

**EFFECTOS DE FACTORES EXTERNOS EN LAS DETERMINACIONES
DE P—OLSEN, EN SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS.
REGION DE LA ARAUCANIA¹**

**Effect of external factors in the determinations of P—Olsen, in volcanic
ash soils. Araucanía Region, Chile**

Adolfo Montenegro B.², Pedro Baherle V.³, Luis Barrales V.³ y Marina Arriagada R.²

SUMMARY

The effects of temperature, type of shaker, centrifugation, shaker's velocity and type of receptacle upon P—Olsen determinations were studied, in 43 volcanic ash soils of the Araucanía Region of Chile.

Two types of shakers (reciprocal and rotatory), three velocities (160—180—200 oscillations/min), two types of receptacles (plastic, square base, and glass, round base) and two extraction temperatures (15 and 25° C) were considered. Besides, ryegrass H—1 dry matter yields were determined, in pots in the greenhouse, and were correlated with P—Olsen analytic values.

A largest amount of P was extracted at 25° C, with centrifugation and reciprocal shaker, as compared with 15° C, no centrifugation and rotatory shaker. Moreover, by using plastic square base receptacles and shaking speeds of 160 and 180 osc/min, greater amounts of P are extracted, as compared with glass round base receptacles.

INTRODUCCION

El método de extracción de P de Olsen (Olsen y otros, 1954; Olsen y Dean, 1965) es usado en la actualidad por numerosos laboratorios de suelos del país y del extranjero, para estimar el P disponible en el suelo para las plantas.

En general, este método entrega un buen índice de la disponibilidad de P en diferentes suelos de la zona centro—sur del país. Ello se fundamenta en los elevados coeficientes de correlación obtenidos, entre los valores de P extraído y el rendimiento y/o la absorción de P de las plantas (Araos, 1969 y 1971; Rodríguez y otros, 1980). Además, tiene la ventaja de ser

un método rápido, que entrega valores de P extraíble altamente reproducibles.

El conocimiento del P disponible en los suelos y, en especial, en los suelos derivados de cenizas volcánicas modernas (andisoles), es esencial para establecer los niveles de fertilización fosfatada, en cultivos y praderas. Por ello, la estimación de la disponibilidad de P del suelo no debiera ser afectada por factores externos al extractante, tales como temperatura, recorrido del agitador, tipo de agitador, tiempo de agitación, tipo y forma del envase y tiempo de centrifugación.

La influencia que ejercen los factores externos en la extracción del fósforo ha sido escasamente estudiada. Stone (1971) señala que, en suelos de textura franca de Canadá, el aumento de la temperatura de extracción conduce a un incremento de la cantidad de P extraída con NaHCO₃ 0,5M pH 8,5 y sugiere que los laboratorios de rutina consideren su control, cuando utilicen este método. Batten (1978) comprobó que, en suelos australianos, un aumento de recorrido del agitador recíproco y del tamaño del envase, determinan un aumento en la cantidad de P extraída con HCl

¹ Recepción de originales: 17 de abril de 1986.

Trabajo presentado en las XXXIV Jornadas Agronómicas, Soc. Agronómica de Chile, U. de Concepción, Chillán, Julio 25—30.

² Estación Experimental Carillanca (INIA), Casilla 58—D, Temuco, Chile.

³ Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Cooreo 3, Santiago, Chile.

0,05N + H₂SO₄ 0,025N. Barrow y Shaw (1979) comprobaron, en un suelo granítico australiano, que una agitación intensiva, previa a la adición de P, especialmente con una baja relación suelo—solución, aumenta el quiebre de partículas de suelo ocasionando una mayor adsorción de P. Esto, sin embargo, no lo comprobaron en un suelo aluvial Tailandés, en el cual la agitación intensiva sólo aumentó ligeramente la cantidad de P adsorbida. Estos mismos autores (1976) señalaron que una baja relación suelo/extractante y que un aumento del pH de la solución NaHCO₃ 0,05M, de 8,5 a 10 ó 12, conduce a un incremento de la cantidad de P presente en el extracto.

En los suelos derivados de cenizas volcánicas modernas (andisoles), los cultivos requieren, por lo general, dosis medias a altas de fertilización con P, para alcanzar un rendimiento óptimo. Por ello, se aprecia la necesidad de evitar, especialmente en éstos más que en otros suelos, aquellos factores que modifiquen los resultados analíticos, de modo de no entregar recomendaciones erróneas de fertilización con P.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron muestras de 43 suelos, 39 derivados de cenizas volcánicas modernas (IREN, 1970), series: Vilcún (muestras 1—3) San Patricio (m. 4—6) Agua Fría (m. 7—9), Freire (m. 10—12), Temuco (m. 13—15), Pemehue (m. 16—19 y 26—28), Cunco (m. 20—22), Los Prados (m. 23—25), Gorbea (m. 29—31), Santa Bárbara (m. 32—35) y Victoria (m. 36—39), y 4 derivados de cenizas volcánicas intermedias: serie Perquenco (m. 40—43).

Las muestras de suelo se secaron al aire y se tamizaron a 2 mm. La extracción del P disponible se efectuó por el método de Olsen y otros (1954), que utiliza NaHCO₃ 0,5M pH 8,5 como extractante, en una relación suelo/extractante de 1/20, sin incluir carbón. Se centrifugó a 2.000 rpm, en los tratamientos que consideraron esa variable, y se filtró a través de papel Whatman Nº 5. La determinación colorimétrica del P se obtuvo por reducción del complejo molibdofosfórico con cloruro estano, en medio clorhídrico.

El efecto que los factores: tipo de envase (plástico o vidrio), velocidad de agitación (160, 180 ó 200 osc./min), y tiempo de centrifugación (0 ó 10 min), tienen sobre las determinaciones analíticas de P—Olsen, fue estudiado mediante una estructura factorial (12 tratamientos), en que cada suelo fue considerado como una repetición.

También fue de interés estudiar el efecto de la temperatura (15 ó 25º C) sobre la extracción de P—Olsen,

para lo cual se incorporó este factor en las combinaciones que consideraron una velocidad de agitación de 160 osc./min, envase plástico y centrifugación o ausencia de centrifugación.

Las combinaciones de factores consideradas (tratamientos) se muestran en el Cuadro 1. El efecto del tipo de agitador fue estudiado, al incluir dentro del experimento un agitador de espas, rotatorio, en el que se dispusieron velocidades de: 500, 700 y 1.000 rpm. Las determinaciones con este tipo de agitador (efectuadas en 16 suelos), fueron comparadas con determinaciones paralelas efectuadas mediante el agitador recíproco, a 25º C y con 10 min de centrifugación, por medio de un análisis correspondiente a dos formas de clasificación.

Además, se estudió la asociación entre el rendimiento de m.s. y los valores de P extraídos. En condiciones de invernadero, en los 43 suelos investigados se sembró ballica H—1, en macetas, y se determinó el rendimiento de m.s. (2 cortes) expresado en mg/100 g de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto del tipo de envase, velocidades de agitación y tiempo de centrifugación

Se observó que el promedio de P extraído de las muestras no centrifugadas (9,20) fue significativamente inferior al extraído de las muestras sometidas a centrifugación (9,78). Probablemente, ello se debería al mayor tiempo y superficie de contacto logrados entre el suelo y el P presente en la solución NaHCO₃, en condiciones de no centrifugación, lo cual podría incrementar los procesos de adsorción de P que ocurren en grupos superficiales, Fe, Al—OH y Fe, Al—OH₂⁺, a través de reacciones de intercambio de ligandos (Parfitt, 1980) y de los que ocurren en complejos humus—Al, también a través de reacciones de intercambios de ligandos (Appelt, Coleman y Pratt, 1975). Por el contrario, al centrifugar, el suelo permanece un tiempo muy corto en contacto con el P—solución NaHCO₃, lo cual probablemente no incidiría en procesos de adsorción de magnitudes detectables. Sin embargo, esto no fue medido.

Los factores tipo de envase y velocidad de agitación no actuaron independientemente, en las cantidades de P extraídas en NaHCO₃; por lo tanto, existió una respuesta diferencial en las cantidades de P detectadas en cada tipo de envase, dependiendo de la velocidad de agitación (Cuadro 2).

La cantidad de P extraída con envases plásticos de base cuadrada, fue significativamente mayor que la ex-

CUADRO 1. Tratamientos del estudio sobre factores externos en las determinaciones de P–Olsen**TABLE 1. Treatments considered in the study on external factors affecting P–Olsen determinations**

Tratamiento	Osc./min o rpm ¹	Tipo de envase	Centrifugación min	Temperatura ° C	Tipo de agitador
1	160	Plástico ²	10	25	Recíproco
2	160	Plástico ²	0	25	Recíproco
3	180	Plástico ²	10	25	Recíproco
4	180	Plástico ²	0	25	Recíproco
5	200	Plástico ²	10	25	Recíproco
6	200	Plástico ²	0	25	Recíproco
7	160	Vidrio ³	10	25	Recíproco
8	160	Vidrio ³	0	25	Recíproco
9	180	Vidrio ³	10	25	Recíproco
10	180	Vidrio ³	0	25	Recíproco
11	200	Vidrio ³	10	25	Recíproco
12	200	Vidrio ³	0	25	Recíproco
13	160	Plástico ²	10	15	Recíproco
14	160	Plástico ²	0	15	Recíproco
15	500	Plástico ⁴	10	25	Aspas, rot.
16	700	Plástico ⁴	10	25	Aspas, rot.
17	1.000	Plástico ⁴	10	25	Aspas, rot.

¹ Ultimos tres, corresponden a rpm. ² Envase plástico, paralelepípedo de base cuadrada. ³ Envase vidrio, cónico de base redonda. ⁴ Envase plástico, cilíndrico base redonda (agitador de aspas, rotatorio).

CUADRO 2. Efecto del tipo de envase y de la velocidad de agitación (osc./min) en la cantidad de P extraída en NaHCO₃ 0,5M pH 8,5**TABLE 2. Effect of receptacle type and shaking velocity (osc./min) on the amount of P extracted in NaHCO₃ 0.5M pH 8.5**

Tipo de Envase	P extraído (ppm)			Promedio
	oscilaciones/minuto ¹			
	160	180	200	
Plástico, paralelepípedo, base cuadrada	9,98 a	10,62 a	8,48 b	9,69
Vidrio, cónico, base redonda	8,87 b	9,94 b	9,05 a	9,29
Promedio	9,43	10,28	8,77	

¹ Letras diferentes marcan diferencias estadísticas entre tipos de envase, dentro de cada nivel de osc./min, según Duncan ($P \leq 0,05$).

traída con envases de vidrio cónicos de base redonda, cuando la velocidad de agitación fue de 160 a 180 osc./min. Esto se debería, probablemente, a una cierta liberación de P retenido con mayor energía de unión. Batten (1978) señala aumentos en la cantidad de P extraído con el aumento del tamaño del envase empleado en la extracción. Esto último, también, podría contribuir a explicar la mayor cantidad de P extraído con los envases plásticos, cuyo volumen es algo superior a los de vidrio. Sin embargo, cuando la velocidad de agitación es de 200 osc./min, se produce el efecto contrario. Esto último, probablemente podría

originarse del efecto combinado de la intensidad de la agitación, mayor rugosidad del envase plástico, mayor número de choques de las partículas del suelo y mayor fuerza del impacto en este tipo de envase. Estos factores podrían aumentar el quiebre de partículas del suelo, exponiendo nuevos sitios de adsorción de P, que disminuirían la cantidad a extraer.

La menor cantidad de P extraído, en promedio, con 200 osc./min (Cuadro 2), respecto a las extracciones producidas con 160 y 180 osc./min, podría también explicarse por un efecto de resonancia, que conduci-

ría a un menor movimiento real del suelo—solución, en relación a la velocidad de agitación proporcionada por el agitador.

Efecto de la temperatura

A 160 osc./min, un aumento en 10° C (15 a 25° C) conduce a un incremento significativo de la cantidad de P extraído, independiente de usar o no centrifugación (Cuadro 3). Este aumento podría explicarse en base a una mayor velocidad de intercambio iónico (Wiklander, 1963; Babor e Ibarz, 1973). También podría explicarse en base a un aumento en la "tasa de transferencia" del fosfato, desde formas fuertemente retenidas a adsorbidas y, desde éstas, a la solución (Barrow, 1979).

En general, la tendencia observada coincide con lo señalado por Stone (1971), quien encontró, en cuatro suelos de textura franca de Canadá, aumentos en la cantidad de P extraída, cuando la temperatura se elevó de 14 a 26° C, o de 14 a 33° C, y con los resultados de Olsen y Dean (1965), quienes señalan que la cantidad de P extraída aumentó en 0,42 ppm por cada grado de elevación de la temperatura, desde 20 a 30° C, en suelos con contenidos de 5 a 40 ppm de P. Esto también sucede, aunque en menor escala, en los suelos estudiados, con contenidos de P entre 3,5 y 20 ppm, puesto que el aumento en la cantidad de P extraída fue de 0,2 ppm, cuando la temperatura se incrementó de 15 a 25° C.

En numerosos laboratorios del país y del extranjero, las determinaciones analíticas de P—Olsen se efectúan en condiciones de "temperatura ambiente", las que pueden variar fuertemente, en función de la época del año, hora del día, condiciones de calefacción existentes, etc. Esto puede conducir a la obtención de diferentes resultados analíticos para P, en una misma muestra de suelo, y por lo tanto, a una recomendación errónea en los niveles de fertilización con P para los

cultivos, o a conclusiones erráticas, en estudios básicos. Entonces, es evidente que se requeriría estandarizar la temperatura de trabajo en el laboratorio, para efectuar estas determinaciones.

Efecto del tipo de agitador

Las cantidades promedios de P extraídas, a una temperatura de 25° C y con centrifugación, con distintos envases, fueron significativamente superiores con el agitador recíproco (9,53 ppm) que con el agitador de espas, rotatorio (6,72 ppm; Cuadro 4). Este hecho no favorecería el uso del agitador de espas, rotatorio, en suelos derivados de cenizas volcánicas modernas. La menor cantidad de P obtenida con este tipo de agitador, probablemente se debería a una mayor adsorción de P (Barrow y Shaw, 1976 y 1979), que podría haberse originado de un mayor quiebre de partículas, que en el caso del agitador recíproco.

CUADRO 4. Efecto de la velocidad de agitación (osc./min) en la cantidad de P extraída

TABLE 4. Effect of shaking velocity (osc./min) on the amount of P extracted

osc./min	Tipo de Agitador		
	Recíproco	Espas, rot.	
	P ext. (ppm)	rpm	P ext. (ppm)
160	9,58	500	6,21
180	10,47	700	7,70
200	8,54	1.000	6,25

Rendimiento de m.s. de ballica H—1

En general, se observó una asociación significativa ($P \leq 0,01$) de los tratamientos que consideraron agitador recíproco, con el rendimiento de materia seca de la ballica.

CONCLUSIONES

- Al centrifugar se extraen mayores cantidades de P que al no centrifugar.
- Con el envase plástico, paralelepípedo de base cuadrada, se extraen mayores cantidades de P que con envase de vidrio, cónico de base redonda, a una velocidad de agitación de 160 a 180 osc./min.
- Con una velocidad de 180 osc./min, se extrae una mayor cantidad de P que con 160 ó 200 osc./min.

CUADRO 3. Efecto de la temperatura en la cantidad de P—Olsen extraído, con y sin centrifugación; envase plástico y 160 osc./min

TABLE 3. Temperature effect on the amount P—Olsen extracted with and without centrifugation; plastic receptacle and 160 osc./min

Temperatura °C	P extraído (ppm) en 10 min	
	C/Centrifugación	S/Centrifugación
25	10,48 a	9,47 a
15	8,45 b	7,61 b

Letras diferentes señalan diferencias estadísticas, según Duncan ($P \leq 0,05$), en cada columna.

- A 25° C se extraen mayores cantidades de P que a 15° C.
- Con el agitador recíproco se extraen cantidades de P significativamente mayores que con el de aspas, rotatorio.
- Los tratamientos que consideraron agitador recíproco, en general, se asocian significativamente con el rendimiento de materia seca de la ballica.

RESUMEN

Se estudió el efecto de la temperatura (15 y 25° C), tipo de agitador (recíproco y de aspas, rotatorio), velocidad de agitación (160, 180 y 200 osc./min o 500, 700 y 1.000 rpm) y tipo de envase (plástico, paralelepípedo de base cuadrada, y vidrio, cónico de base redonda), en las determinaciones analíticas de P–Olsen, en 43 suelos derivados de cenizas volcánicas, de la Región de la Araucanía. Además, se determinó el rendimiento de materia seca de la ballica H–1, en macetas y en condiciones de invernadero, y se la correlacionó con los valores analíticos de P–Olsen.

Se observó que la temperatura de 25° C, la centrifugación y el agitador recíproco, condujeron a una mayor cantidad de P extraída, que la temperatura de 15° C, la no centrifugación y el agitador de aspas rotatorio, respectivamente. Además, con velocidades de 160 y 180 osc./min, se extrajeron mayores cantidades de P con el envase plástico, de base cuadrada, que con el de vidrio, de base redonda.

LITERATURA CITADA

- APPELT, H.; COLEMAN, N.T.; and PRATT, P.F. 1975. Interactions between organic compounds, minerals, and ions in volcanic-ash-derived soils: II. Effects of organic compounds on the adsorption of phosphate. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 39: 628–630.
- ARAOS F., J.F. 1969. Comparación de métodos de análisis de fósforo para predecir la respuesta en algunos suelos de Ñuble. *Agricultura Técnica (Chile)* 29 (4): 170–174.
- ARAOS F., J.F. 1971. Comparación de métodos de análisis de suelo para estimar la disponibilidad de fósforo. *Agricultura Técnica (Chile)* 31 (2): 75–81.
- BABOR, J.A. e IBARZ, A.J. 1973. *Química General Moderna*. 7a ed. Barcelona, España. Ediciones Marín. 1.144 p.
- BARROW, N.J. 1979. Three effects of temperature on the reactions between inorganic phosphate and soil. *J. Soil Science* 30 (2): 271–279.
- BARROW, N.J. and SHAW, T.C. 1976. Sodium bicarbonate as an extractant for soil phosphate. II. Effect of varying the conditions of extraction on the amount of phosphate initially displaced and on the secondary adsorption. *Geoderma* 16: 109–123.
- BARROW, N.J. and SHAW, T.C. 1979. Effects of solution: soil ratio and vigour of shaking on the rate of phosphate adsorption by soil. *J. Soil Science* 30: 67–76.
- BATTEN, G.D. 1978. Some factors affecting the extraction of soil "available" phosphate. *Australian J. Soil Research* 16: 355–357.
- IREN–CORFO–Instituto de Recursos Naturales–Corporación de Fomento de la Producción. 1970. Provincia de Cautín. Estudio Integrado de los Recursos Naturales. Anexo 2. "Descripciones de suelos". Santiago, Chile, IREN. 120 p. (Informe N° 29).
- OLSEN, S.R. and DEAN, L.A. 1965. Phosphorus. En: Black, C.A. *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological properties*. Wisconsin, USA. ASA. (Agronomy N° 9). 1.572 p.
- OLSEN, S.R.; COLE, C.V.; WATANABE, F.S.; and DEAN, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA, Circ.* N° 939. 19 p.
- PARFITT, R.L. 1980. Chemical properties of variable charge soils. En: Theng, B.K.G. *Soils with variable charge*. N.Z. Soc. Soil Sci. 448 p.
- RODRIGUEZ S., J.; SILVA E., H.; BERNIER V., R. y SIERRA B., C. 1980. Evaluación de métodos químicos para estimar la disponibilidad de P en suelos de la X Región, Ciencia e Investigación Agraria 7 (3): 229–236.

STONE, B. 1971. Effect of temperature and shaking rate on sodium bicarbonate soluble phosphorus. Canadian J. Soil Science 51: 312–313.

WIKLANDER, L. 1963. Fenómenos de cambio de cationes y aniones. En: Firman E. Bear. Química del Suelo. Madrid, España. 435 p.