

# Comparación de métodos de análisis de fósforo para predecir la respuesta en algunos suelos de Ñuble<sup>1</sup>

José F. Araos F.<sup>2</sup>

## INTRODUCCION

Aun cuando la magnitud de la respuesta de un cultivo a un nutriente depende de muchos factores, la disponibilidad de dicho nutriente en el suelo es de esencial importancia. En un suelo dado, esta disponibilidad es la resultante de factores como los rendimientos, cultivos y manejo de ese suelo en el pasado, incluyendo el uso de fertilizantes. En consecuencia, para un cultivo determinado y un tipo de suelo dado, la fertilización debe planearse sobre la base de cada potrero individualmente. Para ello, lo más efectivo es estimar la disponibilidad del nutriente mediante el análisis de una muestra representativa del suelo, por un método químico adecuado (Para árboles frutales, el análisis foliar puede ser más aconsejable).

El método químico más adecuado es aquel que permite predecir con mayor exactitud la respuesta de los cultivos a la aplicación del nutriente en cuestión, pero a la vez debe ser suficientemente rápido para permitir el análisis de un elevado número de muestras de suelo en el laboratorio.

<sup>1</sup>Publicación autorizada por la Estación Experimental Quilamapu bajo el N° 1/69. El autor desea agradecer la colaboración recibida de parte del Depto. de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, muy especialmente en la persona del Ing. Agr. Jorge Etchevers B.

Recepción Manuscrito: 28 de abril de 1969.

<sup>2</sup>Ing. Agr., M. S., Estación Experimental Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Casilla 426, Chillán, Chile.

El objetivo del presente trabajo ha sido comparar diversos extractantes químicos en cuanto a su bondad para predecir la respuesta al P en suelos seleccionados de Ñuble.

## REVISION DE LITERATURA

La necesidad de aplicar fósforo (P) en la mayor parte de los suelos chilenos es un hecho ampliamente reconocido (8), (9), (10), (11). Entre Coquimbo y Llanquihue, Letelier (9) encontró que la frecuencia de respuesta al P aumentaba hacia el sur y que era alta en suelos trumaos.

En la provincia de Ñuble y regiones adyacentes, aparte del nitrógeno, el P es el nutriente cuya disponibilidad es más crítica (1) (9). Sin embargo, como es lo usual con cualquier nutriente en cualquier región, la magnitud de la respuesta a P es muy variable. En 46 ensayos en trigo entre Linares y Bío-Bío, Letelier (9) encontró respuestas a P cuya magnitud fluctuó entre -33% y 321%. En 14 de estos ensayos la respuesta fue mayor del 30%. Aun en un cultivo exigente en P como es la remolacha azucarera, en 40 ensayos en Linares y Bío-Bío (4) (5) la respuesta al P presentó gran diversidad, aunque en la mayoría de los casos la respuesta fue alta.

Pocos estudios de comparación y calibración de métodos para estimar la disponibilidad de P del suelo se han realizado en Ñuble y zonas adyacentes. Letelier (9) calificó de

“buena” la asociación encontrada entre P extractado por el método de Olsen (P-Olsen), como también aluminio extractado por el método de Morgan (Al-Morgan), y la respuesta a P en trigo entre Coquimbo y Llanquihue. La asociación fue calificada como “regular” cuando se trabajó con P-Morgan, o bien con la capacidad de retención aniónica del suelo. Cuando se consideró en conjunto P-Olsen y Al-Morgan, o bien capacidad de retención aniónica y P de cambio, las asociaciones con la respuesta a P mejoraron.

En estudios con remolacha azucarera en las zonas de Linares, Bío-Bío y Llanquihue (4) (5), el Al-Morgan no presentó una buena asociación con la respuesta al P, y se concluyó que el considerar el P-Olsen y la fijación de P del suelo en conjunto era útil para predecir la respuesta a P.

### MATERIAL Y METODOS

Se tomó muestras de la capa arable (0-20 cm) de 8 suelos, dos de cada una de las series Arrayán, Mañil, Mirador y San Carlos (6). Las dos primeras son trumaos y las dos últimas son suelos rojos arcillosos. Algunas características químicas de las muestras usadas se presentan en el Cuadro I.

Se seleccionó cuatro métodos extractivos para P del suelo, en base a la difusión en su uso

y a ventajas prácticas en su empleo (16). Sus principales características se presentan en el Cuadro 2. La colorimetría del P se hizo por el método del cloruro estanso de Dickman y Bray, citado por Jackson (7).

Se realizó un experimento con ocho ensayos en macetas, uno por muestra de suelo, al aire libre pero evitando que fueran mojados por agua de lluvia. Como macetas se usó tarros cilindricos de hojalata forrados interiormente con polietileno. Se empleó 2,5 Kg. de suelo seco al aire tamizado a 2 mm. por maceta.

Los ensayos tuvieron el diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos: 0 - 0,20 - 0,41 y 0,61 gr. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por maceta, con dos repeticiones. El P se aplicó como superfosfato triple en la siembra colocado 2,5 cm. bajo la semilla. Se sembró trigo Chifén el 13 de septiembre de 1965, dejando posteriormente seis plantas por maceta. Como abonadura básica se aplicó a la siembra a cada maceta 0,13 gr. de N y 0,09 gr. de K<sub>2</sub>O como solución de salitre potásico, y además 0,04 gr. de S y 0,08 gr. de CaO en forma de CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O en polvo. Posteriormente se hizo dos aplicaciones más de N, de 0,13 y 0,09 gr. de N por maceta, como solución de salitre sódico. Los riegos se efectuaron llevando los suelos a capacidad de campo y evitando que se aproximaran al punto de marchitez permanente. Las plantas fueron

Cuadro 1 — Identificación y algunas características químicas de las muestras.

Suelo N°	Serie de suelos	Materia Orgánica % <sup>1</sup>	“Fijación” de P % <sup>2</sup>	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5
1	Arrayán	11,4	62	6,0
2	Arrayán	8,0	57	5,6
3	Mañil	10,1	62	5,9
4	Mañil	4,8	35	5,6
5	Mirador	3,3	30	5,3
6	Mirador	3,4	28	5,3
7	San Carlos	2,9	28	5,4
8	San Carlos	3,8	28	5,4

<sup>1</sup>Método de Springer y Klee, citado por Behn T., Guenter (2).

<sup>2</sup>Porcentaje de fósforo no recuperado en solución luego de agitar 1 hora y decantar 12 horas 10 gr. de suelo con 100 ml. de una solución de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> conteniendo 24,2 mg. de P.

Cuadro 2 — Métodos extractivos de P usados y sus principales características.

Método	Solución extractora	Relación usada suelo : extractante	Tiempo de agitación
Olsen (13)	NaHCO <sub>3</sub> 0,5 M a pH 8,5	1 : 10	30 min
Bray N° 1 (3)	HCl 0,025N + NH <sub>4</sub> F 0,03N	1 : 7	1 min
Bray N° 2 (3)	HCl 0,1N + NH <sub>4</sub> F 0,03N	1 : 7	1 min
Truog (15)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,002N + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 : 200	30 min

cortadas a ras de suelo a los 80 días de sembradas, a comienzos de espigadura.

Se midió los rendimientos por maceta, en materia seca a 70°C por 48 horas. Se determinó P total en la parte aérea de las plantas mediante digestión con mezcla nítrico-sulfúrica (4:1 en volumen) y colorimetría por el método del ácido vanado molibdicó en medio nítrico (14).

### RESULTADOS Y DISCUSION

Las cantidades de P extraídas por los cuatro métodos siguieron, en general, el orden creciente de: Bray Nº 1, Bray Nº 2, Olsen y Truog (Cuadro 3).

Como índices de respuesta a P se usó el rendimiento en materia seca y la absorción de P por las plantas, expresados como porcentaje alcanzado por el testigo con respecto al máximo obtenido con aplicación de P en cada ensayo (Cuadro 3). La absorción de P corresponde al producto del rendimiento en materia seca por el porcentaje de P en las plantas.

Tanto las cantidades de P extraídas por cada

método como la respuesta a P presentaron rangos de valores relativamente amplios.

Se calculó los coeficientes de correlación simple,  $r$ , entre los valores de P extraído por cada método, como también sus correspondientes logaritmos, y los porcentajes de rendimiento y de absorción de P de los testigos con respecto al máximo obtenido con P (Cuadro 4).

Con los cuatro métodos extractivos los valores de  $r$  fueron mayores para los logaritmos que para los valores reales de P del suelo, para ambos patrones de respuesta. Esto denota que las relaciones consideradas fueron curvilíneas y con pendiente positiva decreciente. Para los métodos de Bray Nº 1, Bray Nº 2 y Truog, tanto en sus valores reales como en logaritmos, los valores de  $r$  fueron mayores con la respuesta en rendimiento que en absorción de P. Con el método de Olsen, en cambio, los valores de  $r$  fueron mayores con la respuesta en absorción de P que en rendimiento.

Todos los valores de  $r$  obtenidos con el método de Olsen fueron significativos, al menos, al 5%, y fueron más altos que los respec-

Cuadro 3 — Fósforo de los suelos extraído por cuatro métodos, porcentajes de rendimientos y de absorción de P del testigo con respecto al máximo obtenido con aplicación de P.

Suelo Nº	P extraído, ppm				(testigo/máximo) x 100	
	Olsen	Bray Nº 1	Bray Nº 2	Truog	Rendimiento	Absorción de P
1	11,5	1,6	4,2	15,0	73,6	68,5
2	13,5	6,7	11,7	10,5	72,2	76,1
3	4,0	0,5	3,5	5,0	12,4	13,3
4	15,3	12,3	20,2	32,5	78,9	56,8
5	7,5	3,6	6,3	10,8	65,0	32,9
6	6,5	4,2	3,9	5,3	47,7	25,6
7	4,8	3,7	5,9	10,5	55,7	31,1
8	5,3	3,3	3,9	9,0	39,6	22,1

Cuadro 4 — Coeficientes de correlación simple,  $r$ , entre P del suelo por cuatro métodos extractivos y respuesta a P en macetas.

Índice de respuesta	Coeficiente de correlación simple, $r$ .			
	Método extractivo			
	Olsen	Bray Nº 1	Bray Nº 2	Truog
Rendimiento	0,823*	0,623	0,616	0,662
Absorción P	0,897**	0,463	0,549	0,515
	log Olsen	log Bray Nº 1	log Bray Nº 2	log Truog
Rendimiento	0,868**	0,742*	0,694	0,794*
Absorción P	0,910**	0,467	0,617	0,641

\*Significativo al 5%

\*\*Significativo al 1%

tivos coeficientes obtenidos con cualquiera de los otros tres métodos. Fuera del método de Olsen, los únicos valores de  $r$  que resultaron significativos fueron los para log. Truog y log. Bray N° 1 con respecto a respuesta en rendimiento, ambos significativos al 5%.

Todos los valores de  $r$  obtenidos para el método de Truog fueron más altos que los correspondientes valores para el método de Bray N° 1. Los valores de  $r$  para el método de Truog fueron más altos que aquéllos obtenidos para el método de Bray N° 2, excepto para la correlación entre el valor real del análisis de P y la respuesta en absorción de P, en cuyo caso el valor de  $r$  fue más alto para el método de Bray N° 2.

Con respecto a la respuesta en rendimiento, el método de Bray N° 1 tuvo valores de  $r$  más altos que el método de Bray N° 2, pero con respecto a la respuesta en absorción de P los valores de  $r$  fueron más altos para el método de Bray N° 2 que para el método de Bray N° 1.

Los resultados del presente estudio indican que, bajo las condiciones del mismo, el método de Olsen predijo mejor la respuesta a P que los métodos de Bray N° 1, Bray N° 2 y Truog, tanto en cuanto a materia seca como absorción de P. La predicción de la respuesta por parte del método de Truog fue generalmente mejor que la predicción por parte de los métodos de Bray N° 1 y Bray N° 2.

### RESUMEN

En el presente estudio se comparó los métodos de Olsen, Bray N° 1, Bray N° 2 y Truog en cuanto a su bondad para predecir la respuesta a la aplicación de P en suelos seleccionados de Ñuble. Para ello se realizó un experimento con trigo en macetas en muestras de suelos pertenecientes a las series Arrayán, Mañil (trumaos), Mirador y San Carlos (suelos rojos arcillosos). Como índices de respuesta se usó el rendimiento en materia seca y la absorción de P por maceta. Se calculó los coeficientes de correlación simple,  $r$ , entre los valores de P extraídos por los cuatro métodos mencionados, como asimismo los logaritmos de dichos valores, y la respuesta a P.

Los valores de  $r$  para el método de Olsen fueron más altos que los obtenidos por los otros tres métodos, y fueron significativos, al menos, al 5%. Estos valores fueron: P-Olsen vs. respuesta en rendimiento,  $r=0,823^*$ ; P-Olsen vs. respuesta en absorción P,  $r=0,897^{**}$ ; log. P-Olsen vs. respuesta en rendimiento,  $r=0,868^{**}$ , y log. P-Olsen vs. respuesta en absorción P,  $r=0,910^{**}$ .

### SUMMARY

A study was conducted to compare the methods of Olsen, Bray N° 1, Bray N° 2 and Truog as to their reliability in predicting P response on selected soils. Wheat was grown in eight pot experiments on samples of the Arrayán, Mañil ("trumaos"), Mirador y San Carlos ("red clays" soils) series in Ñuble. Dry matter yields and P uptake were considered as response indexes. The simple correlation coefficients,  $r$ , were calculated between soil-P values, and their logarithms, and the P response.

The  $r$ -values obtained with the Olsen method were significant at least at the 5% level, and were higher than those obtained with the Bray N° 1, Bray N° 2 and Truog methods. The  $r$ -values with the Olsen method were: P-Olsen vs. % yield,  $r=0,823^*$ ; P-Olsen vs. % P-Absorption,  $r=0,897^{**}$ ; log P-Olsen vs. % yield,  $r=868^{**}$ , and log P-Olsen vs. % P absorption,  $r=0,910^{**}$ .

### LITERATURA CITADA

1. ARAOS F., JOSÉ. Estudio de deficiencias nutritivas en muestras superficiales de suelos de Ñuble. *Agricultura Técnica (Chile)* 27 (1):15-20. 1967.
2. BEHN T., GUENTER. Contenido de materia orgánica en suelos chilenos por diferentes métodos. Tesis Ing. Agr., Chillán, Chile, Universidad de Concepción. 1965. 93 p. (Mimeografiada).
3. BRAY, R. H. y KURTZ, L. T. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 59:39-45. 1945.
4. CHILE, IANSA. Resultados de la experimentación agronómica y económica en remolacha azucarera; temporada 1960-61. Departamento Agrícola. 1961. 237 p.
5. ————— Resultados de la investigación agro-

- nómica y económica en remolacha azucarera; temporada 1961-62. Departamento Agrícola. 1962. 291 p.
6. CHILE. CORFO. Suelos. Descripciones Proyecto Aerofotogramétrico Chile [OEA]BID. Santiago, Instituto de Recursos Naturales, Publicación Nº 2. 1964. 391 p.
  7. JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall 1958 498 p.
  8. LETELIER A. ELIAS. Abonos en Chile. *In* Chile, Departamento de Investigaciones Agrícolas, Siete Años de Investigación Agrícola. Santiago, Ministerio de Agricultura. 1950. pp. 177-232.
  9. ————— Cien ensayos NPK en trigo. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Departamento de Investigaciones Agrícolas, Boletín Técnico Nº 9. 1961. 43 p.
  10. ————— Uso actual y necesidad potencial de fertilizantes en la agricultura chilena (I). Agricultura Técnica (Chile) 25 (2):45-51. 1965.
  11. ————— Manual de fertilizantes para Chile. Santiago, Banco del Estado de Chile. 1967. 99 p.
  12. NACIONES UNIDAS, CONSEJO ECONOMICO SOCIAL. El uso de fertilizantes en Chile. Estudio preparado por la División Agrícola Conjunta CEPAL-FAO con la colaboración del Banco Interamericano de Desarrollo. 1966. 113 p. (Mimeografiado).
  13. OLSEN, S. R. *et al.* Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Washington, D.C. U.S.D.A. Circular 939. 1954. 19 p.
  14. THUN, R. *et al.* Die untersuchung von boden. Dritte auflage. Berlín, Neumann Verlag. 1955. 271 p.
  15. TRUOG, E. The determination of the readily available phosphorus of soils. J. Am. Soc. Agron. 22:874-882. 1930.
  16. VOLKE H. VICTOR. Comparación de métodos extractivos de fósforo en suelos representativos de las provincias de Llanquihue y Osorno. Tesis Ing. Agr., Chillán, Chile Universidad de Concepción. 1963. 151 p. (Mimeografiada).