

COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE BRAY & KURTZ N° I Y MEHLICH III EN LA DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN SUELOS CON FERTILIZACIONES CONTINUAS

MIRTA GONZÁLEZ¹; MARÍA VIRGINIA LÓPEZ²; GISELA MORENO¹;
ROMINA COMESE¹ & MARIANO MADERO

Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE Buenos Aires, Argentina.

¹Cátedra de Edafología.

²Cátedra de Métodos Cuantitativos Aplicados.

E-mail: mggonzal@agro.uba.ar

Recibido: 05/10/06

Aceptado: 12/06/07

RESUMEN

Este trabajo propone comparar dos métodos de evaluación de fósforo extractable, Bray & Kurtz I, de uso habitual en la zona pampeana y Mehlich III, de uso internacional en suelos que han recibido fertilizaciones fosfatadas continuas. Los suelos estudiados recibieron dosis crecientes de fertilizante fosfatado, aplicadas al inicio de una rotación de maíz, trigo y soja. Sobre parcelas de campo, se tomaron muestras de suelo, se analizaron y se compararon los datos de fósforo extractable (P) por Mehlich III y Bray & Kurtz I. Para determinar la bondad de ambos métodos, se ajustaron los datos con la prueba de Peto-Wilcoxon de determinación de curvas de concordancia y análisis de regresión para evaluar la sensibilidad de ambos métodos. Los resultados mostraron que a valores bajos, ambos métodos no se diferencian sustancialmente, pero a partir de los 15 (mg kg⁻¹) de P en el suelo, el método de Mehlich III sobreestima el valor con respecto a Bray & Kurtz I. También fue Bray & Kurtz I el que detectó la mejor variación de las dosis agregadas de P, mostrando mayor sensibilidad entre los tratamientos efectuados. Se concluye que de los estudios realizados el método de Bray & Kurtz I es el que mejor se adapta a las prácticas de diagnóstico y recomendaciones regionales de uso de fertilizante.

Palabras clave. Fósforo extractable, Bray Kurtz I, Mehlich III, Región Pampeana.

COMPARISON OF BRAY & KURTZ N° I AND MEHLICH III METHODS IN THE DETERMINATION OF PHOSPHORUS AVAILABILITY IN SOILS WITH CONTINUOUS FERTILIZATIONS

ABSTRACT

In this work, we compared two methods of available phosphorus evaluation, Bray & Kurtz I, (the most common in the pampean zone), and Mehlich III, (commonly used in other countries in soils with continuous P applications). The studied soils received increasing doses of phosphate fertilizer, applied to the beginning of a maize, wheat and soybean rotation. Soil samples were taken in the field, and extractable phosphorus (P) by Mehlich III and Bray & Kurtz I methods were compared. The data were adjusted with the Peto-Wilcoxon test of determination and regression analysis to evaluate the sensitivity of both methods. The results indicated that to low values, these are not different substantially, but from the 15 (mg kg⁻¹) of P in soil, the Mehlich III method overestimates the value with respect to Bray & Kurtz I. This method was the one that showed greater variation to the added doses of P, showing greater sensitivity between treatments. It was concluded that the Bray & Kurtz I method is the one that better adapts to the practices of diagnosis and recommendations of fertilizer use.

Key words. Extractable phosphorus, Bray Kurtz I, Mehlich III, Pampean Region.

INTRODUCCIÓN

En la Región Pampeana argentina se realizaron investigaciones que hacen mención al efecto residual de las fertilizaciones fosforadas (Giuffré *et al.*, 1997; Heredia *et al.*, 1997). El agregado de P por fertilización, produce la formación de compuestos mineralógicos nuevos, que disminuyen su solubilidad, aumentando el valor residual del P aplicado (Mendoza, 1989).

La técnica de extracción utilizada como método de diagnóstico en la región es la de Bray & Kurtz I, cuyos ajustes y calibraciones fueron realizados en tiempo y época donde la fertilización fosfatada no era una práctica habitual, por lo que su determinación fue realizada principalmente en base de los contenidos mineralógicos nativos de P en el suelo. Por lo tanto se presentan interrogantes con relación a esta metodología, y uno de ellos

es si identifica realmente las fracciones residuales nuevas. Solamente en el sudoeste bonaerense Ron & Loewy (1990) calibraron el método de Bray & Kurtz I para trigo; estos investigadores recomiendan la comparación con otros métodos, particularmente en cuanto a la habilidad para predecir respuesta a la fertilización.

La búsqueda de mayor sensibilidad en el diagnóstico y recomendación de fertilizante fosforado obliga a comparar esta metodología con otras de relevancia internacional que presenten mayor adecuación a formas residuales de fósforo en el suelo.

Sobre esta base, se propone como objetivo comparar dos métodos de evaluación de P asimilable, Bray & Kurtz I, de uso habitual en el país, y Mehlich III, de uso internacional; en suelos que reciben fertilizaciones fosforadas continuas. Se compara la sensibilidad de ambos métodos para determinar la cantidad de P extractable del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el partido de 9 de Julio. El suelo está clasificado como Hapludol típico. El análisis granulométrico determinó: 14% de arcilla, 35% de limo y 51% de arena, resultando su textura franca. En cuanto al carbono oxidable (CO) su contenido fue de 11 g kg⁻¹, su capacidad de intercambio (CIC) fue de 23 cmol_c kg⁻¹, el contenido de potasio intercambiable (K int) fue de 1,31 mg kg⁻¹, el pH (relación suelo agua 1:2,5) 6,4 y el fósforo asimilable (P) 6,3 mg kg⁻¹.

Se realizó un experimento con dosis crecientes de fertilización fosforada, realizada en surcos. Todos los tratamientos incluirán la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) y 10 kg ha⁻¹ de azufre (S) para evitar deficiencias de estos nutrientes. Las rotaciones que se realizaron sobre el suelo fueron de maíz, trigo y soja.

Se delimitaron parcelas de 10 m x 50 m. El diseño experimental elegido fue de 3 bloques al azar. Se seleccionaron 14 tratamientos donde se combinó la fertilización de fósforo con la de potasio. Los mismos fueron (P-K): **0-0; 0-25R; 10-25R; 10R-25R; 20-25R; 20R-25R; 40-25R; 80-25R; 20R-0; 20R-25; 20R-50; 20R-50R; 20R-100; 20R-200** (R: aplicaciones anuales). Esta distribución de tratamientos permite evaluar el efecto residual de dosis únicas iniciales de fósforo con aplicaciones anuales, sobre una base de potasio. El fertilizante fue aplicado como superfosfato triple de calcio (20% P) y cloruro de potasio (50% K).

Las muestras de suelos fueron tomadas al tercer año del ensayo, después del cultivo de trigo, maíz y soja a una profundidad de 0-20 cm y de 20-40 cm. Se obtuvieron y compararon 56 pares de muestras de suelo.

Métodos químicos empleados: Mehlich III (Mehlich, 1984) y método de Bray & Kurtz I (Bray & Kurtz, 1945). En ambos casos se cuantificó el P colorimétricamente, por el método de Murphy & Riley (1962).

Se analizó estadísticamente la concordancia en la determinación de P del suelo de ambas técnicas empleando el método grá-

fico propuesto por Bland & Altman (1986) y se calcularon los límites de concordancia para distintos valores de P del suelo (Bland, 2005). Asimismo, se complementó el análisis mediante gráfico de las diferencias absolutas de las mediciones de ambos métodos comparándose las curvas de concordancia de distintas profundidades, fertilización con K y pH, empleando la prueba de Peto-Wilcoxon (Raggio Luiz *et al.*, 2003). Se realizó análisis de regresión para evaluar la sensibilidad de ambos métodos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se compararon los valores de P medidos por Bray & Kurtz I y Mehlich III y los valores medios obtenidos por ambas técnicas para las profundidades de 0-20 y de 20-40 cm. Se observa que el nivel de P en el suelo fue menor cuanto mayor la profundidad. El mayor contenido de P en el suelo se asocia con mayor diferencia entre métodos (Figura 1).

Para los distintos valores de P en el suelo se analizó la presencia de los límites de concordancia que varían en función de la presencia de P en el suelo. De este modo se puede evaluar la diferencia entre las mediciones para niveles dados de P. Por ejemplo en un suelo con contenido de P de 12 mg kg⁻¹ con el método de Bray & Kurtz I, se puede esperar que las determinaciones de Mehlich III no excedan su diferencia ni por encima de valores de 14,6 mg kg⁻¹, ni por debajo de -16,2 mg kg⁻¹. Mientras que para un valor cercano a 60 mg kg⁻¹ podemos esperar valores de diferencias entre los límites de +52 y -87 mg kg⁻¹ (Figura 2).

Para valores de P en el suelo de 15 mg kg⁻¹ o menos, los métodos no se diferencian significativamente del promedio, mientras que para valores superiores a 15 mg kg⁻¹ el método de Mehlich III sobrestima el nivel de P con respecto a Bray & Kurtz I (Tabla 1).

No obstante, se debe considerar que, frecuentemente, no sólo interesa la falta de sesgo en el promedio de las evaluaciones sino las diferencias entre evaluaciones que se está dispuesto a tolerar según el uso que se haga de las mediciones de P. En este aspecto, para la toma de decisiones, pueden ser más informativos los límites de tolerancia calculados anteriormente.

La Figura 3 presenta el gráfico de concordancia de los métodos a partir de las diferencias absolutas.

La interpretación adecuada del gráfico depende fundamentalmente del interés del usuario de los métodos con respecto a la tolerancia de la diferencia de las evaluaciones. Si interesa un límite de tolerancia de 30 mg kg⁻¹ se obtiene una concordancia del 90% (el 90% de las observaciones presentan diferencias iguales o menores a este valor), mientras que si lo es de 10 mg kg⁻¹ la concordancia es menor al 50%.

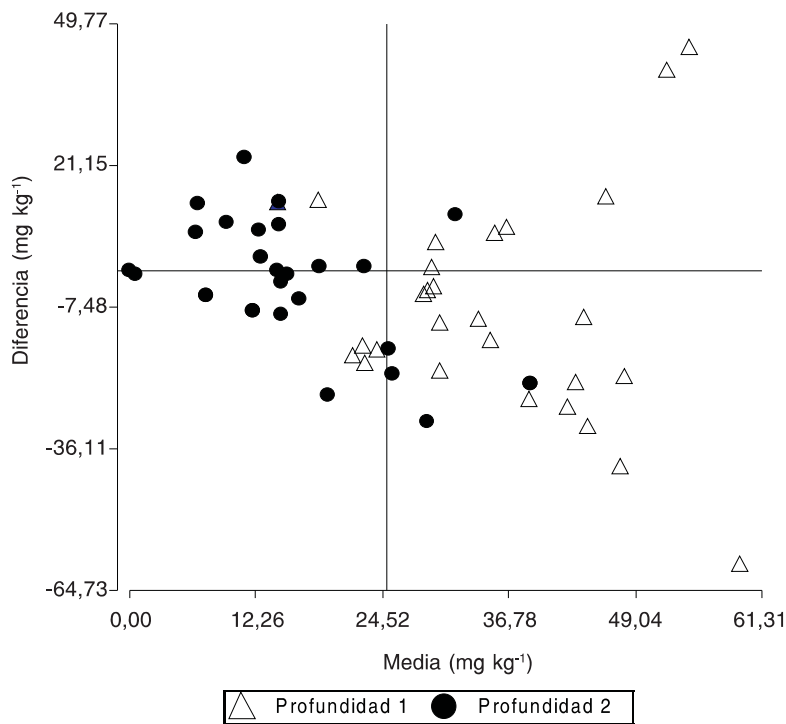
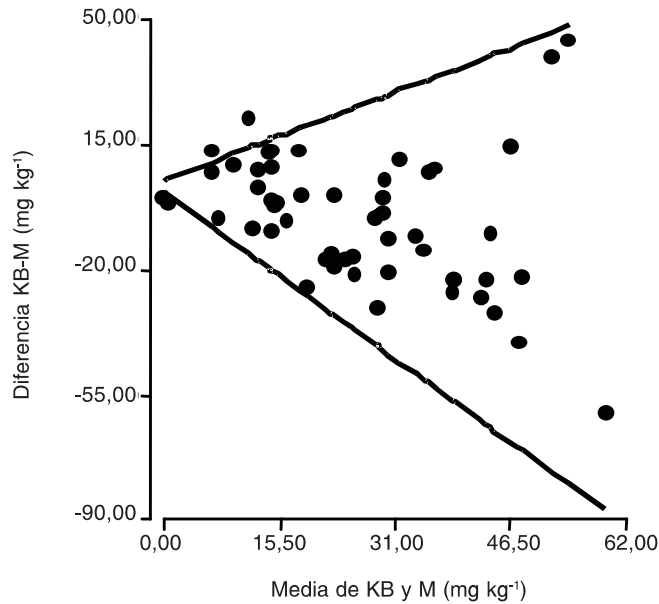


Figura 1. Evaluación de P en el suelo (Bray & Kurtz I – Mehlich III) y la media de esos valores obtenidos por ambos métodos.
 Figure 1. Evaluation of P in soil (Bray & Kurtz I – Mehlich III) and the average of those values obtained by both methods.



Límite inferior del intervalo de concordancia = $2.071537611 - 1.514552982 * P$
 Límite superior del intervalo de concordancia = $5.068462389 + 0.794552982 * P$

Figura 2. Límites de concordancia del 95%.
 Figure 2. Agreement limits of 95%.

Tabla 1. Diferencia entre evaluaciones de Bray & Kurtz I y Mehlich III para dos categorías de niveles de P en suelo.
Table 1. Difference between evaluations of Bray & Kurtz I and Mehlich III for two categories of soil P levels.

Nivel de P	n	Media	DE	LI(95)	LS(95)	T	p(Bilateral)
Hasta 15 mg kg ⁻¹	18	3,36	9,17	-1,20	7,92	1,55	0,1388
Más de 15 mg kg ⁻¹	38	-9,91	19,92	-16,45	-3,36	-3,07	0,0040

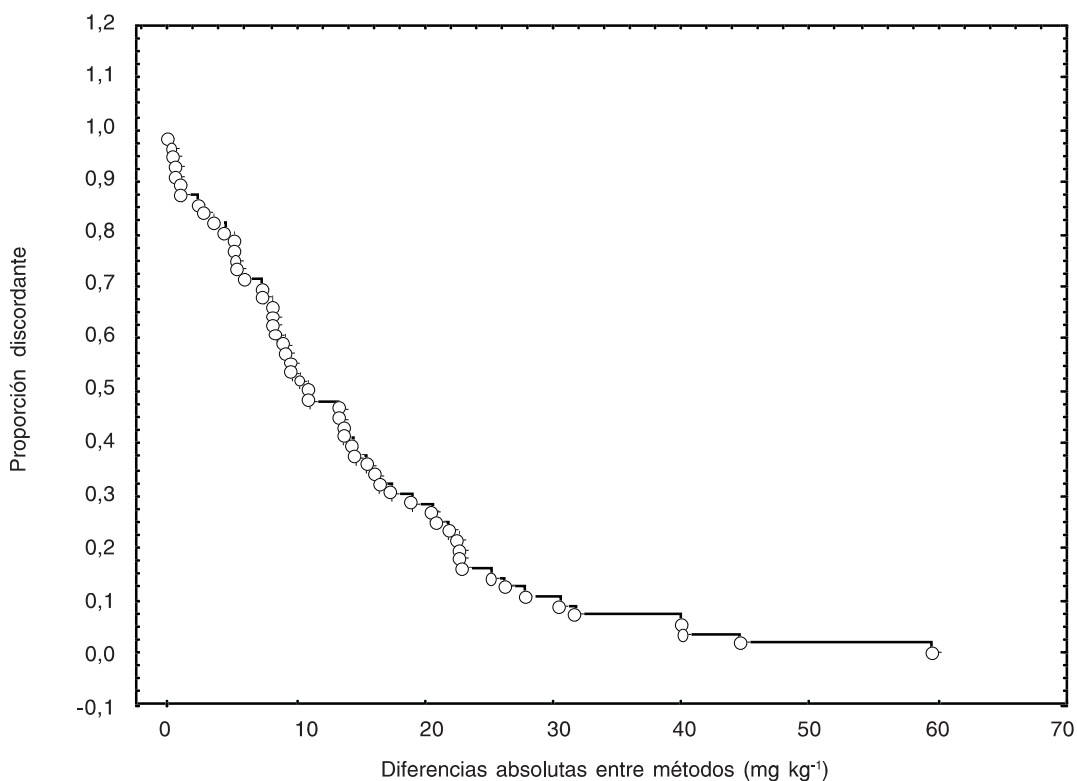


Figura 3. Proporción de observaciones discordante entre Bray & Kurtz I y Mehlich III.

Figure 3. Discordant proportion of observations between Bray & Kurtz I and Mehlich III.

En la comparación de las dos profundidades se detectaron diferencias significativas entre curvas ($p < 0,05$). La profundidad mayor presentó un nivel superior de concordancia entre métodos, confirmando lo mencionado anteriormente (Figura 4).

No se presentaron diferencias en la concordancia de métodos para distintas fertilizaciones con K, ni entre niveles de pH dentro del rango de valores hallados (6,10-7,54).

El siguiente punto que se debe considerar, dado que la concordancia entre métodos no aparece como satisfactoria, por lo menos en los niveles más elevados de P en suelo, es cuál de los métodos es más sensible en reflejar el verdadero contenido de P. En este aspecto la regresión de las mediciones de P por cada uno de los métodos en función del agregado de fertilización fosforada permite evaluar la sensibilidad del método al reflejar el cambio en la respuesta ante el aumento del nivel de P por la ferti-

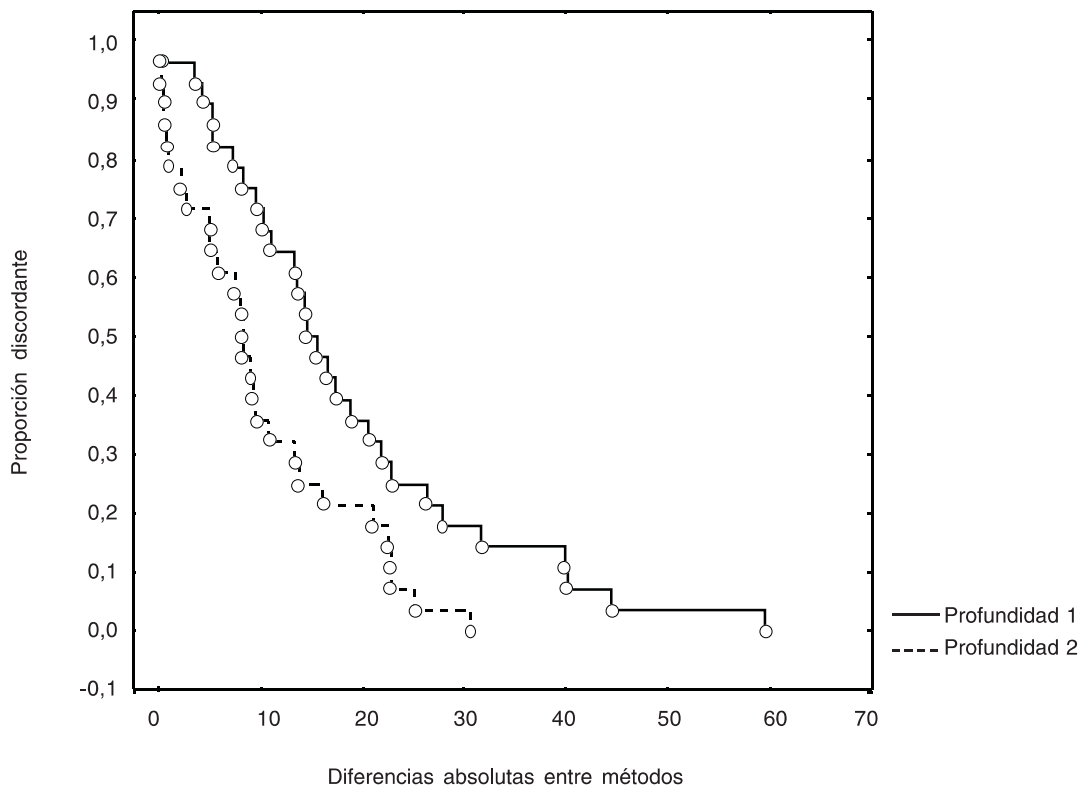


Figura 4. Proporción de observaciones discordantes entre métodos en dos profundidades.

Figure 4. Proportion of discordant observations between methods in two depths.

lización. La Tabla 2 presenta los resultados de las dos regresiones. Ante el agregado de P por fertilización se detecta un aumento significativo en el P en suelo medido por Bray & Kurtz I, no ocurriendo lo mismo cuando este elemento es cuantificado por Mehlich III. Si bien en la primera regresión el coeficiente de determinación es bajo, en el segundo caso el ajuste es muy pobre y la variancia estimada es más del doble que la regresión obtenida con el método de Bray & Kurtz I.

Las estimaciones realizadas conducen a determinar que el método de Bray & Kurtz I presenta mayor sensibilidad a las variaciones de P que el método de Mehlich III. Esto se ve reflejado por la significancia de los estudios estadísticos realizados. En Bray & Kurtz I el R^2 obtenido explica razonablemente el modelo lineal propuesto. En el caso del Mehlich III, la mayor parte de la variación es explicada por la profundidad, siendo plana la respuesta a diferentes cantidades del fertilizante aplicado. El método de Mehlich III, presenta variaciones de

escala positivas con respecto al testigo pero no se encontraron respuestas diferenciales ante distintas cantidades del P aplicado.

El análisis realizado pone de manifiesto que el método de Bray & Kurtz I, tiene la habilidad de reflejar mejor la capacidad de P del suelo a pesar de ser una medida de intensidad. Esta misma cualidad fue estudiada por otros investigadores del país, Loewy, 1982; López Camelo, 1989; Mendoza, 1989; Baravalle, 1993; De Bussetti, 1996; Quintero *et al.*, 1999; quienes llegaron a la misma conclusión. Estos investigadores encontraron también, como en este trabajo, que el método de Bray & Kurtz I evaluó mejor la cantidad de P que otros métodos con los que fue comparado.

Con este trabajo se destaca la mayor simplificación metodológica del Bray & Kurtz I sobre el de Mehlich III para los suelos en estudio. Así mismo se pudo obtener información sobre diferencias en selectividad de disolución de los extractantes (Sharpley *et al.*, 1985; Fixen &

Tabla 2. Análisis de regresión del contenido de P en suelo en función del nivel de P en la fertilización para los dos métodos de evaluación de P.

Table 2. Regression analysis of the content of P in soil based on the level of P in the fertilization for both methods of P evaluation .

Bray & Kurtz I				
Coefficiente	Estimación	Error estándar	T	p-valor
Const	15,54	2,68	5,80	<0,0001
Nivel anual P	0,35	0,09	3,68	0,0005

R²= 0,20 CME= 175,22

Mehlich III				
Coefficiente	Estimación	Error estándar	T	p-valor
Const	30,02	3,88	7,74	<0,0001
Nivel anual P	-0,07	0,14	-0,49	0,6247

R²= 0,004 CME= 367,64

Grove, 1990). En aquellos suelos donde se obtuvo valores menores de 15 mg kg⁻¹ se comportan muy parecidos significando que hasta estos valores hay gran afinidad entre extractantes (Chang & Juo, 1963). En base al estudio obtenido se puede ver la posibilidad de conversión de datos entre ambos métodos para poder compararlos con los de investigaciones extranjeras (Buondonno, 1992).

El método de Bray & Kurtz I es simple en su metodología de determinación y sus resultados son más indicado para prácticas de diagnóstico y recomendación de uso de fertilizantes fosforados comparado con el método de Mehlich III.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo corresponde al Proyecto de Investigación de la Universidad de Buenos Aires: (UBACYT G026).

CONCLUSIONES

A valores bajos, ambos métodos no se diferencian sustancialmente entre sí, pero a partir de los 15 mg kg⁻¹ de fósforo en el suelo, el Mehlich III sobreestima el nivel de este elemento, dando un salto cuantitativo en la cantidad detectada de fósforo respecto al de Bray & Kurtz I.

El método de Bray & Kurtz I, resultó más sensible porque evidenció con claridad los valores en los distintos tratamientos de fertilización, mostrando mayor sensibilidad que el método de Mehlich III.

BIBLIOGRAFÍA

- Baravalle, RA; RA Rosell & AE Glave. 1993. Phosphorus in the Pampean Semi-arid Region of Argentina. I Bray and anionic exchange resin extractable phosphorus. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24: 1567-1576.
- Buondonno, A; E Coppola; D Felleca & P Violante. 1992. Comparing tests for soil fertility: 1. Conversion equations between Olsen and Mehlich 3 as phosphorus extractants for 120 soils of south Italy. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23 (7&8): 699-716.

- Bland, JM. 2005. The Half-Normal distribution method for measurement error: two case studies. (No publicado, disponible en <http://www-users.york.ac.uk/~mb55/talks/halfnor.pdf>).
- Bland, JM & DG Altman. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* I, 307-310.
- Chang, SC & SR Juo. 1963 Available P in relation to forms of phosphates in soils. *Soil Sci.* 95: 91-96.
- De Bussetti, SG; MM Ron & T Loewy. 1996. Evaluación de Métodos de Análisis de Fósforo en suelos del Sudoeste Bonaerense (Argentina). *Ciencia del Suelo* 14: 100-1003.
- Fixen, PE & JH Grove. Testing soil for phosphorus en RL Westerman (ed). Soil testing and plant Analysis. 3rd. Ed. SSSA Book Ser.3 SSSA, Madison, WI. 141-180 pp.
- Giuffré, L; O Heredia; C Pascale & MM Carbajales. 1997. Formas de fósforo del suelo y su relación con las rotaciones y labranzas. *Revista de la Facultad de Agronomía, UBA* 17: 281-287.
- Giuffré, L; C Pascale; M Conti; S Ratto & O Heredia. 1998. Variabilidad espacial del P extractable a nivel micro escala durante el ciclo de un cultivo de trigo bajo dos sistemas de labranza. *Agricultura Técnica, INIA* (Chile). 58: 276-284.
- Heredia, OS; F Miguez; L Giuffré & L Berasategui. 1997. El P extractable y su relación con el P adsorbido en algunos suelos argentinos. *Rev. Cs. Agrarias y Tecnología de los Alimentos, UCA* 15: 15-19.
- Holford, ICR. 1980. Greenhouse evaluation of four phosphorus soil tests in relation to phosphate buffering and labile phosphate in soils. *Soil Sci. Am. J.* 44: 555-559.
- Kurtz, LT & RH Bray. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Loewy, T & CA Purecelli. 1982. Disponibilidad de fósforo en suelos del área de la EEA Bordenave. *Informe técnico* N° 28. 16pp.
- López Camelo, LG. 1989. Índices de sorción de fósforo y su relación con algunas propiedades de los suelos. *Ciencia del suelo* 7: 43-50.
- Majetovic, I & A Durackova. 1994. Comparison of Mehlich 1-, 2- and 3-, Calcium Chloride-, Bray-, Olsen-, Enger-, and Schachtschabel- extractants for determinations of nutrients in two soil types. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25(9&10): 1289-1302.
- Mehlich, A. 1984. Soil Test Extractant: A modification of Mehlich II Extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15(12): 1409-1416.
- Mendoza, RE. 1989. Different performances of soil phosphate tests for reflecting the effects of buffering capacity on uptake of native phosphate with time. *Plant & Soil* 113: 13-19.
- Mendoza, RE. 1989. Ritmo de la reacción del fósforo y el suelo y su relación del fósforo aplicado para el crecimiento del trébol. *Ciencia del suelo* 7: 21- 29.
- Murphy J & JP Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chin. Acta* 27: 3-36.
- Quintero CE; NG Boschetti & RA Benavidez. 1999. Phosphorus retention in some soil of the Argentina Mesopotamia. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 30(9&10): 1449-1461.
- Raggio, Luiz, R; AJ Leal Costa; P Kale & GL Werneck. 2003. Assessment of agreement of a quantitative variable: a new graphical approach. *Journal of Clinical Epidemiology* 56: 963-967.
- Ron, M & T Loewy. 1990. Fertilización fosfórica en trigo en el sudoeste bonaerense. I Modelo de respuesta. *Ciencia del Suelo* 8: 187-194.
- Sharpley, AW; CA Jones; C Gray; CV Cole; H Tissen & CS Holzhey. 1985. A detailed of phosphorus characterization of seventy eight soils. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service A R S: 31-32pp.