

COMPORTAMIENTO DE DOS TECNICAS DE DETERMINACION DEL P-DISPONIBLE EN SUELOS DEL PARTIDO DE VILLARINO (Provincia de Buenos Aires)

N. Echeverría, T. Grossi y M. Commegna

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur
8000 Bahía Blanca

INTRODUCCION

Es bien conocido que el fósforo es uno de los macronutrientes de las plantas más estudiados en el mundo; la complejidad de su ciclo en el suelo justifica ampliamente este hecho.

Agronómicamente, interesa determinar la fracción del fósforo edáfico contenida en la solución del suelo ("factor intensidad" ó I) y las posibilidades, a partir de formas "lábilés", de reaprovisionar de fósforo a la fase líquida (es decir el factor "capacidad" ó Q). Comúnmente, se procura conocer Q mediante la "extracción" del fósforo empleando soluciones ácidas, básicas, resinas de intercambio, agua, etc. Avellaneda (1980) en su revisión citó entonces unos treinta métodos para determinar fósforo disponible. Entre ellos, los más empleados son el Bray y Kurtz Nro. 1 (1945), y el de Olsen *et al* (1954); el primero fue desarrollado para Illinois (EE.UU.) y es muy empleado en la región pampeana; el segundo fue recomendado para suelos calcáreos, habiendo tenido menor difusión, probable-

mente por dificultades en la clarificación de los extractos e interferencias iónicas.

Escasean para Argentina los trabajos en los cuales se hayan contrastado ambas metodologías (u otras similares) entre sí buscando el "ajuste" ó "calibración" para distintas magnitudes de respuesta biológicas. Para el caso del partido de Villarino, solo se conocía el estado "actual" del fósforo por el aporte de Sánchez (1980).

El objetivo de este trabajo fue pues cotejar el comportamiento de las técnicas Bray - 1 y Olsen *et al* para Molisoles de poco grado de evolución del partido de Villarino (Buenos Aires).

La técnica de Bray y Kurtz Nro. 1 (1945) fue diseñada para disolver parte de los fosfatos de calcio por medio de una solución 0,025 N de HCl y formar complejos con los iones Al^{+++} y Fe^{+++} de la fracción mineral a través del FNH_4 , liberando el fósforo retenido en dicha fracción. Por lo tanto, se acepta que se desempeña mejor en suelos con rangos de pH ácido a neutro.

La técnica de Bray y Kurtz Nro. 2 (ver cita de los mismos autores), se distingue de la Nro. 1, pues la solución extractiva es más fuerte, intentando así solubilizar buena parte de la apatita proveniente de las

(*) Trabajo realizado con fondos Proyecto PID 39207-07/85 (CONICET)

fertilizaciones "de fondo" que se realizaron en el pasado en el norte de EEUU, donde se originó la metodología.

La técnica de Olsen *et al* (1954) extrae el fósforo en base a una solución de CO_3HNa 0,5 N ajustada a pH 8,5, a través del producto de solubilidad del CO_3Ca ; así la actividad de los grupos $\text{CO}_3^{=}$ aumenta a medida que la del Ca^{++} disminuye; al disminuir ésta, aumenta la del $\text{PO}_4^{=}$ al captarse las fracciones ligadas superficialmente a los fosfatos de calcio.

Autores como Jackson (1964) indican que el reactivo ha resultado ser capaz de extraer parte del fósforo ligado al aluminio y al hierro, impidiendo su reprecipitación; en ese sentido, podría ser considerado como un extractante de amplio espectro. Cottenie (1984) lo considera un extractante universal.

Dentro de los trabajos argentinos en los que se compararon distintas técnicas analíticas con respecto a la respuesta de las plantas bajo condiciones controladas (invernáculo), se cita el efectuado por Grossi y Lucero (1973). Trabajando con plantas de tomate, especie recomendable por ser sensible al déficit de fósforo, se halló que la técnica de Bray y Kurtz Nro. 1 se comportó mejor que la de Olsen *et al* y que la

de Egner - Riehm: hubo buena correlación entre los dos primeros métodos citados ($r = 0,86955$). Los suelos, pertenecientes al área de Bahía Blanca, tenían un pH actual entre 6,8 y 7,6.

Barberis *et al* (1976 a) utilizaron 29 suelos provenientes del N. Oeste de la pampa húmeda y estudiaron el comportamiento de varios métodos (Bray - 1; Olsen *et al*; Mehlich) con relación al incremento de producción de tomate en presencia de 100 unidades de fósforo; las mejores correlaciones (significativas al 1%), se obtuvieron con el método de Olsen, pero casi sin diferencias con respecto a Bray - 1; a su vez la correlación entre ambos métodos fue $r = 0,931$ (significativa al 1%). La técnica de Mehlich produjo correlaciones siempre inferiores a los otros dos, aunque generalmente con buenas significancias estadísticas.

Tentativamente, se establecieron como niveles de deficiencia 3 y 6 ppm para los métodos de Olsen y Bray - 1, respectivamente, que podrían usarse indistintamente con fines predictivos.

También Barberis *et al* (1976 b) efectuaron otro aporte similar para suelos de tres provincias, provenientes de capa arable y subsuelo. De ellos, los más

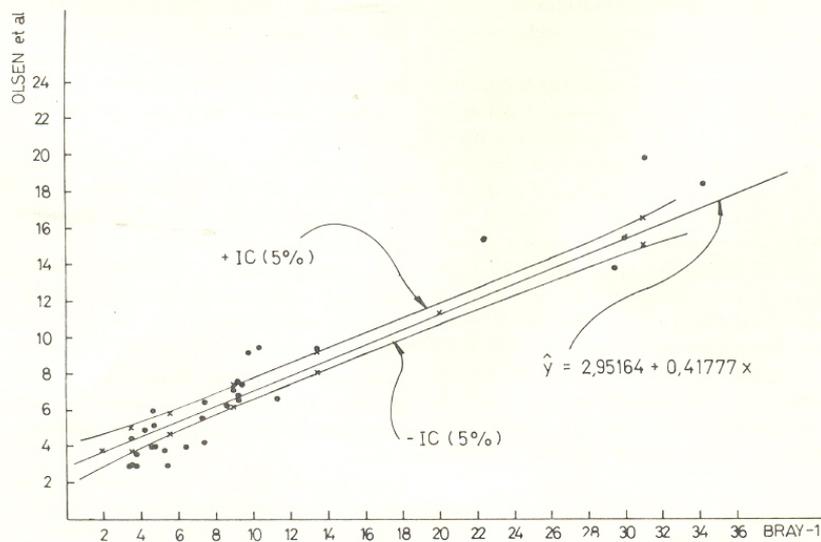


Figura 1. Relación entre las técnicas de extracción de P.

interesantes desde el punto de vista regional para nuestro trabajo, son los datos correspondientes a Tres Arroyos, donde se halló una excelente correlación entre los métodos de BRAY-1 y OLSEN *et al* ($r = 0,972$, significativa al 1%); no se realizaron aquí comprobaciones de respuestas biológicas.

Vázquez de Saavedra (1980) cotejó varios métodos para suelos correntinos (no incluyó el de Olsen *et al*), juzgando que el de Bray y Kurtz Nro. 1 correlacionó mejor con la producción de materia seca en plántulas de maíz cultivadas a campo.

Echeverría *et al* (1980) utilizaron 17 suelos del SE de Buenos Aires, correlacionando los valores analíticos obtenidos según las técnicas de Bray - 1, Olsen *et al* y de Sissingh con la producción de ryegrass (en macetas). El mejor ajuste se obtuvo con el último citado, pero con los otros dos el valor de r fue también alto y "estadísticamente significativos al 1%"; a su vez, la correlación entre la técnica de Bray - 1 y la de Olsen *et al* fue excelente ($r = 0,970$).

Los autores de este trabajo concluyeron que los 3 métodos probados podrían utilizarse con fines de diagnóstico.

Un trabajo muy completo, puesto que incluyó la prueba de 6 técnicas analíticas para suelos de la "pampa ondulada" y de la "pampa arenosa" en base a la respuesta del tomate como planta indicadora, fue recientemente publicado por Vázquez *et al* (1987); en el que se concluyó que el método Bray - 1 fue generalmente el que mostró mejores correlaciones con la respuesta de la planta, si bien el Bray - 2, no quedó a la zaga. De todos modos, aunque "estadísticamente significativos", los valores de r resultaron más bajos que para otros estudios antes comentados.

Los autores realizaron un amplio análisis estadístico procurando hallar los modelos de regresión simple de mejor ajuste: resultó así que se evidenció la necesidad de emplear soluciones extractivas diferentes según los suelos a estudiar (por ejemplo el Bray - 2 se comportó muy bien en la "pampa arenosa" y pobremente en la "ondulada"). Hubo también correlaciones "muy significativas" entre métodos (por ejemplo $r = 0,53$ entre Bray - 1 y Olsen *et al*, aunque inferiores a las mencionadas para otros trabajos).

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con 29 muestras de suelo (horizonte A)

provenientes de campos de productores del Partido de Villarino (Bs. As.), en el sector entre Ombucta - Médanos.

En cada caso, se identificó el suelo, mediante un reconocimiento expeditivo en calicata. Del total, 28 fueron Molisoles, con perfil típico A - AC - C - Tosca; la textura del horizonte estudiado es areno/franca a franco/arenosa; la muestra restante (Nro. 169) fue clasificada como Entisol.

Se trata de materiales modernos depositados sobre una "costra" calcárea de edad probablemente pleistocénica, que originaron suelos someros, con poco grado de evolución genética.

El muestreo de capa arable se realizó con pala, en un sector de unos 20 por 20 metros, quedando la calicata aproximadamente en el centro; el muestreo fue compuesto, con no menos de 5/6 submuestras para integrar el conjunto.

El procesamiento en el laboratorio fue el prescripto habitualmente (secado a temperatura ambiente, molienda y tamizado por tamiz de 0,5 mm); las lecturas se realizaron colorimétricamente, con equipo Spectronic 20 con desarrollo de color por el método del ácido sulfomolibdico y ácido ascórbico.

Las determinaciones para fósforo se realizaron por cuadruplicado, calculándose la media y su desviación estándar; para pH (relación suelo/agua 1:1), mediante potenciómetro digital, por duplicado.

La interpretación estadística se realizó con técnicas comunes (medidas de posición; dispersión; correlaciones bivariadas lineales). En este último caso, se consideró como variable independiente (X) a los valores obtenidos para pH ó P - Bray - 1; la significancia estadística del r calculado, se efectuó según Anova y prueba de "F". En caso de falta de significancia, se ensayaron otros modelos de correlación, lo que se indica en cada caso.

RESULTADOS OBTENIDOS

En la **Tabla 1**, se indicaron para cada muestra estudiada: 1) el manejo actual del suelo; 2) el valor medio del pH (1:1); 3) el valor medio y la desviación estándar para los dos métodos de análisis de fósforo.

En la **Tabla 2**, se presentan los datos de la relación entre el pH y los niveles de fósforo para cada uno de los métodos probados.

En la **Tabla 3** y la **Figura 1** se presentan las relaciones entre ambas técnicas de medición de fósforo.

Tabla 1: Características de las muestras estudiadas.

MUESTRA Nº	MANEJO	pH (1:1)	P (ppm)			
			BRAY-1 \bar{X}	BRAY-1 σ (n)	OLSEN \bar{X}	OLSEN σ (n)
100	Pasto llorón	8,0	5,29	0,175	3,95	0,488
101	Desmontado en 1979	6,75	30,96	1,286	19,72	0,358
104	" " 1985	6,50	29,57	0,350	13,85	0,691
105	" " 1982	7,00	22,44	0,526	15,31	0,576
106	Bajo monte	5,60	96,34	1,278	41,25	6,326
107	Monocultivo	7,00	7,12	0,243	5,57	0,652
108	Pasto llorón	7,25	4,69	0,147	5,27	0,787
123	" "	7,85	13,56	0,203	9,12	0,526
124	" "	6,80	34,11	0,22	18,55	1,102
125	Av. + Vicia sp.	7,60	7,54	0,164	6,50	0,156
126	Desmontado	7,85	9,53	0,46	7,51	0,11
127	Pasto llorón	7,05	4,10	0,26	5,00	0,208
128	Avena	7,10	11,34	0,186	6,85	0,734
129	Natural	7,50	6,39	0,233	3,96	0,484
130	Trigo	7,05	8,98	0,59	7,10	0,915
140	Pasto llorón	7,07	3,52	0,142	2,98	0,943
144	Avena	7,22	10,24	0,17	9,60	1,252
145	Avena (bosteos)	6,97	8,59	0,195	6,11	0,438
154	Trigo	7,57	3,81	0,243	3,40	0,613
158	Alfalfa + P. ovillo	7,17	4,52	0,147	4,05	0,637
162	Avena	7,22	9,17	-	6,49	0,36
163	Alfalfa + Ryegrass	7,87	9,27	0,173	6,72	1,615
166	Pasto llorón	7,75	3,69	0,085	3,05	0,673
168	" "	7,20	4,77	-	6,07	0,551
169	" "	7,35	7,21	0,153	4,16	0,546
170	" "	7,92	3,44	-	4,50	0,537
171	Avena	8,02	5,55	0,29	2,98	0,582
172	"	6,92	9,27	0,173	7,61	1,115
173	Pasto llorón	7,57	9,78	0,205	9,12	0,79

Tabla 2 : pH y P extractable.

Eje	Determinaciones	n	Coefic. correl. y signific.	Ecuación lineal
Y	BRAY-1	29	r= -0,7482 (1%)	Y= 201,891 - 25,959X
X	pH (1:1)			
Y	OLSEN et al	29	r= -0,7489 (1%)	Y= 88,951 - 11,072X
X	pH (1:1)			

DISCUSION

De la **Tabla 1** se deduce que los suelos estudiados, en su mayoría (93%), sobrepasaron valores de pH 6,5; de todos modos, el valor más alto no pasó de pH = 8,02. Esa alcalinidad es cálcica, al estar el complejo de intercambio saturado por dicho catión, situación típica de suelos poco evolucionados por las características de semiaridez de la región.

En esas condiciones, en base al muestreo de diferentes manejos de las tierras, se obtuvieron amplios rangos de valores de fósforo (ver **tablas 1 y 3**); casi habitualmente (86,2%) los valores de Bray 1 fueron superiores a los de Olsen.

La repetibilidad de los valores fue mayor para la técnica de Bray - 1; ello puede deducirse por sus menores desviaciones estándar en comparación al caso de la determinación según Olsen *et al* (ver **tabla 1**).

Se observó una buena asociación (estadísticamente muy significativa) entre la reacción del suelo y el fósforo disponible medido según cada técnica; de todos modos, el coeficiente de determinación fue modesto ($R_2 = 56\%$). (**Tabla 2**).

Se halló una excelente correlación lineal entre ambas metodologías, que resultó "altamente significativa" (1%) según el test de "F". Se confirman así los hallazgos en el mismo sentido citados entre los antecedentes. (**Tabla 3**).

Con el fin de comprobar si las relaciones observadas se cumplían para distintos rangos de pH y valores "umbrales" de fósforo, se procedió a dividir la serie total de 29 pares de valores en dos subgrupos:

a) Relación entre el fósforo y valores de pH < 7,1 > (**Tabla 4**).

Se observó que ambas técnicas siguieron evidenciando la existencia de una relación lineal con la reac-

Tabla 3 : Relación entre las técnicas de extracción de P.

Eje	Determin.	Valores (ppm)		n	Coefic. correl. y signific.	Ecuación lineal
		Rango	Media aritm.			
Y	OLSEN	2,98-41,25	8,49	29	r=0,98032 (1%)	Y=2,9516+0,4177X
X	BRAY-1	3,44-96,34	13,26			

Tabla 4 : Relación entre P y pH<7.1>

Eje	Determin.	n	Coefic. correl. y signific.	Determin.	n	Coefic. correl. y signific.
X	pH (1:1) hasta 7,1			pH (1:1) 7,11>		
Y	OLSEN et al	12	r=-0,9205 (1%)	OLSEN et al	17	r=-0,28083 (2) (NS)
X	pH (1:1) hasta 7,1			pH (1:1) 7,11>		

(2) $Y = a + b \log X$

ción, como se mostró en la **Tabla 2**; pero fue más estrecha para valores de pH ácidos a levemente alcalinos (hasta pH 7,1) que en la zona alcalina (hasta 8,02). En esta zona, la técnica de Olsen *et al* se comportó mejor, si bien la relación no resultó lineal. Sería interesante verificar en el futuro el comportamiento de la técnica de Bray - 2, que respondió bien en la "Pampa arenosa" (Vázquez *et al*, 1987).

b) Relación entre ambas técnicas para valores de fósforo (según Bray - 1) de < 9 ppm $>$ (**Tabla 5**).

Se utilizó aquí una idea similar a la empleada por Priano *et al* (1985) en su comparación de técnicas analíticas. El valor límite utilizado coincide aproximadamente con el umbral de "deficiencia" para cultivos de invierno.

Si bien ambas correlaciones resultaron "altamente

significativas", puede observarse que ella fue más pobre en el rango "bajo" de valores, para el cual debe precisarse conseguirse mayor precisión, si se busca utilizar una determinación con fines de diagnóstico de necesidad de fertilización.

c) Relación entre ambas técnicas para manejos actuales contrastados (suelos no arados versus bajo cultivo anual).

Se dividió aquí la serie total de valores (29) según que se tratase de tierras actualmente no disturbadas (bajo pasturas cultivadas; monte natural; etc.) en oposición a suelos bajo labranza anual (verdeos, trigos, etc.); los resultados aparecen en la **Tabla 6**.

Puede observarse que no hubo diferencias de "ajuste" entre ambos métodos, en función del manejo actual considerado.

Tabla 5 : P extractable según ambas técnicas para $P < 9$ ppm $>$ (Bray-1)

Datos	n	Coefic. correl.	
		y	pH
		significancia	Rango
< 9 ppm (BRAY-1)	16	r = 0,6616 (1%)	6,97 - 8,02
9,1 ppm $>$	13	r = 0,9855 (1%)	5,60 - 7,87

Tabla 6 : P extractable y manejo de los suelos.

Manejo	BRAY-1	OLSEN et al	n	Coefic. correl. y
Suelos	X (ppm)	Y (ppm)		signific.
No arados	15,015	8,85	16	r = 0,9918 (1%)
Bajo cultivo anual	11,118	8,057	13	r = 0,9787 (1%)

CONCLUSIONES

Del estudio de muestras de suelo (capa arable) de 1 Entisol y 28 Mollisoles de poco grado de evolución del perfil edáfico, que fueron colectadas en el partido de Villarino (Sur de Buenos Aires), se halló que:

1 – Para rangos de valores de pH (1:1) entre 5,6 y 8,02, hubo casi idéntica correlación entre cada una de las técnicas ensayadas Bray - 1 y Olsen *et al*) y la reacción del suelo.

2 – Hubo correlación "altamente significativa" ($r = 0,98032$) para ambas técnicas entre sí; ello permite, utilizando la ecuación lineal de ajuste ($Y = 2,9516 + 9,4177 X$), estimar los valores según Olsen *et al* a partir de los de Bray - 1.

3 – La técnica de Bray - 1, tal como lo especifica la literatura, se comportó muy bien hasta valores de pH de 7,1; para valores superiores, la de OLSEN *et al* fué levemente superior, si bien la relación fue estadísticamente "no significativa" al 5%.

4 – La correlación entre ambas técnicas fue más estrecha ($r = 0,9855$, altamente significativa) para va-

lores de fósforo Bray - 1 superiores a 9,1 ppm; en el rango más deficitario (< 9 ppm), aquella fue más pobre ($r = 0,6616$), altamente significativa).

5 – La correlación entre ambas técnicas se mantuvo sensiblemente estrecha y "altamente significativa" cuando se desglosó el uso actual de las tierras en "suelos no arados" (pasturas; monte natural; etc.) y "bajo cultivo anual" (verdeos; trigo; etc.), con valores de $r = 0,9918$ y $r = 0,9787$ respectivamente, ambos "altamente significativos".

6 – En razón de: a) su mayor reproducibilidad de valores; b) ser la técnica más difundida en nuestro país; c) sencillez de ejecución; es recomendable emplear, por lo menos hasta valores de pH cercanos a 7,1, la técnica de Bray - 1 como metodología de rutina. En trabajos futuros, convendría considerar la posibilidad de ensayar la técnica de Bray - 2.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Carlos A. Puricelli por su ayuda en el análisis estadístico y corrección del texto.

REFERENCIAS

- Avellaneda, M.O., 1980. Fósforo disponible en el suelo, su evaluación. Relato, en: ACTAS IX RACS. Tomo 1: 123-159.
- Barberis, L.A.; Conti de Martínez, M.; L. Berasategui y S. Ratto. 1976 (a) Valoración biológica de diferentes formas de medida del fósforo en suelos del noroeste de la pradera pampeana. IDIA 33: 255-262.
- Barberis, L.A.; Conti de Martínez, M. y L. Giuffré. 1976 (b). Comparación de métodos químicos de medida de fósforo disponible y su relación con las formas del fósforo del suelo. IDIA 33: 69-74.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.
- Cottenie, A., 1984. Los análisis de suelos y de las plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. Bol. de Suelos de la FAO. 38: 116 p.
- Echeverría, H.; C.A. Navarro y M.A. Iglesias, 1980. Evaluación de distintos métodos de análisis de nitrógeno y fósforo disponibles en suelos del sudeste bonaerense bajo condiciones de invernáculo. Actas IX RACS. T II; 491-498.
- Grossi, T. y J.C. Lucero. 1973. Fósforo disponible en suelos de la región de Bahía Blanca. Calibrado de metodología para su determinación. Ciencia e Investig. 29: 81-85.
- Jackson, M.L. 1964. Análisis Químico de Suelos. Edic. OMEGA S.A. 662 p.
- Olsen, S.R.; C.V. Cole; F.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate US Dept. Agric. Circ. 939. 19 p.
- Priano, L.J.J.; M.A. Pilatti y J.A. de Orellana, 1985. Correlaciones entre técnicas extractivas para fósforo soluble en Argiudoles de Las Colonias (Pcia. S. Fe). Ciencia del Suelo, 3: 185-188.

- Sánchez, R.M. 1980. Estudio de los niveles de fósforo en el área de influencia de la E.E.A. H. Ascasubi. Inf. Tec. INTA Ascasubi 19: 22 p.
- Vásquez de Saavedra, S. 1980. Estudio de diferentes métodos químicos para la determinación de fósforo asimilable en suelos de la Provincia de Corrientes. Actas IX R.A.C.S. T. I.: 219-224.
- Vázquez, M.F.; E. Noellemeyer; A. Struffolino; L.G. López Camelo y L.A. Barberis 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.