

# ESTUDIOS PRELIMINARES PARA LA ELABORACION DE MODELOS DE RESPUESTA A LA APLICACION DE FOSFORO EN EL S.E. BONAERENSE, BAJO CONDICIONES DE INVERNACULO

MARTA S. ZUBILLAGA, MABEL E. VAZQUEZ y MARIA M. ZUBILLAGA<sup>1</sup>

Recibido: 02/07/93

Aceptado: 19/12/93

## RESUMEN

La predicción de la respuesta a la fertilización fosforada se mejora con el agregado de diversas variables edáficas y culturales, como complemento de las determinaciones de P extractable. Con el objetivo de analizar estas funciones en forma preliminar se llevó a cabo un ensayo de invernáculo utilizando como planta índice tomate (*Lycopersicum sculentum*) en suelos del SE de la Pradera Pampeana.

Las técnicas analíticas de P extractable probadas fueron Kurtz y Bray 1, Kurtz y Bray 2, Kurtz y Bray 25, Olsen y resinas de intercambio aniónico. Las variables edáficas y culturales complementarias de las medidas analíticas fueron años de agricultura, historia de fertilización, ubicación taxonómica de los suelos, P orgánico, Ct, Nt, pH y diversos parámetros de las ecuaciones de ajuste de las extracciones secuenciales con resinas de intercambio aniónico (a y b). Como variable respuesta vegetal se midió peso seco de los tratamientos testigo, P1 (45 g P/ha), P2 (90 gP/ha) y NP1 (50 g N + 45 g P/ha).

Las técnicas analíticas y las variables de sitio incorporadas en los modelos variaron de acuerdo a la respuesta a P1 o NP1 y a las diferentes poblaciones, verificándose diferencias en los valores de los coeficientes de determinación de las ecuaciones de regresión cuando la población se clasificó según taxón o historia de fertilización.

**Palabras clave:** ensayo de invernáculo, P extractable, ecuaciones diagnóstico.

## PRELIMINAR STUDIES FOR THE ELABORATION OF PHOSPHORUS RESPONSE MODELS IN SE BONAERENSE, UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

### SUMMARY

To predict the response to phosphorus fertilization the objective of this experimento was to prove the effectiveness of different soil and cultural variables as a complement of the extractable-P. A greenhouse experiment using tomato (*Lycopersicum sculentum*) was carried out in soils from the SouthEast region.

The extractable-P analytical techniques employed were: Kurtz Bray 1, Kurtz Bray 2, Kurtz Bray 25, Olsen and anionic resin. The soil and cultural variables were: cropping years, fertilization history, taxon, organic phosphorus, total carbon, total nitrogen, pH and 2 parameters of the equation of resin sequential extraction (a and b). The plant dry weight was measured in the following treatment: control, P1 (45 gP/ha), P2 (90 gP/ha), NP1 (50 gN + 45 gP/ha). The analytical techniques and site variables in the models changed according to the responses to P1 or NP1 and between different population. When population was classified by taxon or fertilization history, differences in the model determination coefficients were found.

**Key words:** greenhouse experiment, extractable-P, diagnostic equations.

---

<sup>1</sup>Cátedra Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía UBA, Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires

## INTRODUCCION

Es conocido que la magnitud del fósforo directamente asimilables por los vegetales es reducida y considerablemente inferior a la cantidad de fósforo total. El estudio de la dinámica de este nutriente y de las formas disponibles en el corto y mediano plazo, resulta sumamente complejo a causa de sus diversas reacciones. Los procesos de adsorción-desorción, precipitación-solubilización y mineralización de la fracción orgánica son los más importantes. Debido a que la fertilización es la única forma de reponer el fósforo extraído por las cosechas, la aplicación del mismo asume una creciente importancia en nuestro país. La residualidad del fertilizante fosforado es la resultante de factores edáficos, climáticos y propios de la técnica de fertilización (El Nennah, 1978; Fixen y Ludwick, 1983; Nath *et al.* 1983; Judel *et al.* 1985), lo que hace más complejo aún el estudio de la dinámica del P en suelos fertilizados debido a las interacciones del fósforo del fertilizante y el suelo y el manejo.

En la región pampeana existen zonas deficientes en el nutriente en consideración, lo que motivó el uso reiterado del fertilizante fosforado. Se destaca en este sentido el S de la Provincia de Buenos Aires, donde tiene lugar una importante proporción del consumo nacional de fertilizante fosforado en especial el destinado a cultivos extensivos.

Con la finalidad de diagnosticar la fertilidad fosforada de los suelos y predecir las posibilidades de éxito de la fertilización, se han difundido las técnicas analíticas para la medición del llamado "P disponible o P extractable". Estas técnicas están dirigidas a la medición del P en solución más una reserva "lábil". Sin embargo, ha sido comprobado que la residualidad de los fertilizantes no siempre es puesta de manifiesto por dichas técnicas (Barrow, 1979; Holford, 1980, 1983; Mackay *et al.* 1984; Sheppard y Racz, 1984).

En función de las interacciones entre el P del fertilizante y el del suelo, es conveniente complementar el valor diagnóstico del P extractable con otras técnicas, destinadas a medir la dinámica de la liberación a partir de la reserva. Entre las determinaciones complementarias pueden citarse

la medición de la capacidad buffer de P (Ozane y Shaw, 1968; Mendoza, 1986, 1988, Bolaño de Daniel, 1984), diferentes coeficientes de las isotermas de adsorción (Giuffré de Lopez Camelo *et al.* 1991), extracciones secuenciales con CaCl<sub>2</sub> (Ibrahim y Pratt, 1982) o con resinas de intercambio aniónico (El Nennah, 1978; Zubillaga y Vázquez, 1993). Análogamente, de acuerdo a las condiciones edáficas, se ha considerado la conveniencia de incluir como valor diagnóstico, la evaluación del P orgánico lábil (Bowman y Cole, 1978).

Por otro lado, desde un punto de vista más aplicado, se ha probado la conveniencia de incorporar variables llamadas de "sitio". Estas identifican subpoblaciones edafoclimáticas dentro de la población estadística de suelos para la cual se hace inferencia y permiten incrementar la seguridad de predicción de la respuesta al fertilizante (Barberis *et al.* 1983).

En el presente, se investigó la bondad de diferentes variables edáficas y culturales como complemento de las evaluaciones de P extractable, en la predicción de la respuesta a la fertilización fosforada. El objetivo del presente trabajo fue dar pautas para la elaboración de modelos predictivos de la respuesta al fertilizante en el SE de la Pcia de Buenos Aires.

## MATERIALES Y METODOS

1.- **Suelos:** El presente estudio se realizó con suelos de los Partidos de San Cayetano y Tres Arroyos, SE de la Provincia de Buenos Aires, clasificados como Hapludoles típicos y Argiudoles típicos.

Se utilizaron 21 suelos, los cuales diferían en su historia agrícola respecto de los años de agricultura (AA) e historia de fertilización.

La unidad de muestreo correspondió a una muestra compuesta de un lote homogéneo con una densidad de muestreo de una submuestra cada dos hectáreas. Para la obtención de las muestras se utilizó barreno cilíndrico (diseño FAO) hasta una profundidad de 0,2m. El suelo fue secado al aire y tamizado por malla de 2mm.

2.- **Ensayo en condiciones controladas de invernáculo:** Las unidades experimentales del ensayo fueron macetas con 1 g de suelo seco, mantenido en 80%

de su humedad equivalente, mediante riegos diarios con agua desionizada. El diseño utilizado fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se sembró como planta índice tomate (*Lycopersicon esculentum*), dejando una densidad de 5 plantas por maceta.

**Los tratamientos fueron:** Testigo, P1 (45 g P/ha), P2 (90 g P/ha) y NP1 (50 g N + 45 g P/ha). Las drogas utilizadas fueron  $H_2PO_4$  y  $(NH_4)NO_3$ , aplicadas en solución sobre suelo extendido con posterior homogeneización.

La cosecha se realizó a ras del suelo a los 2 meses de sembrado. Como variable respuesta se midió peso seco a la cosecha (PS).

**3.- Análisis químico del suelo:** Todos los lotes en estudio cuentan con las siguientes determinaciones:

Caracterización general: pH; relación suelo/agua: 1/2,5; determinación potenciométrica; C total, N total (Jackson, 1964); humedad equivalente.

- Diagnóstico de la fertilidad fosforada:

**Cuadro N° 1: Caracterización general de los lotes y diferentes mediciones del P del suelo**

	T	AA	pH	Ct %	Nt %	B1 (1)	O1 (1)	R (1)	B2 (1)	B25 (1)	PO (1)	a	b
1	1	3	6,3	2,27	0,19	9,4	7,7	10,7	19,2	30,4	12,6	1,99	0,23
2	1	13	6,3	1,93	0,16	8,7	5,8	8,59	18,0	30,4	6,1	1,99	0,24
3	1	13	6,0	2,79	0,24	7,4	5,5	9,67	12,2	ND	8,6	2,34	0,21
4	1	13	6,0	2,83	0,24	10,0	7,1	11,3	16,5	64,0	9,6	2,37	0,25
5	1	4	5,5	1,57	0,13	10,1	5,5	7,62	19,8	43,0	7,5	1,79	0,19
6	2	4	6,1	2,74	0,24	13,8	12,2	21,2	26,5	45,6	15,6	2,42	0,19
7	2	1	6,0	2,74	0,24	16,1	5,92	14,2	22,9	35,4	10,2	2,27	0,20
8	2	4	5,9	ND	ND	8,6	6,7	12,2	19,6	27,8	11,3	2,16	0,18
9	2	1	5,9	2,40	0,21	7,8	4,82	7,16	12,9	30,5	11,9	1,98	0,22
10	2	1	5,9	2,73	0,23	6,4	3,61	7,35	12,5	22,9	9,3	2,04	0,13
11	2	9	6,0	2,41	0,22	9,0	5,85	9,88	17,4	43,0	9,9	2,09	0,18
12	2	9	5,9	2,69	0,24	8,6	6,77	12,5	14,1	ND	7,8	2,31	0,15
13	2	7	6,1	2,62	0,22	6,8	3,78	7,33	10,9	32,8	8,1	1,84	0,19
14	2	3	6,2	1,72	0,16	5,8	3,08	11,6	14,4	ND	6,9	1,52	0,24
15	2	1	5,8	3,0	0,25	6,0	4,59	9,39	9,5	30,4	13,4	1,83	0,17
16	2	8	5,8	2,88	0,26	15,5	11,1	17,9	22,9	ND	11,3	2,27	0,26
17	2	13	6,0	2,64	0,22	9,4	6,78	13,4	13,1	32,8	7,6	2,10	0,21
18	2	5	6,0	2,71	0,23	17,5	12,7	20,3	27,6	43,0	19,3	2,36	0,26
19	2	2	5,9	2,71	0,24	8,9	5,46	9,18	17,0	32,8	6,9	2,07	0,23
20	2	12	5,9	2,2	0,19	7,0	6,08	9,85	13,8	ND	7,2	ND	ND
21	2	4	5,9	2,93	0,25	11,1	6,61	16,8	18,8	ND	10,3	ND	ND

**Referencias:**

T: Taxón: 1 Hapludol típico 2 Argiudol típico

AA: Años de agricultura a partir de pradera

(1):  $\mu\text{g P. g}^{-1}$

- P extractable: Bray y Kurtz N°1 (B1); Bray y Kurtz N°2 (B2); Bray y Kurtz N°25 con relación extractante/suelo:25/1 (B25); Olsen (OI) (Jackson, 1964); Resinas de intercambio aniónico (R) (Sibbesen, 1978)
- P orgánico lábil (Bowman and Cole, 1978) (PO) Extracciones secuenciales con resinas de intercambio aniónico (El Nennah, 1978): los resultados fueron ajustados mediante la función  $y=ax^b$ , donde  $y= P$  adsorbido,  $x=$  tiempo de agitación,  $a$  y  $b=$  constantes (Zubillaga y Vázquez, 1993).

En todos los casos se utilizó determinación colorimétrica por el método de Murphy y Riley (1962).

4.- **Análisis estadístico:** Se realizaron análisis de varianza (ANVA) ( $p<0,05$ ) de las variables respuesta medidas en el ensayo de invernáculo. En los casos en que las varianzas indicaron diferencias significativas entre tratamientos, se analizaron dichas diferencias a través de pruebas de comparaciones múltiples de Tuckey ( $p<0,05$ ).

La forma de asociación entre la respuesta vegetal a

la aplicación del fertilizante y las diferentes técnicas analíticas edáficas y variables de sitio, fue estudiada mediante regresión lineal.

Para las determinaciones edáficas de RIAS se usaron análisis de regresión lineal y no lineal (modelos logarítmico, exponencial, recíproco y multiplicativo). La selección de variables y optimización de modelos se hizo de acuerdo al método de Stepwise. Para llevar a cabo los análisis estadísticos se utilizaron los métodos del programa estadístico STATGRAPHIC.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1.- Características químicas de los suelos y sus medidas de asociación

En el cuadro N°1 se transcriben los resultados de las características generales de los lotes y las diferentes mediciones del P del suelo.

**Cuadro N°2: Medidas de asociación entre diferentes mediciones analíticas del suelo, variables de sitio y respuesta vegetal**

	AA	pH	Ct	Nt	PO	B1	OI	R	B2	B25	a	b	RRP1	RRNP1
AA	1	-	-	(**)	(*)	-	-	-	(**)	-	-	-	(**)	-
pH		1	(**)	(**)	-	-	**	-	**	(**)	(**)	**	(**)	-
Ct			1	**	-	-	-	*	(**)	**	**	(**)	**	(**)
Nt				1	-	-	-	-	-	**	**	(**)	**	(**)
PO					1	**	**	-	*	-	-	-	-	(**)
B1						1	**	**	(**)	-	-	(**)	-	(**)
OI							1	**	-	-	-	(*)	(**)	(**)
R								1	(**)	*	**	(**)	-	(**)
B2									1	(**)	(**)	**	-	-
B25										1	**	(**)	**	-
a											1	(**)	-	(*)
b												1	-	**
RRP1													1	-
RRNP1														1

#### Referencias:

- \* significativo al 5% ( $r > 0.433$ ) ( ) correlación negativa
- \*\* significativo al 1% ( $r > 0.549$ ) - no significativo

En el cuadro N°2 se presentan las medidas de asociación entre los diferentes métodos analíticos de suelos, variables de sitio y respuesta vegetal, dejando constancia del grado de significancia entre dichas variables ( $p < 0,05$  y  $0,01$ ).

Observamos que B1, B2, OI, R, PO y b se encuentran asociados estadísticamente entre sí (probabilidad mayor al 95%), concordando con resultados encontrados por Vázquez *et al.* (1987), para suelos de la Pampa ondulada y Pampa arenosa. Asimismo, para diferentes suelos del país Lopez Camelo *et al.* (1982) señalaron una elevada correlación entre los valores obtenidos con los métodos de Kurtz y Bray I y el resultado de Sibbesen con resinas de intercambio aniónico. Como era de esperarse, existe asociación significativa entre Ct y Nt.

## 2.- Respuesta a la aplicación de fertilizantes

En el cuadro N°3 se presentan los resultados de los rendimientos relativos para los distintos tratamientos obtenidos en el ensayo de invernáculo. Con la finalidad de poder hacer pruebas estadísticas con la información de ambos tratamientos simultáneamente se expresa de la siguiente manera:

$$RR = \frac{\text{Rendimiento fertilizado} - \text{Rendimiento testigo}}{\text{Rendimiento testigo}}$$

RR= Rendimiento Relativo

Analizando la respuesta a la aplicación de fertilizantes a través del ANVA de las variables vegetales y sus comparaciones múltiples, pueden hacerse los siguientes comentarios.

En el 81% de los casos, 17 de los 21 suelos, la aplicación de P (P1 o P2) superó al testigo. Esta respuesta al fertilizante tiene lugar en toda la escala de P extractable abordada en este trabajo. Como referencia puede mencionarse que estos suelos poseen valores de P (Kurtz y Bray I) entre 5,8 a 16,1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , considerado como niveles bajos a moderadamente bien provisto (Darwich, 1992).

El criterio para la selección de los tratamientos fue generar información acerca de la respuesta a P y además observar si la respuesta mejoraba con el agregado de N, sin poder estudiar la interacción

entre ambos nutrientes debido al gran número de unidades experimentales que dificultaba el manejo del ensayo y se alejaba del objetivo inicial del mismo.

La combinación con N, ha producido incrementos en PS de la planta, en la mayoría de los suelos, 20 de los 21 suelos estudiados. Por otro lado, el incremento de la dosis de 45 a 90  $\text{g P}_2\text{O}_5/$  ha no arrojó en ningún caso diferencias estadísticamente significativas.

De acuerdo con los resultados del Test de Tuckey para PS, puede apreciarse que la combinación NP1, a excepción de las muestras 5 y 19, superó a todos los tratamientos aplicados.

## 3.- Predicción de la respuesta al agregado de P y NP

Para estudiar la asociación entre la respuesta a

**Cuadro N°3: Rendimiento relativo de los distintos tratamientos**

Muestra	Rendimiento Relativo		
	P1	P2	NP1
1	0,49	0,70	1,14
2	0,51	0,39	1,46
3	0,69	0,71	1,86
4	0,30	0,63	0,75
5	0,77	0,95	0,66
6	0,02	ND	0,34
7	0,35	0,31	0,48
8	0,50	0,51	1,14
9	1,51	1,92	2,63
10	1,38	1,72	2,09
11	0,82	0,84	1,68
12	0,70	0,53	1,22
13	0,84	1,07	1,80
14	0,92	1,19	1,80
15	0,86	0,51	1,89
16	0,16	0,18	0,39
17	0,53	0,39	1,12
18	0,00	0,04	0,19
19	1,20	1,29	1,29
20	3,06	2,85	4,79
21	0,40	0,47	0,63

la fertilización fosforada y los diferentes parámetros químicos analizados se han empleado como variables dependientes el valor de los rendimientos relativos en la dosis P1 (RRP1) y bajo la aplicación conjunta de NP1 (RRNP1).

Dentro de la matriz de correlación presentada en la cuadro N°2 pueden observarse las correlaciones de las variables independientes con las variables dependientes seleccionadas. Se puede advertir cuales son las variables de sitio que mayor asociación tienen con RRP1 y RRNP1. En este sentido se destacan los parámetros relacionados con materia orgánica, Ct y Nt, que presentan coeficientes de correlación lineal al 1% de significancia. También se asocian AA y pH con RRP1 con un nivel de significancia del 1%, no así con RRNP1.

La selección del grupo de variables independientes a incluir en los modelos predictivos, fue realizada utilizando los criterios estadísticos de Stepwise, tomando un valor de F parcial de 4 como límite (Draper y Smith, 1981). Cabe destacar que estos modelos predictivos son de carácter preliminar ya que el ensayo de respuesta vegetal al agregado de P se realizó en condiciones controladas de invernáculo.

Para la población en estudio (cuadro N°4), se observó que con las medidas de P extractable obtenidas con los métodos de B1 y O1 más la inclusión de otras variables se obtienen los mejores ajustes, con R2 ajustado mayores al 64%.

El P extractable con resinas por sí mismo pudo explicar el 63% del RRP1. Este método se asemeja en su extracción al comportamiento de las raíces vegetales, siendo un índice del factor capacidad y de la tasa de liberación del P del suelo (Olsen *et al.* 1980).

La predicción de la respuesta al agregado de P1 mejoró cuando se incorporó como variable de sitio AA. Es de interés destacar el signo negativo de esta variable debido a que indicaría deficiencias importantes de N, que impedirían la respuesta a la fertilización fosforada. Esto se pone en evidencia cuando se consideró RRNP1 como variable dependiente, donde aquí no ingresaron al modedo AA ni Nt.

Cuando se dividió la población según taxón y refiriéndose únicamente a las muestras procedentes de Argiudoles típicos que representan el 76% de los casos estudiados, la predicción de los modelos mejoró en muchos casos (cuadro N°5). El comportamiento de los modelos fué muy satisfactorio con valores de R2 ajustado que oscilaron entre 74 y 88%.

Los métodos de B1 y R fueron los que mejor predijeron el RRP1 y RRNP1 en esta nueva población, acompañados en algunos casos por las variables AA, Nt y PO. Como en la población anterior el empleo de R y B1 por si mismas explicaron gran parte de la variación de RRP1 y RRNP1.

Teniendo en cuenta la diversidad de estos suelos en cuanto a su historia de fertilización se agruparon las muestras en fertilizadas y no ferti-

**Cuadro N°4: Modelos predictivos de respuesta al agregado de P y NP. Población: entera**

Modelo	variable independiente	B	R <sup>2</sup> ajustado	variable dependiente
1	constante	1,8083	64,0	RRP1
	B1	-0,0960		
	AA	-0,0331		
2	constante	1,5937	65,1	RRP1
	O1	-0,1219		
	AA	-0,0216		
3	constante	1,6001	63,7	RRP1
	R	-0,0800		
4	constante	2,9229	72,1	RRNP1
	B1	-0,1682		

**Referencias:**

B: coeficiente de variables independientes

R<sup>2</sup> ajustado: coeficiente de determinación ajustado en %



zadas (o cuya antigüedad de la última fertilización fosforada es mayor a 4 años) obteniéndose los siguientes modelos (cuadro N°6) para las muestras fertilizadas, que representaron el 71% de los casos.

Con esta nueva población homogeneizada en relación a la historia de fertilización, se obtuvieron nuevamente modelos con  $R^2$  satisfactorios que oscilaron entre 61 y 88%.

En esta población para la predicción de RRP1 se destacó OI, entre los métodos extractivos superando a B1. A diferencia de las poblaciones anteriores R no tuvo un buen comportamiento.

**Cuadro N°5: Modelos predictivos de respuesta al agregado de P y NP. Población: Argiudol típico**

Modelo	variable independiente	B	R <sup>2</sup> ajustado	variable dependiente
1	constante	1,8790	84,7	RRP1
	R	-0,0937		
2	constante	1,9223	73,9	RRP1
	B1	-0,0974		
	AA	-0,0416		
3	constante	2,9912	78,4	RRNP1
	B1	-0,1668		
4	constante	3,1015	81,3	RRNP1
	R	-0,1448		
5	constante	4,4863	88	RRNP1
	R	-0,1597		
	Nt	-7,8635		
	PO	0,0555		

**Referencias:**

B: coeficiente de las variables independientes

R<sup>2</sup> ajustado: coeficiente de determinación ajustado en %

En similitud con lo sucedido en las demás poblaciones, la predicción del RRP1 mejoró con la inclusión de AA. En cambio, en RRNP1 apareció

**Cuadro N°6: Modelos predictivos de respuesta al agregado de P y NP. Población: fertilizados.**

Modelo	variable independiente	B	R <sup>2</sup> ajustado	variable dependiente
1	constante	1,6198	61	RRP1
	B1	-0,0857		
	AA	-0,0243		
2	constante	1,2991	65	RRP1
	OI	-0,1061		
3	constante	1,4800	69,7	RRP1
	OI	-0,1091		
	AA	-0,0204		
4	constante	2,5278	74,7	RRNP1
	B1	-0,1437		
5	constante	-1,1117	78,4	RRNP1
	B1	-0,1310		
	pH	0,5855		
6	constante	-3,2610	81,2	RRNP1
	OI	-0,1558		
	pH	0,9036		
7	constante	-4,0312	87,9	RRNP1
	OI	-0,1241		
	pH	1,1682		
	b	-4,6824		

**Referencias:**

B: coeficientes de las variables independientes

R<sup>2</sup> ajustado: coeficiente de determinación ajustado en %

ron dos nuevas variables, pH y una medida de renovación de P, el coeficiente b. El signo positivo con que participa el valor de pH en el modelo puede explicarse porque en el rango de pH analizado en este trabajo, los mayores valores corresponden a menor precipitación del P agregado como fertilizante.

### CONCLUSIONES

Se verificaron diferencias en los valores de los coeficientes de determinación de las ecuaciones de regresión cuando la población se clasificó según taxón o historia de fertilización.

Las técnicas de B1 y O1 fueron las más eficientes en la predicción de la respuesta al agregado de P1 para la población entera y fertilizada, siendo R y B1 las mejores técnicas para la población de Argiudoles típicos. La inclusión de una segunda variable en algunos modelos, como AA que se correlaciona con la disponibilidad de N, mejoraron la predicción de los mismos.

Para la predicción de la respuesta al agregado de NP1 las mejores técnicas de P extractable fueron B1 para la población entera y B1 y R para Argiudoles típicos, siendo las variables de sitio para estos últimos Nt y PO. B1 y O1 tuvieron muy buena predicción para la población fertilizada con la inclusión de pH y b según los casos.

### BIBLIOGRAFIA

- BARBERIS, L.A. y colaboradores. 1983. Análisis de la respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada en la pampa ondulada y su predicción. *Ciencia del Suelo* 1:51-64.
- BARROW, N.J. 1979. The description of desorption of phosphate from soil. *The J. of Soil Sci.* 30:259-270.
- BOLAÑO de DANIEL, A. 1982. Determinación de la capacidad reguladora y concentración ajustada de fósforo en suelos de la región pampeana. *Ciencia del Suelo* 2:99-106.
- BOWMAN, R.A.; COLE, C.V. 1978. An exploratory method for fractionation of organic phosphorus from grassland soils. *Soil Sci.* 125:95-101.
- DARWICH, N.A. 1992. Fertilización en praderas. Actas 1º Congreso Mundial sobre producción, utilización y conservación de forrajes empleados en la alimentación de la ganadería vacuna, pag.77-88. Buenos Aires, Argentina.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. 1981. Applied regression analysis. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- EL NENNAH, M. 1978. Phosphorus in soil extracted with anionexchange resin.I. Time dissolution relationship. *Plant and Soil* 49:647-651.
- FIXEN, P.E. and Ludwick, A.E. 1983. Phosphorus and potassium fertilization of irrigated alfalfa on calcareous soils.I. Soil Test maintenance requeriment6s. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47:107- 112.
- GIUFFRE de LOPEZ CAMELO, L.; VAZQUEZ, M., FUMAGALLI, C. 1991. Relationship between P sorption indexes and plant response. Com. in *Soil Sci. and Plant Anal.* 22:1975-1984.
- HOLFORD, I.C.R. 1980. Greenhouse evaluation of four phosphorus soil test in relation to phosphate buffering and labile phosphate in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:555-559.
- HOLFORD, I.C.R. 1983. Difference in the efficacy of various soil phosphate tests for white clover between very acid and more alkaline soils. *Aust. J. Soil Res.* 21:173-182.
- IBRAHIM, H.S AND PRATT, P.F. 1982. Effect of rate of application and time on phosphorus sorption by soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:926-928.
- JACKSON, M.L. 1964. Análisis químico de suelos. Editorial Omega S.A. Barcelona.
- JUDEL, G.K.; GEBAUER, W.G.; MENGEL, K. 1985. Yield response and availability of various phosphate fertilizer types as estimated by EUF. *Plant and Soil* 83:107-115.



- MACKAY, A.D.; SYERS, J.K.; GRECC, P.E.; TILLMAN, R.W. 1984. A comparison of 3 soil-testing procedures for estimating the plant availability of phosphorus in soil receiving either superphosphate or phosphate rock. *New Zealand J. of Agri. Res.* 27:231-245.
- MENDOZA, R. 1986. Isotermas de adsorción de P en suelos argentinos. III. Relación entre capacidad reguladora de fosfatos del suelo y la eficiencia en la aplicación de fósforo para el crecimiento. *Ciencia del Suelo* 4:185-192.
- MENDOZA, R. 1988. Different performances of soil phosphate test for reflecting the effects of buffering capacity on uptake of native phosphate with time. *Plant and Soil* 113:13-19.
- MURPHY, J. AND RILEY, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta* 27:31-36.
- NATH, A.K.; DIPTE KUMER BORAH. 1983. A study on the release of native and applied fixed phosphate as affected by pH and moisture regime. *Indian J. of Agri. Chem.* 16:247-251.
- OLSEN S.R. and KHASAWNEH, F.E. 1980. Use and limitations of physicochemical criteria for assessing the status of phosphorus in soil. En: F.E. Khasawneh. E.C. Sample. E.J.
- KAMPRATH (ed.). The Role of phosphorus in Agriculture. A.S.A.- C.S.S.A.-S.S.S.A. Madison, Wisconsin, USA, 361-440.
- OZANNE, P.G. and SHAW, T.C. 1968. Advantages of the recently developed phosphate sorption test over the older extractant methods for soil phosphate. *9th International Congress of Soil Science* 2:280-293.
- SHEPPARD, S.C. and RACZ, G.J. 1984. Effects of soil temperature on phosphorus extractability. I. Extractions and plant uptake of soil and fertilizer. *Can. J. Soil Sci.* 64:241- 254.
- SIBBESEN, E. 1978. An investigation of the anion exchange resin method for soil phosphate extraction. *Plant and Soil* 50:305-321.
- VAZQUEZ, M.E.; NOELLEMAYER, E.; STRUFFOLINO, A; LOPEZ CAMELO, L.; BARBERIS, L.A. 1987. Métodos de medición del fósforo extractable en suelos del norte y oeste de la Pradera Pampeana. Su evaluación biológica. *Ciencia del Suelo* 5:19-30.
- ZUBILLAGA, M.S. y VAZQUEZ, M.E. 1993. Evaluación de la dinámica de la renovación del P del suelo a través de extracciones sucesivas con resinas de intercambio aniónico. *Ciencia del Suelo* 10/11:30-35.