Soil* 20; 1-16.
-