

FERTILIZACION FOSFORICA DEL TRIGO EN EL SUDOESTE BONAERENSE. I. MODELOS DE LA RESPUESTA

María M. Ron y Tomás Loewy

Departamento de Agronomía, U. N. S. 8000 Bahía Blanca
INTA, E. E. A. Bordenave, C. C. 44. 8187 Bordenave, provincia de Buenos Aires

RESUMEN

En el sudoeste de la provincia de Buenos Aires la deficiencia de P es un factor que limita el rendimiento del cultivo de trigo en por lo menos un 50 % del área. El objetivo de este estudio fue calibrar el método de diagnóstico basado en un análisis químico de suelos y desarrollar un modelo múltiple, predictivo de la respuesta, adicionando otros datos de sitio. Se utilizaron los rendimientos de las parcelas testigo y fertilizadas con 16 kg de P (SPT)/ha de 33 sitios. Las variaciones independientes empleadas fueron: fósforo extractable (Pe), pH, % de M. O., textura y ciclo del trigo. Se determinó un valor límite (V. L.) entre 10 y 11 ppm de Pe que separa los suelos del área en dos clases con distinta probabilidad de respuesta. De los modelos continuos ajustados, el que mejor describió la variación de la respuesta fue la función lineal de Pe para los valores bajos y medios. El modelo múltiple desarrollado que incluye, además de Pe, las variables de textura y ciclo del trigo, puede ser utilizado tentativamente como predictivo.

Palabras clave: trigo, fertilización fosfórica, modelos de respuesta.

FERTILIZATION OF WHEAT IN SOUTHWESTERN BUENOS AIRES PROVINCE. I. YIELD RESPONSE MODELS

ABSTRACT

In the SW of Buenos Aires province P deficiencies are a wheat yield limiting factor in at least 50 % of the area. The objective of this work was to calibrate a diagnosis method based on a chemical soil test and to develop a multiple model predicting response to P fertilizer (ΔY) including other site data. The yields of check plots and those fertilized with 16 kg P (SPT)/ha in 33 sites were used. The independent variables were extractable phosphorus (Pe), pH, % organic matter, texture and sowing date. A limiting value between 10 and 11 ppm of Pe that separated the soils in two classes with different response probabilities was found. The continuous model that best described ΔY variation was a linear function of Pe for low and intermediate values. The multiple model included texture and sowing date apart from Pe and can be tentatively employed as predictive of yield response.

Key words: wheat, phosphorus fertilization, yield response models.

INTRODUCCION

El trigo es el principal cultivo de cosecha en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. En esta zona los suelos presentan acentuadas deficiencias de fertilidad nitrogenada y fosfórica (Loewy y Seewald, 1980; Loewy y Puricelli, 1982). En la región pampeana se realizó un mapa esquemático de la disponibilidad de P en el suelo de acuerdo al nivel de P extractable (Pe) (Darwich, 1983), pero la calibración del método requiere, además, ensayos de fertilización a campo por zona y por cultivo. Al respecto existen varios antecedentes (Fernández Tuñón y Darwich, 1971; Berardo y Darwich, 1974; Berardo et al., 1980; Senigagliesi et al., 1983 y Barberis et al., 1987). También dentro del área de estudio se realizaron ensayos de fertilización N-P en trigo (Cantamutto et al., 1986).

La respuesta del cultivo está determinada por el Pe y por distintos factores edáficos y extraedáficos: capacidad reguladora del P (Holford, 1980a; Bolaño et al., 1984), precipitaciones (Mattar, 1977; Nutall et al., 1979), potencial de rendimiento del cultivo (Berardo et al., 1980), entre otros. El objetivo del presente estudio fue: 1) calibrar el método Bray y Kurtz para establecer niveles de respuesta a la fertilización fosfórica del trigo en suelos del sudoeste bonaerense y 2) obtener un modelo empírico predictivo, de la respuesta al fertilizante, adicionando otros parámetros de fácil determinación.

MATERIALES Y METODOS

a) Área de estudio

La zona se halla comprendida entre las isohietas de 500 y 700 mm. Los suelos empleados incluyeron Haplustoles/Argiustoles, al oeste y Haplustoles/Argiudoles al este (Figura 1). El clima se define como templado, subhúmedo al NE y en transición a semiárido al SO (Glave, 1975; Moscatelli et al., 1989).

b) Ensayos experimentales

Los ensayos se condujeron sobre lotes trigueros de la zona entre los años 1980-1989. Se empleó un 56 % de variedades de ciclo largo (Chasicó INTA), un 18 % de ciclo intermedio (Cochicó INTA) y un 24 % de ciclo corto (Klein Chamaco). El diseño utilizado fue de bloques completos, con parcelas divididas en franjas y unidad experimental de 34 m². Mayores detalles sobre el área

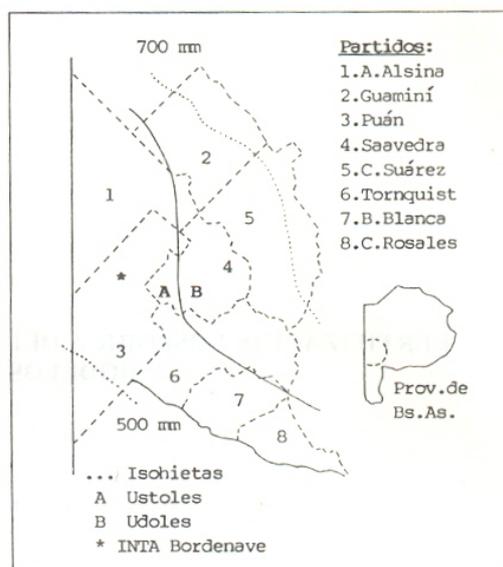


Fig. 1. Ubicación del área de estudio y delimitación de partidos.

y la conducción de los ensayos se pueden hallar en un trabajo previo (Loewy, 1990).

El estudio se basó en la información de los rendimientos del testigo (Y_0) y fertilizado (Y_f) con 16 kg de P/ha en la línea de siembra. El fertilizante fosfórico utilizado fue superfosfato triple. Por tratarse de ensayos con fertilización N-P se utilizó el promedio de las parcelas con distintas dosis de N en los ensayos sin respuesta a N y solamente de las parcelas con la mayor respuesta a N en los restantes. La elección de las dosis y la forma de aplicación de P obedece a resultados experimentales preliminares.

c) Análisis químicos y físicos

Los análisis químicos se realizaron sobre muestras de suelos tamizadas por 0,5 mm. Para el Pe se utilizó la técnica de Bray y Kurtz n° 1 empleando una relación suelo : solución extractiva de 1:8 con 5 minutos de agitación.

La textura se realizó al tacto y se clasificó en fina (suelos francos, franco limosos o franco arcillosos), media (franco arenosos) y gruesa (areno francos y arenosos).

d) Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó como va-

riable dependiente la de respuesta absoluta: $\Delta Y = Y_f - Y_0$. Si bien las variables dependientes relativas $\left(\frac{Y_0}{Y_f} \cdot 100 \text{ ó } \frac{\Delta Y}{Y_f} \cdot 100\right)$ presentan la ventaja de eli-

minar la variabilidad de los datos de sitio debido a factores no considerados en los modelos, se descartó su uso por consideraciones de aplicación práctica y de rigor estadístico (Nelson y Anderson, 1977; Colwell et al., 1988).

Modelos discontinuos

Se calibró el método de Bray y Kurtz, determinando valores límites que separan clases de distinta probabilidad de respuesta, de acuerdo a los métodos propuestos por Cate y Nelson (1965;

1971) y Nelson y Anderson (1977).

Modelos continuos

Simples: Para obtener un modelo simple de la respuesta se ajustaron las funciones más comúnmente usadas en la literatura para encontrar la que mejor describe la relación entre la respuesta y el Pe (Jáuregui y Llop, 1984; Barberis et al., 1987; Colwell et al., 1988).

Debido a que los datos no estaban uniformemente distribuidos a lo largo del rango completo de Pe se trabajó, además, en un intervalo reducido a la mitad inferior del mismo (hasta 14 ppm) donde se concentraron el 80 % de los casos (Tabla 1).

Tabla 1. Características de las variables, de respuesta y de sitio, empleadas en los dos rangos de Pe.

Variable	Descripción	n	media \pm S. D.		Rango	Unidades
Dependiente ΔY	Respuesta absoluta	33	379	269	-70 a 1102	kg/ha
	Rend. F. - Rend. T.	26	423	271	0 a 1102	kg/ha
Independientes						
1 - Pe	P extractable	33	11,9	5,8	5,5 - 25,0	ppm
	Bray y Kurtz n° 1	26	9,3	2,5	5,5 - 14,0	ppm
2 - pH	Med. Potenc. en agua 1: 2.5	33	6,47	0,29	6,00 - 7,25	-
		26	6,49	0,32	6,00 - 7,25	-
3 - M. O.	Materia Orgánica Walkley Black	33	3,08	1,07	1,25 - 5,17	%
		26	3,04	0,98	1,85 - 5,17	%
4 - Textura	F fina M media o gruesa				(*)	
					(*)	
5 - Ciclo del trigo	L largo C intermedio o corto				(*)	
					(*)	
					(*)	

(*) Variables "dummy": 1 = corresponde; 0 = no corresponde

Múltiples: Las variables independientes empleadas en los modelos múltiples fueron de dos tipos: continuas (Pe, pH, %M.O.) y "dummy" (M,C) (Tabla 1)

Se formularon inicialmente variables "dummy" de suborden de suelos (Udol-Ustol), zonificación (N - NE - Centro - S), textura (fina, media o gruesa) y ciclo del trigo (largo, intermedio o corto). Se descartaron los dos primeros grupos por estar significativamente correlacionados con otras variables "dummy" o continuas, reformulándose

las restantes para minimizar los riesgos de sesgo estadístico (Tabla 1). Sólo una de las dos variables, para textura o ciclo del trigo, son necesarias en la regresión: se prescindió de F y L por ser las que arrojaron una menor estimación de la respuesta en el análisis parcial de cada grupo, quedando incluidas en el coeficiente independiente.

La correlación parcial entre las variables descriptas en la Tabla 1 se muestra en la Tabla 2. Todas las variables independientes se relacionaron

significativamente con la respuesta. Esta relación, sin embargo, no es de carácter estrictamente funcional (a excepción, quizás, de Pe), por lo que el modelo múltiple desarrollado fue de naturaleza predominante predictiva según lo descrito por Draper y Smith (1981).

Los modelos múltiples se desarrollaron con la siguiente secuencia de tácticas: se obtuvo uno que incluía todas las variables independientes propuestas y luego se seleccionaron las que más aportaron a la predicción de la respuesta. Esta selección se realizó utilizando los criterios estadísticos de Backward, Forward, Stepwise, C. P. de Mallows y R^2 ajustado, tomando para los tres primeros un valor de F parcial = 4 como límite (Draper y Smith, 1981). Posteriormente, se hicieron los test "F" de adición de las variables seleccionadas al modelo simple de la respuesta en función de Pe.

Para las regresiones simples y múltiples se realizaron los análisis de residuales con el objeto de evaluar la calidad de los ajustes y detectar posibles violaciones a los supuestos estadísticos en que se basan las mismas.

Tabla 2. Coeficientes de correlación parcial entre las variables empleadas.

	M	P	M.O.	pH	C	ΔY
M	1					
P	-0.36	1				
M.O.	-0.77	0.42	1			
pH	0.25	-0.32	-0.24	1		
C	0.12	-0.21	-0.28	0.08	1	
ΔY	0.69	-0.67	0.61	0.43	0.37	1

$r_{0.05} = 0.38$; $r_{0.01} = 0.49$

RESULTADOS

Calibración del método de Bray y Kurtz

Modelos discontinuos: el método gráfico y de análisis de varianza (Cate y Nelson, 1965, 1971) coincidieron en un valor límite entre 10 y 11 ppm de Pe para dividir los suelos en dos grupos con distinta probabilidad de respuesta (Tabla 3).

Tabla 3. Modelos discontinuos de la respuesta a la fertilización fosfórica en función del contenido de Pe, ppm.

Dos Clases	Rango de Pe (n)	5,5 - 10,0 (19)	11,0 - 25,0 (14)	
	Promedio $\Delta Y \pm$ S.D.	527 \pm 235	178 \pm 160	
Tres Clases	Rango de Pe (n)	5,5 - 6,0 (3)	6,5 - 10,0 (16)	11,0 - 25,0 (14)
	Promedio $\Delta Y \pm$ S.D.	847 \pm 231	467 \pm 187	178 \pm 160

Otro modelo (Nelson y Anderson, 1977) determinó un número óptimo de 3 clases significativamente diferentes, a niveles superiores a 0,05 %, de acuerdo a un test "t" (Tabla 3). Una de las clases tiene sólo 3 casos por lo que se requeriría mayor información para confirmarlo como grupo diferenciado. El límite entre 10 y 11 ppm de Pe, en cambio, parece representar una verdadera zona de clivaje.

Modelos continuos: los modelos que mejor explicaron la variación de la respuesta a la fertilización fosfórica, en función del contenido de Pe en el suelo, se detallan en la Tabla 4. Del análisis de los residuales surgió que los ajustes más satisfactorios, en el rango completo de Pe, correspondie-

ron a parábolas de diferente curvatura. Ello, juntamente con el criterio de R^2 ajustado, señalaría primariamente a la función cuadrática de la raíz cuadrada de Pe como el modelo que mejor describió la relación simple entre las variables. Por otra parte, en la respuesta a valores bajos y medios de Pe ($n = 26$), la función lineal de Pe aventajó ligeramente a las parábolas. El modelo de respuesta lineal y de meseta (RLM) calculado para el rango completo, tuvo como coordenadas de corte a Pe = 14,0 y $\Delta Y = 78,2$, superponiéndose —en el rango reducido— a la función lineal. El porcentaje de variación explicado por los modelos fue relativamente bajo y osciló entre 42 y 46 % para todos los casos.

Tabla 4. Modelos continuos de la respuesta a la fertilización fosfórica para el rango completo (n = 33) y reducido (n = 26) de Pe.

		R ²	R ² ajust.
n = 33	$\Delta Y = 3250 - 1460 \sqrt{Pe} + 171 Pe$	44,7	41,0
	$\Delta Y = 1330 - 133 Pe + 3,60 Pe^2$	43,3	39,5
	$\Delta Y = -67,0 + 4400,1/Pe$	41,8	40,0 (x)
	$\Delta Y = (1100 - 72,7 Pe)d_1 + 78,2 d_2$	(+)	
n = 26	$\Delta Y = 1100 - 72,7 Pe$	45,4	43,1
	$\Delta Y = 2190 - 722 \sqrt{Pe} + 44,1 Pe$	46,0	41,3
	$\Delta Y = 1310 - 119 Pe + 2,35 Pe^2$	45,7	41,0 (x)
	$\Delta Y = -263 + 5300 \cdot 1/Pe$	45,4	43,2 (x)

(x) ajustes poco satisfactorios; (+) $d_1 = 1$ $d_2 = 0$ para $Pe \leq 14,0$
 $d_1 = 0$ $d_2 = 1$ para $Pe > 14,0$

Tabla 5. Regresión lineal múltiple para la respuesta a la fertilización fosfórica en trigo. Modelos completo y seleccionados por distintos criterios estadísticos.

Modelo		R ²
Completo	$\Delta Y = -368 + 300 M - 44,7 Pe + 12,4 M.O. + 139 pH + 118 C$	74,4 %
Seleccionado por:		
R ² ajustado	$\Delta Y = -317 + 282 M - 44,1 Pe + 139 pH + 114 C$	74,3 %
C.P. de Mallows	$\Delta Y = 612 + 297 M - 48,6 Pe + 115 C$	72,0 %
BW, FW y SW (+)	$\Delta Y = 691 + 304 M - 52,9 Pe$	67,8 %

(+) BW: Backward, FW: Forward, SW: Stepwise.

M: textura media a gruesa - corresponde 1; no corresponde 0

C: variedad de ciclo intermedio o corto - corresponde 1; no corresponde 0

Modelos múltiples

En la Tabla 5 se informan los modelos múltiples hallados para el rango reducido de Pe. Los valores de M. O. y pH mantienen características similares a las del rango completo (Tabla 1).

La M. O. fue descartada como variable por todos los criterios de selección utilizados. De hecho el R² del modelo completo prácticamente no difiere del modelo siguiente. Este parámetro tiene una mayor asociación individual con ΔY que el pH y el ciclo del trigo (Tabla 2) pero estuvo significativamente relacionado con la textura y el Pe, lo que la transforma en una variable "sucía", cuya inclusión no resulta conveniente. La composición mecánica del suelo, evaluada en su forma más simple, fue por sí sola la variable que mejor explicó los cambios de ΔY , aventajando al propio Pe. Sólo estas dos variables independientes fueron escogidas por los criterios estadísticos que, generalmente, se consideran como más sólidos. La adición de la variable "ciclo del trigo" al último modelo,

no obstante, resultó significativa al 10 %, no así la subsiguiente adición del pH. (Tabla 5).

Para los modelos simples y múltiples (rango reducido) no se detectaron casos marginales o influentes. Por otra parte en el análisis de residuales no se evidenciaron violaciones a los supuestos estadísticos de normalidad y homocedastidad.

DISCUSION

Calibración del método de Bray y Kurtz

La primera etapa en la calibración consistió en determinar un valor límite (V. L.) que separa clases con distinta probabilidad de respuesta. Para el sudoeste de la provincia de Buenos Aires se encontró un nivel de 10,5 ppm., que coincide con el establecido tentativamente en informes anteriores (Loewy, 1984). Este valor supera al propuesto inicialmente (7-8 ppm) para el sudeste de la provin-

cia (Fernández Tuñón y Darwich, 1971; Berardo y Darwich, 1974), pero no puede compararse con antecedentes recientes (Berardo et al., 1980; Senigaglia et al., 1983) que fueron obtenidos a partir de modelos continuos.

El uso de modelos continuos es un método más moderno, para el estudio de la respuesta, que el V. L. De las funciones ensayadas, las parábolas dieron los ajustes más satisfactorios para el rango completo de Pe coincidiendo con otros trabajos (Berardo et al., 1980; Barberis et al., 1987). Estas resultaron incongruentes, sin embargo, porque el mínimo se encontró dentro del rango de Pe en estudio (Cuadro 4): a partir de Pe = 17-18 ppm las curvas indicaron respuesta en aumento.

El modelo de R L M señala un corte para Pe = 14. La reducción del rango hasta este nivel resulta conveniente ya que por sobre el mismo hay una menor densidad de datos y algunos puntos erráticos podrían ser influyentes. Por regla general no debería haber un modelo donde hay un intervalo de más de 2 ppm sin experimentar. Es probable, por último, que los puntos con Pe alto correspondan a suelos de una población distinta, no cumpliéndose el supuesto estadístico de homocedasticidad que requiere la regresión.

Por estas razones el modelo continuo más adecuado es la función lineal que describe la variación de la respuesta para valores bajos y medios de Pe (Cuadro 4). Cabe destacar que el coeficiente de determinación (45,4 %) no es lo suficientemente alto para emplear el modelo como predictivo.

Para ilustrar esto se graficaron las bandas de confianza al 90 % y las de predicción al 50 y 90 % (Figura 2). Las primeras representan el área donde en efecto se encontraría la recta que describe el comportamiento *promedio* de toda la población. Si se desea realizar la predicción de un evento futuro, no obstante, se deben considerar las bandas de predicción. Para el 90 %, éstas tienen una amplitud de alrededor de 700 kg y sólo se aseguran respuestas al menos moderadas para los valores inferiores de Pe. A un nivel de confianza del 50 % la amplitud lógicamente es menor (350-380 kg) y si se considera sólo el límite inferior de la misma, se puede esperar que la respuesta no sea menor a éste con una probabilidad del 75 %.

Modelos múltiples

Dado el número de variables que afectan la disponibilidad del P en el suelo y su expresión en el rendimiento del cultivo, la tendencia moderna es recurrir a información adicional al Pe para decidir una fertilización (Jones Jr., 1988).

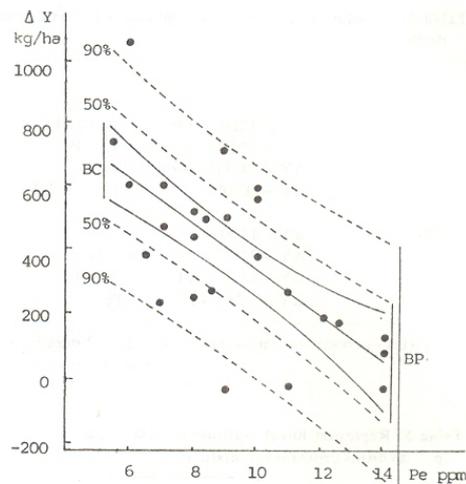


Fig. 2. Bandas de confianza (BC) al 90 % y de predicción (BP) al 50 % y 90 % de la recta que describe la variación de ΔY con Pe (rango reducido)

En su modelo mecanístico Barber (1984) formuló 3 parámetros de la absorción de nutrimentos por las plantas que están directamente relacionados con el suelo: la concentración del elemento en la solución del suelo, su coeficiente de difusión y el poder buffer. Este último es, en efecto, una variable muy utilizada en la bibliografía para mejorar la explicación de la respuesta y las recomendaciones de fertilización (Holford, 1980a).

En los suelos de la región pampeana la capacidad reguladora del P ha sido descripta en función de la textura, el contenido de materia orgánica y el pH (Bolaño de Daniel, 1984). Dentro del área en estudio sólo la primera de estas 3 variables fue seleccionada para los modelos múltiples. Los suelos clasificados como de textura fina tienen, indudablemente, una capacidad reguladora mayor que el resto. A pesar del rol importante que la materia orgánica cumple en procesos químicos, físicos y biológicos del suelo, su relación global con la respuesta a la fertilización fosfórica fue más indirecta. La adición del pH a los modelos tampoco fue significativa, probablemente debido a la inclusión previa del Pe con el cual está asociado (Tabla 2).

Los modelos seleccionados en función de Pe y M o Pe, M y C presentaron R^2 lo suficientemente altos como para poder ser tomados, tentativamente, como predictivos (Tabla 5). En el primero

se pone en evidencia que los suelos de textura fina tuvieron en promedio una respuesta de alrededor de 300 kg menor que los de textura media o gruesa para un mismo valor de Pe. La baja respuesta podría deberse a que el método extractivo de Bray y Kurtz es demasiado sensible al poder buffer del suelo y subestima la cantidad de P disponible (Holford, 1980b) y/o a la retención del P por el suelo.

El segundo modelo señala una respuesta de unos 100 kg más para las variedades de ciclo intermedio o corto dentro de un nivel de textura y Pe. En este caso puede especularse que los trigos de siembra temprana aprovechan más eficientemente el P nativo del suelo debido a una mayor exploración por parte de las raíces y a un tiempo de absorción más prolongado. No se descarta, además, el efecto de diferentes potenciales de rendimiento. A los fines prácticos, no obstante, el primer modelo sería más usado.

A la luz de estos resultados cabe una revisión del V. L. determinado en la sección anterior, de acuerdo a los grupos de distinta textura. El nivel informado es aplicable a los suelos de textura media. En efecto, éste no varía si se suprimen los casos con textura fina. La información disponible resulta insuficiente para calcular los V. L. co-

rrespondientes a los suelos de texturas fina y gruesa, tanto por el menor número de casos como por el espectro de Pe.

CONCLUSIONES

Para el SO de la provincia de Buenos Aires los suelos con Pe (Bray y Kurtz) ≤ 10 ppm son los de mayor probabilidad de respuesta a la fertilización fosfórica.

La respuesta a una dosis de 16 kg P (SPT)/ha aplicados en la línea de siembra tiene una relación aproximadamente lineal con el Pe en el rango de 5,5 a 14 ppm con pendiente $-72,7$.

La respuesta de un sitio individual con Pe igual a 10 ppm es mayor o igual a 190 kg/ha con un 75 % de probabilidad.

Las variables de textura y ciclo del trigo mejoran significativamente la explicación de la respuesta.

Los suelos de textura media o gruesa con el mismo nivel de Pe tendrían unos 300 kg más de respuesta. En idénticas condiciones de textura y Pe la respuesta sería 100 kg mayor si se utilizan variedades de ciclo corto o intermedio con alto potencial de rendimiento.

REFERENCIAS

- Barber, S. A., 1984. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. John Wiley and Sons, New York, N. Y.
- Barberis, L. A.; G. Duarte; A. Sfeir; L. G. Marban y M. Vázquez, 1987. Respuesta del trigo a la fertilización fosforada en la Pampa Arenosa Húmeda y su predicción. *Ciencia del Suelo*, 5: 166-174.
- Berardo, A. y N. A. Darwich, 1974. Fertilización del cultivo de trigo en el Sudoeste Bonaerense. *Boletín Técnico N° 76*. INTA Balcarce, 16 p.
- Berardo, A.; C. A. Navarro y H. Echeverría, 1980. Relación del contenido de fósforo disponible en el suelo y de nitratos en planta con la respuesta a la fertilización fosfatada y nitrogenada en trigo. *Actas IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo*. II: 515-526.
- Bolaño de Daniel, A., 1984. Determinación de la capacidad reguladora y concentración ajustada de fósforo en suelos de la región pampeana. *Ciencia del Suelo*, 2: 99-106.
- Cantamutto, M. A.; F. E. Mockel; R. A. Rosell; R. M. Martínez; G. D. Gullace; M. R. Landriscini; L. M. Castelli; L. M. Galliz; E. G. Gaido y A. R. Vallati, 1986. Factores que condicionan la respuesta del trigo a la fertilización con N y P en el sur de la provincia de Buenos Aires. *Actas XI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Neuquén / Río Negro. p. 83.
- Cate, R. B. Jr. y L. A. Nelson, 1965. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. *North Carolina Agric. Exp. Stn, International Soil testing series. Tech. Bull. n° 1*.
- Cate, R. B. Jr. y L. A. Nelson, 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 35: 658-659.
- Colwell, J. D.; A. R. Suhet y B. van Raij, 1988. Statistical procedures for developing general soil fertility models for variable regions. CSIRO, Division of Soil. Divisional Report n° 93. Australia. 68 p.
- Darwich, N. A., 1983. Niveles de fósforo asimilable en los suelos pampeanos. 1983 IDIA, n° 409 - 412: 1:5.
- Draper, N. R. y H. Smith, 1981. *Applied regression analysis*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Fernández Tuñón, E. A. y N. A. Darwich, 1971. Relaciones encontradas entre la producción de dos cultivos (trigo y praderas consociadas) y la cantidad de fósforo asimilable del suelo en el sudoeste bonaerense. *Boletín Técnico n° 75*. INTA. Balcarce. 24 p.

- Glave, A. E., 1975. Caracterización física y económica de la región semiárida bonaerense. C. I. C. La Plata, Informe n° 9. 31 p.
- Holford, I. C. R., 1980a. Effects of phosphate buffer capacity on critical levels and relationships between soil test and labile phosphate in wheat growing soils. *Aust. J. Soil Res.* 18: 405-414.
- Holford, I. C. R., 1980b. Greenhouse evaluation of four phosphorus soil tests in relation to phosphate buffering and labile phosphate in soils. *Soil Sci. Soc. A. J.* 44: 555-559.
- Jáuregui, M. A. y A. A. Llop, 1984. Respuesta a los fertilizantes: divergencias entre modelos Cate Nelson y R. L. M. *Ciencia del Suelo* 2: 187-192.
- Jones Jr., J. B., 1988. Soil testing and plant analysis: procedures and use. Food and Fertilizer technology Center. Technical Bulletin 109.
- Loewy, T. y H. A. Seewald, 1980. Fertilidad nitrogenada para trigo en suelos del Sudoeste bonaerense. *Actas IX Reunión Arg. de la Ciencia del Suelo. Paraná II*: 533-536.
- Loewy, T. y C. A. Puricelli, 1982. Disponibilidad de fósforo en suelos del área de la E. E. A. Bordenave. *Informe Técnico* n° 28. 16 p.
- Loewy, T., 1984. Fertilización del trigo. Recomendaciones para el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. *INTA Bordenave, Boletín Informativo* n° 73.
- Loewy, T. 1990. Fertilización nitrogenada del trigo en el Sudoeste bonaerense. I. Respuesta física y diagnóstico. *Ciencia del Suelo* 8: 47-56.
- Mattar, A. E., 1977. Yields and response of cereal crops to phosphorus fertilization under changing rainfall conditions. *Agron. J.* 69: 869-881.
- Moscatelli, G.; J. C. Salazar Lea Plaza; R. Godagnone; H. Grinberg; J. Sánchez; R. Ferrao y M. Cuenca, 1989. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. INTA CIRN. Inst. de Evaluación de tierras, Proyecto P.N.U.D. arg/85/019 Area Edafología Buenos Aires.
- Nelson, L. A. y R. L. Anderson, 1977. Partitioning of Soil Test - Crop Response Probability. In *Soil Testing: Correlating and Interpreting the Analytical Results*. ASA Special Publication, Number 29: 19-38.
- Nuttall, W. F.; H. G. Zandstra y K. E. Bowren, 1979. Yield and N percentage of spring wheat as affected by phosphate fertilizer, moisture use, and available soil P and N. *Agron. J.* 71: 385-390.
- Senigagliaesi, C. A.; R. García; S. Meira; M. R. L. de Galetto; E. Frutos y R. Teves, 1983. La fertilización del cultivo de trigo en el norte de la provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe. *Informe Técnico* n° 1981. INTA. Pergamino. 28 p.