

Selección de métodos para la evaluación de fósforo disponible en suelos arroceros¹

Carlos Rojas W.²

INTRODUCCION

El índice de fósforo disponible, obtenido a partir de la extracción del elemento por un método químico en muestras de suelos, debe ofrecer un amplio margen de confianza para ser utilizado en la formulación de recomendaciones de fertilizantes como objetivo final. Así, el trabajo previo de selección de métodos es una etapa fundamental en cualquier programa de fertilidad.

Tejeda y Gogan (1967), en muestras superficiales de algunos suelos de la provincia de Ñuble ("trumaos" y "rojos arcillosos"), para cultivos no sometidos a inundación, encontraron que el método de Olsen fue superior a Bray-Kurtz N° 1, Bray-Kurtz N° 2 y Lavery en la evaluación de la disponibilidad de P cuando se correlacionaban estos índices con el P adsorbido por ballica en condiciones de invernadero.

Araos (1969, 1971), en suelos seleccionados de la provincia de Ñuble ("trumaos" y "rojos arcillosos"), comparó los métodos de Olsen, Bray-Kurtz N° 1, Bray y Kurtz N° 2 y Troug mediante la correlación de estos índices de disponibilidad con el rendimiento del trigo en condiciones de invernadero y de campo. El método de Olsen, presentó el coeficiente de correlación más alto.

En India, Tamhane y Subbiah (1960), efectuaron una comparación de métodos para estimar la disponibilidad de P en suelos inundados, mediante la correlación de varios índices de P disponible y la respuesta del arroz en condiciones de invernadero y campo. Dichos autores, concluyeron que el método de Olsen se mostró satisfactorio en suelos neutros y alcalinos y que el método de Troug

fue el mejor estimador de P disponible en suelos ácidos.

Vajragupta *et al.* (1963) en Tailandia, seleccionaron el método de Bray-Kurtz N° 2 para la estimación de P disponible en suelos arroceros.

Ponnamperuma (1955), concluyó que en condiciones de inundación, se producen numerosas reacciones químicas que influyen la disponibilidad de P y K en dichos suelos.

Entre las transformaciones detectadas, que se refieren a la dinámica del P en estos suelos, la más notable ha sido el incremento de la disponibilidad de P a partir de los fosfatos de hierro (Shapiro 1958a, 1958b; Tyner y Davide, 1962).

Este incremento de la disponibilidad de P, se explicaría por la rápida transformación de los fosfatos de hierro del estado férrico a formas más solubles de fosfatos ferrosos bajo condiciones de reducción (Chang y Chu, 1961; Tyner y Davide, 1962; Redman y Patrick, 1965; Mahapatra y Patrick, 1969).

En el presente trabajo, se comparó la efectividad de los métodos de Olsen, Carolina del Norte, Bray-Kurtz N° 1, Bray-Kurtz N° 2 y Resina de intercambio aniónico a través de la correlación de estos índices con el P absorbido por plantas de arroz, en condiciones de invernadero sobre muestras de suelo inundadas.

MATERIALES Y METODOS

MUESTREO DE SUELOS.

En los meses de mayo y junio de 1972, se recolectaron 47 muestras superficiales (0-20 cm) de suelos arroceros, del área comprendida entre las provincias de Talca y Ñuble (35 y 36,5°, latitud sur), con el objeto de contar con un amplio rango de valores de P disponible y a fin de cubrir en forma representativa las diversas características físicas, químicas y de manejo de estos suelos. La distribución de

¹Trabajo presentado a las xxv Jornadas Agronómicas, Santiago, Chile. Se agradece al Ing Agr. Sr. Roberto Alvarado (INIA) por su cooperación en este trabajo.

Recepción originales: 26 de noviembre de 1974.

²Ing. Agr. Programa Fertilidad de Suelos, Estación Experimental Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

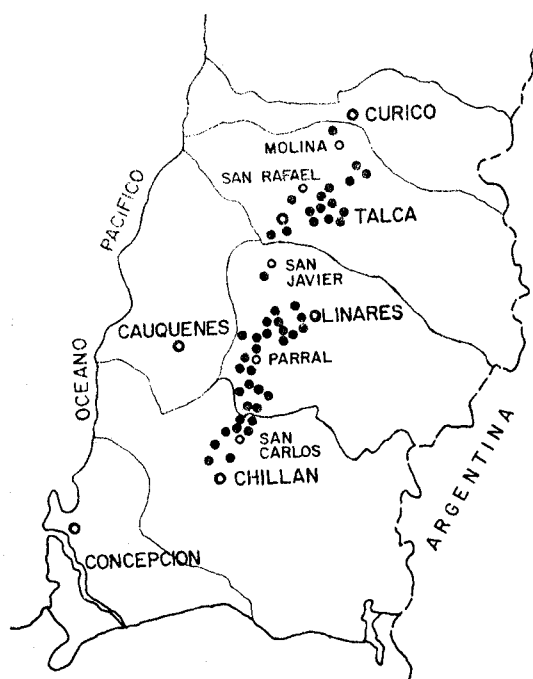


Figura 1 — Distribución de las muestras en suelos arroceros. Provincias de Talca, Linares y Ñuble.

muestreo puede observarse en la Figura 1.

Las muestras se tamizaron con la humedad de campo por 5 mm para el experimento de macetas, y una vez secas al aire fueron tamizadas por 2 mm para los análisis químicos.

EXPERIMENTO DE INVERNADERO.

Se adoptó el criterio de volumen de suelo, usando 1,13 litros de tierra por maceta. En cada una, se distribuyeron 40 semillas de arroz (*Oriza sativa*, var. Oro), las que fueron pregerminadas durante tres días en estufa de incubación. Las macetas, se ordenaron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Se aplicó 170 mg de K_2SO_4 en polvo y 120 mg de nitrógeno, el que se agregó como solución de NH_4NO_3 por medio de un tubo de vidrio introducido a 10 cm en el centro de la maceta. La aplicación de nitrógeno se repitió cada 20 días en la misma forma. A los 15 días después de la siembra (15 de junio de 1972), se efectuó una aplicación de 35 mg de $CuSO_4 \times 5H_2O$ por maceta, para prevenir la invasión de algas. El ensayo se efectuó en invernadero de vidrio calefaccionado, mante-

niendo una temperatura ambiente de 20 a 25°C.

Las macetas se mantuvieron en condiciones de inundación con una carga de 3 cm de agua destilada sobre la superficie del suelo, durante todo el desarrollo del experimento.

La parte aérea de las plantas se cortó a los 30-60-90 días de la fecha de siembra a una altura de 5 cm sobre la superficie del suelo.

El material vegetal de cada corte fue secado en estufa a una temperatura entre 65 y 70°C para la determinación del peso de materia seca y P total. En los resultados se ha considerado la suma de los tres cortes.

MÉTODOS DE ANÁLISIS.

El pH de los suelos, se determinó con una relación suelo-agua 1:2,5 en un potenciómetro Coleman, Modelo 39. Las estimaciones del contenido de materia orgánica y arcilla, fueron obtenidas por los métodos de Springler y Klee e hidrómetro de Bouyoucos, respectivamente (Tejeda, 1967).

El P disponible, se determinó por los siguientes métodos:

- Olsen *et al.* (1954), mediante extracción de P con $NaHCO_3$ 0,5 N a pH 8,5 en relación suelo-extractante 1:20.
- Bray-Kurtz Nº 1 (1945), extracción de P soluble en NH_4F 0,03 N y HCl 0,025 N en relación suelo-extractante 1:7.
- Bray-Kurtz Nº 2 (1950), extracción de P soluble en NH_4F 0,03 N y HCl 0,1 N en relación suelo-extractante 1:7.
- Carolina del Norte (Nelson *et al.*, 1953) extracción de P soluble en HCl 0,05 N y H_2SO_4 0,025 N en relación suelo-extractante 1:10.
- Resina de intercambio aniónico (Hislop y Cooke, 1968), extracción de P mediante agitación de una suspensión de resina y tierra en agua destilada por 16 horas a temperatura constante ($25 \pm 2^\circ C$) y elución con una solución 1 N de Na_2SO_4 en una columna de intercambio aniónico. La colorimetría del P extraído por los distintos métodos se realizó en medio sulfúrico y en presencia de ácido ascórbico (Murphy y Riley, 1962). El P total del material vegetal, se obtuvo mediante calcinación en mufla a 500°C, disolución de las cenizas en HCl 2 N y determinación colorimétrica por la técnica del ácido ascórbico.

Cuadro 1 — Rangos y promedios de pH, materia orgánica, arcilla, P disponible y absorción de P por las plantas en todos los suelos.

	pH	M.O. %	Arcilla %	P disponible (ppm)					Absorción de P mg/maceta
				Olsen	Resina	Bray- Kurtz Nº 1	Bray- Kurtz Nº 2	Carolina del Norte	
Rango	5,0-6,7	0,5-3,2	16,1-56,2	1,0-12,0	2,5-22,5	0,4-10,5	0,4-22,1	1,0-10,5	2,6-15,7
Promedio	5,7	1,7	34,2	5,1	9,1	1,8	4,7	3,3	6,4

RESULTADOS Y DISCUSION

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS, P DISPONIBLE Y ABSORCIÓN DE P POR PLANTAS

En el Cuadro 1 se presentan los rangos y promedios de las características de pH, materia orgánica, contenidos de arcilla, P disponible estimado por los diversos métodos y el P absorbido por las plantas en todos los suelos.

El 85% de las muestras provenientes de suelos arroceros, presentaron valores de pH inferiores a 6 y más del 60% contenidos de materia orgánica inferiores al 2%.

El pH de los suelos mostró una correlación negativa y significativa con el porcentaje de materia orgánica ($r = -0,386^{**}$).

El contenido de materia orgánica se correlacionó positivamente con el porcentaje de arcilla de los suelos.

En relación a los índices de P disponible, los valores más bajos correspondieron al P determinado por el método de Bray-Kurtz Nº 1, pero el rango de extracción fue muy similar al método de Olsen. El método de la Resina extrajo en promedio más fósforo que los otros métodos empleados y mostró un rango amplio de extracción similar al efectuado por Bray-Kurtz Nº 2 en todos los suelos. El método de Carolina del Norte, presentó el rango de extracción más estrecho de todos los métodos empleados. Este método ha sido empleado también por R. Freres (1969) en suelos arroceros, obteniendo valores similares, pero un rango más amplio de extracción.

El P absorbido por las plantas, varió de acuerdo a los índices de disponibilidad del

elemento estimado por los extractivos empleados. Las plantas mostraron escaso vigor y crecimiento erecto cuando la absorción fue inferior a 4 mg de P por maceta. Entre esta cantidad y 7 mg de P por maceta, las plantas presentaron un ligero aumento del vigor, mientras que aquellas que excedieron esta última cantidad no presentaron síntomas de deficiencia de P.

EFICIENCIA DE LOS EXTRACTIVOS EMPLEADOS

Considerando que la absorción de P efectuada por las plantas es un buen índice de la disponibilidad de P del suelo, se estimó la eficiencia de los métodos químicos en el diagnóstico de dicha disponibilidad, correlacionando la absorción efectuada por las plantas con la extracción de P realizada por los diversos extractantes empleados.

En las Figuras 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan los gráficos de regresión lineal de los diversos métodos empleados en todos los suelos.

Considerando que la característica de rango de extracción de P realizada por los métodos químicos y representada gráficamente por la pendiente de las rectas de regresión calculada es una medida de confianza para la utilización de estos índices de diagnóstico en laboratorios de rutina, ya que constituye una medida de sensibilidad del método, se efectuó un test de homogeneidad (Cuadro 2) de los coeficientes de regresión por la prueba de F (Ostle, 1956).

La comparación de los coeficientes de regresión, permitió agrupar los diversos métodos empleados en tres parámetros de extracción bien definidos (Ostle, 1956).

En general, el método de Carolina del Norte presentó el menor rango de extracción de P de todos los extractivos.

**= Significativo a $P = 0,01$.

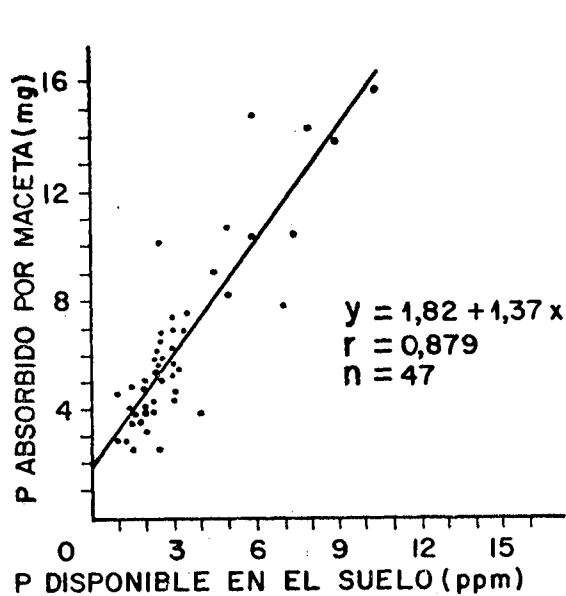


Figura 2 — Correlación entre absorción de P por plantas y extracción por el método de Carolina del Norte en suelos arroceros.

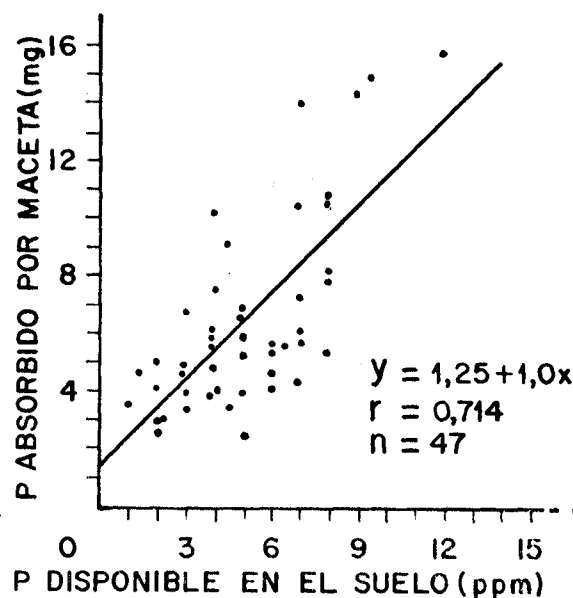


Figura 4 — Correlación entre absorción de P por plantas y extracción por el método de Olsen en suelos arroceros.

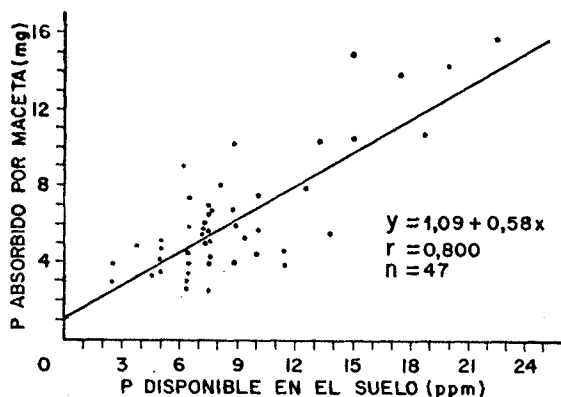


Figura 3 — Correlación entre absorción de P por plantas y extracción por el método de la Resina en suelos arroceros.

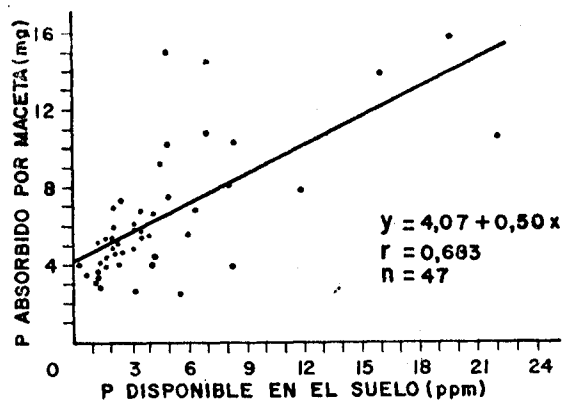


Figura 5 — Correlación entre absorción de P por plantas y extracción por el método de Bray-Kurtz N° 2 en suelos arroceros.

El rango intermedio de extracción, estuvo representado por los métodos de Olsen y Bray-Kurtz Nº 1, cuyos coeficientes de regresión no presentaron diferencias significativas entre sí, pero las hubo entre éstos y los demás métodos.

El mayor rango de extracción de P, correspondió significativamente al método de la Resina y Bray-Kurtz Nº 2, cuyos coeficientes de regresión no presentaron diferencias entre sí.

En el Cuadro 3, se pueden apreciar los coeficientes de correlación entre la absorción de P efectuada por las plantas con respecto al P disponible estimado por los diversos extractivos, y a algunas características químicas de los suelos.

El P extraído por los métodos de Carolina del Norte y Resina, presentó la más alta correlación con el P absorbido por las plantas, de todos los métodos empleados.

La absorción de P efectuada por las plantas, mostró una correlación positiva y significativa con el porcentaje de materia orgánica, no así con el pH al agua ni porcentaje de arcilla de los suelos.

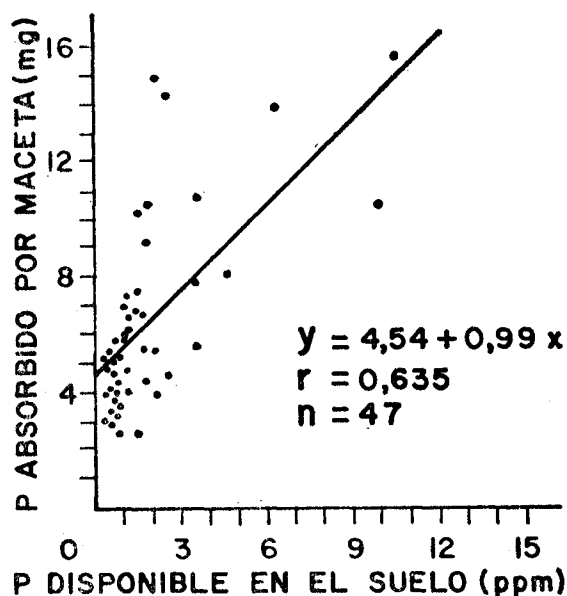


Figura 6 — Correlación entre absorción de P por plantas y extracción por el método de Bray-Kurtz Nº 1 en suelos arroceros.

Cuadro 2 — Prueba de homogeneidad de los coeficientes de regresión simple entre absorción de P por plantas e índices químicos de disponibilidad de P.

Método	Coeficiente de regresión ¹	Valores de F calculados			
		Bray-Kurtz Nº 2	Bray-Kurtz Nº 1	Olsen	Resina
Carolina del N.	1,37 a	33,03**	3,756*	4,715*	35,498**
Resina	0,58 c	0,686	5,469*	7,453**	
Olsen	1,00 b	8,943**	0,001	—	
Bray-Kurtz Nº 1	0,99 b	6,735*	—	—	
Bray-Kurtz Nº 2	0,50 c	—	—	—	

*Significativo al nivel de 5%.

**Significativo al nivel de 1%.

¹Letras iguales, agrupan métodos de coeficientes de regresión homogéneos.

En el Cuadro 4, se comparan los coeficientes de correlación para cada método mediante una prueba de homogeneidad (Ji-cuadrado) (Ostle, 1956).

Se observaron diferencias significativas entre los coeficientes de correlación del método de Carolina del Norte con respecto a los demás extractivos, a excepción del método de la Resina. No se presentaron diferencias significativas entre los coeficientes de correlación

de los métodos de Resina, Olsen, Bray-Kurtz Nº 1 y Bray-Kurtz Nº 2.

En suelos ácidos o neutros, Susuki, Lawton y Doll (1963) encontraron una mayor eficiencia del método de la Resina sobre Olsen y Bray-Kurtz Nº 1, lo que ha sido observado también en este trabajo, aunque las diferencias no fueron significativas.

Al correlacionar las cantidades de P disponible estimadas por los diversos métodos entre

sí y estos índices con algunas características químicas de los suelos (Cuadro 5), se observó que todos los coeficientes de correlación entre métodos fueron altos.

Los extractivos ácidos para estimar P disponible, se vieron influenciados por el pH de los suelos, como se puede apreciar a través de las correlaciones negativas y significativas entre ambas variables. Este comportamiento, se debería a las propiedades de las soluciones extractivas de actuar preferentemente sobre determinados grupos de fosfatos del suelo de acuerdo a la solubilidad de los mismos, característica que se encuentra asociada al pH de los suelos (Chang y Juo, 1963; Chang y Jackson, 1957; Rodríguez *et al.*, 1974).

La menor correlación de los métodos de Bray-Kurtz Nº 1 y Bray-Kurtz Nº 2 con el P absorbido por las plantas en relación al resto

Cuadro 3 — Coeficientes de correlación entre el P absorbido, los índices de P disponible y algunas características químicas de los suelos.

	Coefficiente de correlación (r)
Índices de P disponible	
Carolina del Norte	0,879***
Resina	0,800***
Olsen	0,714***
Bray-Kurtz Nº 1	0,635***
Bray-Kurtz Nº 2	0,683***
Características químicas	
% M.O. (Springler y Klee)	0,569***
pH (H ₂ O) 1:2,5	-0,074
% arcilla (Bouyoucos)	0,186

***Significativo al nivel de 1 por mil.

Cuadro 4 — Prueba de homogeneidad de los coeficientes de correlación entre absorción de P por las plantas y P extraído por los métodos químicos.

Valores de Ji — cuadrado para la comparación de los coeficientes de correlación (r) entre absorción de P por plantas y métodos químicos.

Método	Bray-Kurtz Nº 2	Bray-Kurtz Nº 1	Olsen	Resina	Coef. de correlación (r)
Carolina del N.	6,346*	8,590*	5,044*	2,459	0,879
Resina	1,520	2,649	0,888	—	0,800
Olsen	0,083	0,468	—	—	0,714
Bray-Kurtz Nº 1	0,154	—	—	—	0,635
Bray-Kurtz Nº 2	—	—	—	—	0,683

*Significativo al nivel de 5%.

Cuadro 5 — Coeficientes de correlación simple entre índices químicos de disponibilidad de P, pH y porcentaje de materia orgánica.

Todos los suelos (n = 47)	Bray-Kurtz Nº 1	Bray-Kurtz Nº 2	Olsen	Resina	Carolina del Norte
Bray-Kurtz Nº 1	—	0,921**	0,611**	0,974**	0,978**
Bray-Kurtz Nº 2	—	—	0,643**	0,737**	0,874**
Olsen	—	—	—	0,788**	0,787**
Resina	—	—	—	—	0,868**
pH (H ₂ O) 1:2,5	-0,322*	-0,388**	-0,192	-0,168	0,305*
% M. O. (Springler y Klee)	0,261	0,226	0,356*	0,464**	0,482**

*Significativo al nivel de 5%.

**Significativo al nivel de 1%.

de los métodos, coincide con la menor correlación entre aquellos y el contenido de materia orgánica de los suelos. Los métodos de Carolina del Norte y Resina y en menor grado el método de Olsen, muestran correlaciones positivas y significativas con el porcentaje de materia orgánica, al igual que el P absorbido por las plantas con esta característica.

Redman y Patrick (1965) en suelos arroceros de Lousiana, han encontrado también una alta correlación positiva entre P disponible y materia orgánica, lo que se explicaría por la mayor solubilidad del P al reducirse los fosfatos de hierro a formas ferrosas más activas. El hierro férrico en este proceso, actuaría como receptor de electrones y/o podría ser reducido químicamente por los productos

orgánicos de la descomposición microbial. Las propiedades de las soluciones extractivas de los métodos de Carolina del Norte y Resina en la disolución preferencial de los fosfatos de hierro, explicarían la alta eficiencia y comportamiento de estos métodos (Chang y Juo, 1963; Fassbender *et al.*, 1968; Chiang, 1963).

Debido a las más altas correlaciones obtenidas por los métodos de Carolina del Norte y Resina con el P absorbido por plantas de arroz, y a la más alta sensibilidad de este último método, se pueden considerar índices satisfactorios y superiores a los métodos de Olsen, Bray-Kurtz Nº 1 y Bray-Kurtz Nº 2 en el diagnóstico de la disponibilidad de fósforo de suelos arroceros de la región Talca-Ñuble.

RESUMEN

Se determinó fósforo disponible por los métodos de Carolina del Norte, Resina, Olsen, Bray-Kurtz Nº 1 y Bray-Kurtz Nº 2 en 47 muestras representativas de los suelos arroceros de la zona centro sur (provincias de Talca-Ñuble) de Chile.

El P absorbido por las plantas de arroz (*Oriza sativa*, var. Oro) en condiciones de inundación y en un experimento de invernadero, se determinó a través de cortes sucesivos y análisis de planta a los 30-60-90 días después de la siembra.

Se efectuaron correlaciones simples entre: a) P disponible estimado por los cinco métodos y la absorción de P por las plantas; b) P absorbido, P disponible con algunas características químicas de los suelos.

El P absorbido por las plantas y el extraído por los métodos químicos, dio correlaciones positivas y significativas con el contenido de materia orgánica de los suelos.

Los coeficientes de correlación entre la absorción de P por las plantas y el P estimado por los métodos químicos fueron: Carolina del Norte, 0,879***; Resina, 0,800***; Olsen, 0,714***; Bray-Kurtz Nº 2, 0,683***, y Bray-Kurtz Nº 1, 0,635***.

Debido a las altas correlaciones obtenidas por los métodos de Carolina del Norte y Resina con la absorción de P por plantas de arroz y el comportamiento de las soluciones extractivas, se considera que ambos métodos son superiores a Olsen, Bray-Kurtz Nº 1 y Bray-Kurtz Nº 2 para la evaluación de P disponible en estos suelos.

SUMMARY

SELECTION OF METHODS FOR THE EVALUATION OF AVAILABLE PHOSPHORUS IN RICE SOILS

Available phosphorus was measured by the North Carolina, Resin, Olsen, Bray-Kurtz Nº 1 and Bray-Kurtz Nº 2 methods, in 47 representative soil samples of the Centre South paddy area of Chile in Talca-Ñuble provinces.

The amount of P absorbed by rice plants (*Oriza sativa*, var. Oro) under flood conditions, in a greenhouse experiment, was obtained by plant analysis 30-60-90 days after seeding.

Simple correlations were studied between: a) available P estimated by the five methods and P absorption by the rice plants; b) P absorption and available P with some chemical characteristics of the soils.

***Significativo a $P = 0,01$.

P absorbed by plants and that extracted by chemical methods gave positive and significant correlations with the organic matter content of the soils.

P absorption by plants and that measured by chemical methods, gave the following correlations coefficients: North Carolina, 0,879***; Resin, 0,800***; Olsen, 0,714***; Bray-Kurtz Nº 2, 0,683***, and Bray-Kurtz Nº 1, 0,635***.

Because of the high correlation obtained by North Carolina and Resin methods with P absorption by rice plants and the behaviour of such extractive solutions, both methods were better than the Olsen, Bray-Kurtz Nº 1, Bray-Kurtz Nº 2 methods for the evaluation of available P in this soils.

LITERATURA CITADA

- ARAOS, F. JOSÉ. 1969. Comparación de métodos de análisis de fósforo para predecir la respuesta en algunos suelos de Nuble. *Agricultura Técnica (Chile)*. 29 (4): 170-173.
- . 1971. Comparación de métodos de análisis de suelo para estimar la disponibilidad de fósforo. *Agricultura Técnica (Chile)*. 31 (2): 75-81.
- BRAY, R. H. and KURTZ, L. T. 1945. Determination of total, organic and available phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- and ———. 1950. In recent work on the chemical determination of readily soluble phosphorus in soil, Part. 2. *Soil and Fertilizers* 13 (4): 235-239.
- CHANG, S. C. and CHU, W. K. 1961. The fate of soluble phosphate applied to soils. *J. Soil Sci.* 12 (2): 286-293.
- and JACKSON, M. L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.* 84: 133-144.
- and JUO, S. R. 1963. Available phosphorus in relation to forms of phosphates in soils. *Soil Sci.* 95 (2): 91-96.
- CHIANG, C. 1963. Forms and availability of inorganic phosphorus in paddy soils. *J. Sci. Soil and Manure Tokyo*. 34: 360-364.
- FASSBENDER, H. W., L. MÜLLER y BALERDI. 1968. Estudio del fósforo en suelos de América Central. *Costa Rica, Turrialba* 18 (4): 319-360.
- FRERES, G. R. 1970. Reconocimiento del estado nutricional de arrozales de Talca a Nuble, mediante análisis de suelo y planta. Quillota, Chile, Universidad Católica de Valparaíso (Tesis Ing. Agr., mimeografiada).
- HISLOP, J. and COOKE, I. J. 1968. Anion exchange resin as a means of assessing soil phosphates status: A laboratory technique. *Soil Sci.* 105 (1): 8-11.
- MAHAPATRA, I. C. and PATRICK, W. H. Jr. 1969. Inorganic phosphate transformation in waterlogged soils. *Soil Sci.* 107 (4): 281-287.
- MURPHY, J. and RILEY, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphates in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27: 31-36.
- NELSON, W. L., A. MEHLICH and E. WINTERS. 1953. The development, evaluation, and use of soils tests for phosphorus availability. *Agron.* 4: 153-188.
- OLSEN, S. R., C. V. COLE, F. S. WATANABE and L. A. DEAN. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with bicarbonate. *U.S. Dept. Agric. Circ.* 939: 19 p.
- OSTLE, B. 1956. Statistics in Research. Basic concepts and techniques for Research workers. The Iowa State College Press — Ames, Iowa, Second edition 130-138, 181-186.
- PONNAMPERUMA, F. N. 1955. The chemistry of submerged soils in relation to the growth and yield of rice. Unpublished Ph. D. Thesis, Cornell Univ., Ithaca, N. Y., 208 p.
- REDMAN, F., H. and PATRICK, W. R. Jr. 1965. Effect of submergence on several biological and chemical soil properties. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. *Bulletin* Nº 592, 28 p.
- RODRÍGUEZ, J., C. ROJAS, H. URZÚA y D. SUÁREZ. 1974. Correlaciones entre formas de P inorgánico, P disponible y absorción de P por plantas de ballica en suelos de la zona central. *Agricultura Técnica (Chile)*. 34 (2): 98-105.
- SHAPIRO, R. E. 1958a. Effect of flooding on availability of phosphorus and nitrogen. *Soil Sci.* 85 (4): 190-97.
- . 1958b. Effect of organic matter and flooding on availability of soil and synthetic phosphates. *Soil Sci.* 85 (5): 267-72.
- SUSUKI, A. K., LAWTON and E. C. DOLL. 1963. Phosphorus uptake and soil tests as related to forms of phosphorus in some Michigan soils. *Soil Sci. Soc. of Amer. Proc.* (4): 401-403.
- TAMHANE, R. V. and B. V. SUBBIAH. 1960. Correlation between soil analysis and responses to fertilizers with special reference to rice crops in India. *IR. C. Newsletter* 9 (4): 1-10.
- TEJEDA, H. 1967. Pauta de trabajo para estudios de selección de métodos de análisis para nitrógeno y fósforo disponible en suelos chilenos. Chillán, Chile, INIA. 14-17 (Mimeografiado).

— y G. GOGAN. 1967. Investigación Agropecuaria. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile, 35-36.

TYNER, E. H. and J. G. DAVIDE. 1962. Some criteria for evaluating soil phosphorus tests for lowland rice soils. Trans. Intern. Soc. Soil Sci. Cong., New Zealand, 625-34.

VAJRAGUPTA, Y., L. E. HALEY and S. W. MELSTED. 1963. Correlation of phosphorus soil test values with rice yield in Thailand. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27 (4): 395-97.

Efectos de algas marinas sobre la disponibilidad de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas¹

Hugo Zunino², Pedro Peirano², María Aguilera² y Mario Caiozzi².

INTRODUCCION

Una de las propiedades físico-químicas más notables de los suelos chilenos derivados de cenizas volcánicas, es su extraordinaria habilidad para adsorber aniones, especialmente fosfato (Alamos *et al.*, 1967; Appelt, 1974; Zunino *et al.*, 1970) (Gutnik *et al.*, 1967). Esto determina que el nivel de fósforo disponible para las plantas que crecen en estos suelos, sea un factor limitante fundamental de la producción agrícola de ellos. Toda investigación tendiente a estudiar este proceso es entonces de primordial importancia y estará conectada, directa o indirectamente, al aspecto productivo de las zonas agrícolas correspondiente.

Algunos trabajos realizados en este Departamento han demostrado que algas marinas del género *Macrocystis intergrifolia* Bory (huevo común) cuando se incorporan, en baja proporción, a suelos agrícolas aumentan significativamente el nivel de fósforo disponible (Caiozzi *et al.*, 1968; Marchant, 1966; Rauch, 1965). Asimismo, en un suelo derivado de cenizas volcánicas se describió recientemente un proceso de interacción fertilizante fosfato-alga-suelo que influiría los procesos de fijación de fósforo en el suelo y, consecuente-

mente, la disponibilidad de fósforo para las plantas (Zunino *et al.*, 1971).

Ha parecido de interés a los autores profundizar y extender el estudio de la interacción anteriormente señalada. Este estudio se realizó en tres suelos andepts típicos de la zona sur de Chile, a los cuales se adicionó alga y fosfato monocalcico en dosis variable. Para medir la interacción se usó trigo como planta indicadora, el cual es de cultivo intensivo en esta zona y, además, responde bien a los niveles de P disponible (Zunino *et al.*, 1973).

Con el análisis de los resultados obtenidos se espera colaborar fundamentalmente al estudio y descripción de los procesos de fijación de P en estos suelos. Simultáneamente se espera que este trabajo pueda ayudar al conocimiento y evaluación de futuras fuentes de P y técnicas de fertilización a emplear en los suelos derivados de cenizas volcánicas y de alta capacidad de fijación de aniones.

MATERIALES Y METODOS

Los suelos usados en este trabajo son derivados de cenizas volcánicas y pertenecen a la serie Temuco, Osorno y Puerto Octay. Las muestras de suelos se obtuvieron del horizonte superficial desde cortes de caminos¹. Algunas de sus más importantes características han sido descritas anteriormente (Appelt y Schalscha, 1970; Thumann, 1970; Zunino *et al.*, 1970).

¹Contribución del Departamento de Química Inorgánica y Analítica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Chile. Esta investigación fue financiada parcialmente con fondos proporcionados por CONICYT.

Recepción originales: 5 de diciembre de 1974.

²Profesores Investigadores, Depto. Química Inorgánica y Analítica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Chile, Casilla 233, Santiago, Chile.

suelos.

¹Los autores agradecen en forma especial la colaboración prestada por Luis Arrieta C. para localizar e identificar los