EVOLUCION ESTACIONAL DEL P EXTRACTABLE DEL SUELO EN AGROSISTEMAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Mabel E. Vázquez - Fac. Agronomía (UBA)
Av. San Martín 4453 (1417) - Buenos Aires

RESUMEN

Se estudió la evolución del P edáfico extractable según la técnica de Bray y Kurtz Nº 1 en 3 suelos de la provincia de Buenos Aires del tipo Argialbol argiácuico, Hapludol típico y Argiudol típico.

Se practicaron muestreos mensuales durante un año hasta 20 cm de profundidad, con una recolección de 5 muestras compuestas de 10 submuestras por potrero de 15 ha, en cada fecha de muestreo.

Se evaluó el efecto "manejo del lote" para cada zona de estudio, mediante el uso de cultivos anuales y praderas.

Se correlacionó la marcha de la concentración de P extractable con otras medidas edáficas (P total, P inorgánico, P orgánico, actividad fosfatásica neutra, pH) y con variables climáticas (temperatura, precipitaciones).

El análisis estadístico reveló fluctuaciones estacionales del P extractable, con un comportamiento particular según se tratara de praderas o cultivos anuales en cada zona.

Palabras claves: P extractable, P total, P inorgánico, P orgánico, actividad fosfatásica neutra, pH, variación estacional.

SEASONAL VARIATION OF EXTRACTABLE SOIL PHOSPHORUS IN AGROSYSTEMS OF THE BUENOS AIRES PROVINCE

ABSTRACT

The seasonal evolution of extractable edaphic phosphorus was studied using the Bray and Kurtz Nº 1 extraction procedure in three soils of the Buenos Aires province of the type argiaquic Argialboll, typic Hapludoll and typic Argiudoll.

During one year monthly samples were extracted up to a depth of 20 cm. Five samples per 15 ha, consisting of 10 subsamples, were taken on every sampling date.

There effect of soil management was studied comparing permanent pastures with annual crops in each of the three areas.

Extractable soil phosphorus evolution was correlated with soil parameters such as total P, inorganic P, organic P, neutral phosphatasic activity, pH and with climatic parameters such as temperature and precipitation.

Statistical analysis revealed seasonal fluctuations of extractable soil phosphorus following different patterns for annual crops or pastures in each area.

Key words: extractable soil P, total soil P, inorganic soil P, organic soil P, neutral phosphatasic activity, pH, seasonal variation.

INTRODUCCION

La técnica analítica para la determinación de P extractable de Bray y Kurtz Nº 1 (1945), se halla ampliamente difundida para el diagnóstico de la fertilidad fosforada en suelos neutros a ligeramente ácidos, agrícolas y ganaderos del país. Su uso se extiende no solamente en lugares para los que se ha calibrado el método, sino que también se ha generalizado en áreas sin estudios precios.

Algunos antecedentes bibliográficos para este método analítico y otros, destinados a la evaluación de las fracciones denominadas extractables, demuestran los efectos de algunas variables culturales y técnicas sobre la escala de diagnóstico de las distintas técnicas (Childs y Jenckes, 1967; Briggs, 1974; Jessop *et al*, 1977); Martel y Zizka, 1978; Conti *et al*, 1980).

Con el objeto de incrementar el conocimiento local en este aspecto y tender a establecer sus causas, se estudió la incidencia de la fecha de muestreo y ocupación del lote sobre los resultados arrojados por la metodología analítica mencionada. Para ello se llevó a cabo una experiencia en 3 suelos de la provincia de Buenos Aires. Dichos suelos difieren en sus condiciones de dotación fosforada y abastecimiento, algunas de las cuales fueron evaluadas a través de las determinaciones de P total, P orgánico, P inorgánico, actividad fosfatásica neutra y pH.

MATERIALES Y METODOS

1) Suelos

– Argialbol argiácuico: ubicado en el Partido de Luján en el área enmarcada por los arroyos Gutierrez y de Arias. Se trata de una zona con pendientes suaves y levemente ondulada, con escurrimiento medio a lento. Esta unidad ha sido definida como Serie Navarro y tiene la siguiente secuencia de horizontes en el perfil modal: A_{11}, A_{12}, A_2, B_{21t}, B_{22t}, B_3.

– Argiudol típico: ubicado en el Partido de Azul, a 25 km al SO de la ciudad del mismo nombre. Es una zona de relieve normal, ocupando lomas altas dilatadas, planas a suavemente onduladas, con buen drenaje.

La secuencia de horizontes del perfil modal es: A_1, B_1, B_{21}, B_{22t}, B_3.

– Hapludol típico: ubicado en el Partido de Pehuajó, en el límite con el Partido de Trenque Lauquen.

Es un suelo profundo con drenaje interno libre, permeabilidad moderadamente rápida y textura franco arenosa en todo el perfil.

La secuencia de horizontes en el perfil modal es: A, AC, C y pertenece a la Serie Rivadavia.

En cada una de las 3 localidades se eligieron 2 potreros contiguos, pertenecientes a la misma fase, no fertilizados en los últimos 3 años y con manejos culturales distintos. En la tabla Nº 1 se indican la ocupación y los antecedentes de los lotes mencionados.

2) Condiciones meteorológicas del período de ensayo

En la Tabla Nº 2 se presentan las temperaturas medias mensuales, máximas y mínimas, y el mes de su ocurrencia; se indican en ella también los meses de déficit y exceso hídrico calculados mediante el balance hidrológico de Thornthwaite *et al* (1955).

Las condiciones térmicas del período de estudio son similares a los registros nacionales promedios de 50 y 30 años, a excepción de la temperatura media mínima en Azul, 1,6ºC por debajo de dichos registros. En lo que hace a las condiciones hídricas puede decirse que fueron superiores al promedio para las localidades de Lujan y Pehuajó e inferiores en Azul.

3) Muestreo

En cada uno de los potreros elegidos se delimitó una superficie de 15 ha, con la precaución de alejarse 10 m de los alambrados, y evitando el muestreo en lugares cercanos a bebederos, tinglados, montes, etc.

En dicha superficie se marcaron 5 transectas equidistantes, extrayendo un total de 50 muestras de 20 cm de profundidad para cada potrero a distancias regulares. Con ellas se hicieron 5 muestras compuestas por submuestras elegidas al azar. Este patrón de muestreo se repitió mensualmente durante un año, a partir de mayo de 1981.

Las muestras fueron homogeneizadas y secadas a temperatura ambiente.

4) Determinaciones analíticas

– P total, P inorgánico y P orgánico: por el procedimiento de Metha *et al* (1954).
– P extractable: según el método de Bray y Kurtz Nº 1 (1945).

Tabla Nº 1: Ocupación y antecedentes de los suelos estudiados

Suelo	Ocupación			
	Pradera		Cultivo anual	
	Especies	Antecedentes	Especies	Antecedentes
Argialbol argiácuico	– cebadilla criolla *(Bromus unioloides)* – cardos de distintas especies	5 años de pradera	– maíz *(Zea mays)*	– 3 años de pradera de alfalfa *(Medicago sativa)* – roturada 15 días antes del 1º muestreo
Argiudol típico	– gramíneas naturales	10 años de pradera	– trigo *(Triticum aestivum)* – avena *(Avena sativa)*	– centeno *(Secale cereale)* – vegetación espontánea – girasol *(Heliantus annuus)*
Hapludol típico	– gramíneas y leguminosas varias	– maíz *(Zea mays)* – soja 2º *(Glycine max)* – trigo *(Triticum aestivum)* – 6 meses pradera	– maíz *(Zea mays)*	– pradera – sorgo granífero *(Sorghum caffrorum)*

Tabla Nº 2: Temperaturas medias mensuales máxima y mínima. Balance hidrológico (Deficits - Excesos)

Suelo	Temperatura mensual (º C)				Balance hidrológico (mm)			
	max.	mes	mín.	mes	Déficit máximo	meses c/def.	Exceso máximo	meses c/exc.
Argialbol argiácuico	23,5	enero	7,1	julio	60	agosto fines de abril	46	junio julio
Argiudol típico	21,8	enero	5,4	junio	58	octubre marzo abril mayo	20	junio
Hapludol típico	23	enero	7,2	junio	34	julio agosto noviembre febrero mayo	34	junio noviembre

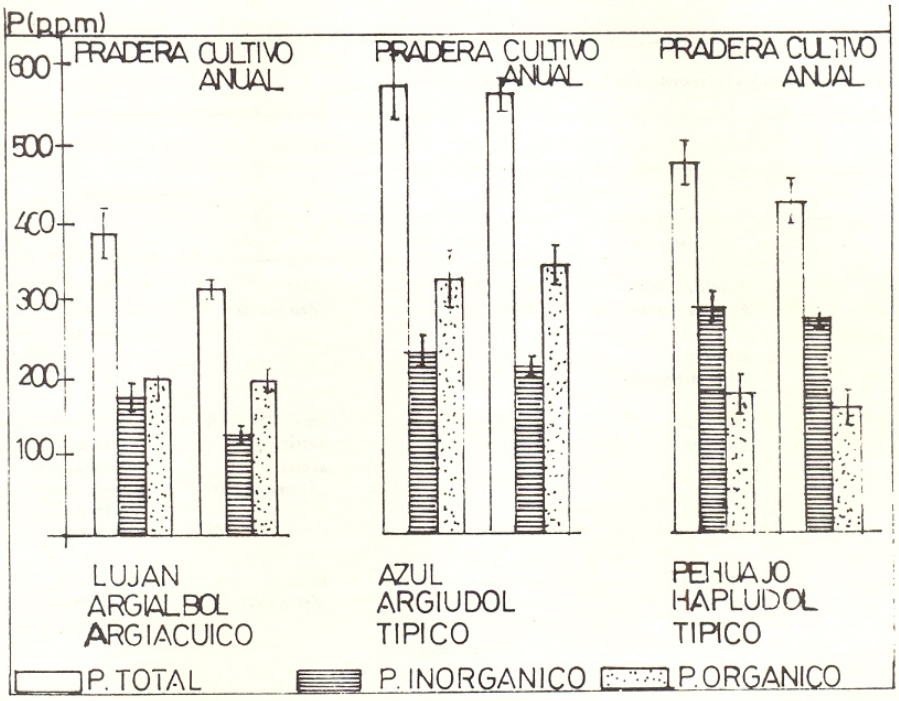


Figura Nº 1: P total, inorgánico y orgánico para suelos de la provincia de Buenos Aires. Promedios y Desvíos standard anuales.

Tabla Nº 3: Evolución estacional de P extractable (Bray y Kurtz Nº 1) (ppm)

Mes de mtreo	Luján				Azul				Pehuajó			
	Pradera		C. anual		Pradera		C. anual		Pradera		C. anual	
	M	cv	M	cv	M	cv	M	cv	M	cv	M	cv
08	21,8	34,0	7,1	18,4	10,8	19,9	16,4	7,3	30,7	26,0	21,9	16,6
09	21,3	29,4	8,9	12,5	14,2	5,2	10,8	10,0	28,8	19,9	18,1	20,2
10	15,9	20,4	9,8	18,8	13,8	5,7	11,1	11,1	25,5	18,0	22,0	10,5
11	17,2	15,5	8,5	12,3	10,9	15,6	8,7	20,0	25,7	15,2	21,6	11,3
12	17,6	28,8	9,9	17,8	11,6	17,1	10,2	7,1	38,3	30,1	21,9	17,4
01	35,3	23,2	9,1	23,9	15,4	24,2	9,8	13,6	–	–	–	–
02	14,4	34,2	9,5	11,6	12,5	23,1	10,8	14,4	31,0	25,6	18,4	18,2
03	14,8	31,4	–	–	12,9	18,2	11,3	14,2	23,8	28,0	23,2	10,1
04	–	–	–	–	13,1	25,6	12,8	8,3	18,0	16,2	20,4	16,9
05	14,5	46,6	10,0	15,2	17,9	24,1	10,1	0	23,4	15,6	19,1	29,5
06	–	–	–	–	14,4	16,2	14,2	26,1	28,6	13,7	–	–
07	–	–	–	–	9,2	8,0	9,6	16,6	23,3	16,6	18,9	8,8

M: mediana de 5 repeticiones cv: coeficiente de Variación porcentual

– Actividad de la fosfatasa neutra: por el método de Hoffman (1968).
– pH: determinación por método potenciométrico. Relación suelo:agua 1:2.

Todas las determinaciones fueron hechas por triplicado y con suelo tamizado por malla de 2 mm.

5) Metodología de análisis estadístico

La evolución estacional y el efecto del manejo cultural del lote sobre las medidas analíticas del P extractable, fueron analizadas estadísticamente por un análisis de varianza según un diseño completamente al azar con arreglo factorial, cuyos factores fueron "fecha de muestreo" y "manejo del lote".

En el caso en que el 1º de ellos indicara diferencias significativas, éstas se estudiaban a través del Test de Comparación Múltiple de Tuckey.

Estos análisis se practicaron sobre 3 de los 5 resultados obtenidos para cada fecha y manejo del lote, la mediana y los 2 aledaños a ella. Este procedimiento pareció ser el más conveniente para minimizar el efecto del error analítico, dado el número de repeticiones (Dixon, 1965).

La tendencia estacional, libre de perturbaciones originadas por otras fuentes de error, entiéndase varianza espacial de la técnica de muestreo, analítica, etc., se analizó a través de la metodología de los promedios móviles, en este caso promedio de medianas con n = 3 (Cantatore de Frank, 1981).

Las asociaciones entre variables se estudiaron a través de correlaciones simples.

RESULTADOS

Para caracterizar la situación de estado del P edáfico en las 3 localidades, se presenta a continuación la Figura Nº 1. En ella se indican las concentraciones de P total, inorgánico y orgánico en cada una de las localidades, y para las 2 situaciones culturales. Los resultados están elaborados como promedio de las medianas mensuales.

En la Tabla Nº 3 se presentan los resultados obtenidos en la determinación de P extractable según Bray y Kurtz Nº 1 (1945), para las 3 localidades y los 2 sistemas de manejo de los lotes. En la Figura Nº 2 se muestra la tendencia estacional de dicha determinación para las 3 localidades y los 2 manejos culturales según el sistema de promedios móviles.

La evolución de la actividad fosfatásica medida a temperatura constante y estudiada a través del mismo sistema de promedios móviles se presenta en la Figura Nº 3.

Se acota que la actividad fosfatásica neutra medida por esta técnica analítica, pero a 15ºC de temperatura es aproximadamente la mitad de la registrada a temperatura standard de 37ºC, y a 8ºC no se tiene sensibilidad para detectar hidrólisis del sustrato.

Como es sabido el ciclo de P edáfico es afectado en gran medida por la reacción del suelo. Simultáneamente algunos antecedentes bibliográficos (Molfino, 1949; Childs *et al*, 1967; Collins *et al*, 1969; Conti *et al*, 1980), indican que la determinación de pH sufre oscilaciones estacionales. Con la finalidad de conocer el vínculo entre las medidas de pH y P extractable, se registró la evolución estacional del primero de ellos, lo que se presenta en Figura Nº 4.

DISCUSION

Los resultados presentados en el capítulo anterior muestran que las 3 situaciones edafo-climáticas presentan diferencias básicas en lo que hace a la dotación.

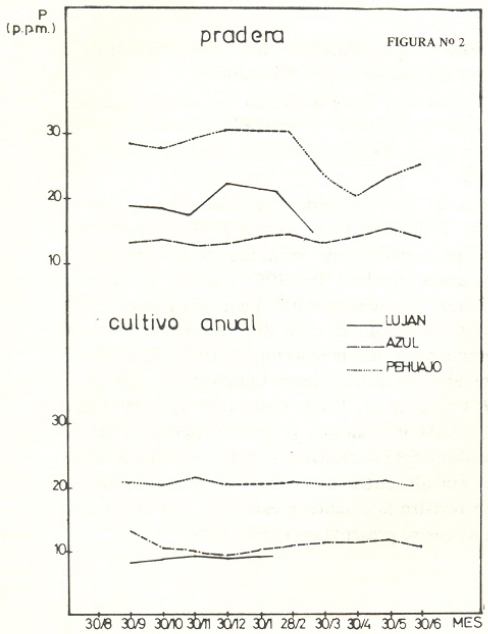
Los contenidos de P total y la participación de las fracciones orgánicas e inorgánicas en ellos son una prueba de lo dicho.

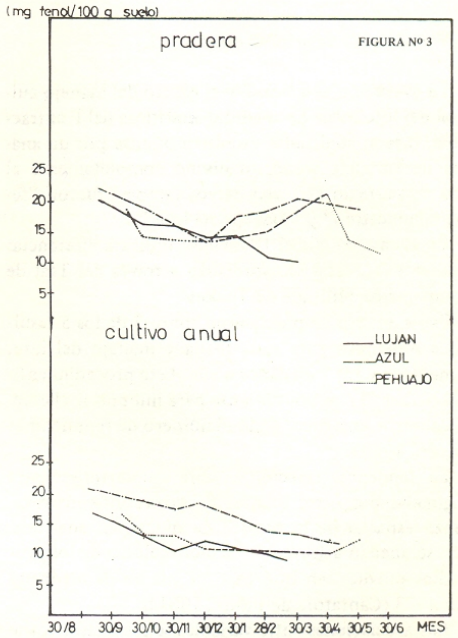
El Argiudol típico de la localidad de Azul presenta el mayor contenido de P total y este es preponderantemente orgánico, el Hapludol típico de Pehuajó con contenido intermedio total es mayoritariamente inorgánico, y el Argialbol argiácuico de Luján, con la menor cantidad total, se reparte equilibradamente entre las formas inorgánicas y orgánicas.

Por otro lado, en cada localidad, la participación de dichas formas es variable de acuerdo al manejo del lote. Los lotes con pradera poseyeron mayor contenido de P orgánico que los que sustentaban cultivos anuales.

Sin ignorar la intervención de otras variables, las condiciones climáticas (hídricas, térmicas) y las culturales (sp vegetal, historia previa, labranza, pastoreo, etc.) pueden ser una ayuda a la interpretación de estos resultados.

Como consecuencia de esto, la evolución estacio-





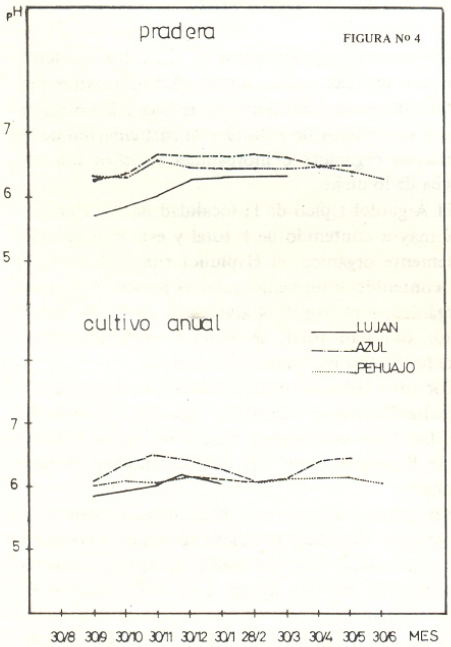


Figura Nº 2: Evolución estacional de P extractable (Bray y Kurtz Nº 1) a través del método de los promedios móviles, n = 3. Figura Nº 3: Evolución estacional de la actividad fosfatásica neutra (Hoffman, 1968) - Promedios móviles, n = 3. Figura Nº 4: Evolución estacional de pH (suelo: agua 2:1) - Promedios móviles, n = 3.

Figura Nº 3: Evolución estacional de la actividad fosfatásica neutra (Hoffman, 1968) - Promedios móviles, n = 3.

Figura Nº 4: Evolución estacional de pH (suelo: agua 2:1) - Promedios móviles, n = 3.

nal de la medida de P extractable ha presentado peculiaridades en cada situación, con sólo algunos puntos de intersección para los 3 sistemas.

En todos los casos el análisis estadístico de los resultados reveló una interacción de los factores "fecha de muestreo" y "manejo del lote" indicando un comportamiento temporal de la fracción extractable particular para cada sistema cultural.

Los resultados ponen en evidencia que las praderas poseen una mayor dispersión espacial y temporal de la mediana de P extractable, respecto de los cultivos anuales.

Es probable que lo que se mide como varianza temporal tenga 3 componentes importantes, a saber: el verdadero efecto estacional, la varianza espacial y el error analítico. Si bien la fuente de variación "error" absorbería la incidencia de estos 2 últimos es factible que 5 muestras compuestas de 10 submuestras fueran insuficientes para hacerlo, especialmente en las praderas.

Por otro lado, no debe olvidarse que el diagnóstico de la fertilidad fosforada, generalmente no supera esta intensidad de muestreo, por lo tanto también estaría sujeto a este efecto estacional, sea el mismo natural o modificado por otras variables.

Un fenómeno sobresaliente en el comportamiento de la fracción extractable, es el incremento estival en las praderas en las localidades de Luján y Pehuajó. Este es de alrededor de 40% en promedios móviles y 109 y 75% para Luján y Pehuajó respectivamente, usando los datos medios originales (expresión porcentual del rango respecto de la media anual). Otros autores han registrado ya este comportamiento (Conti *et al*, 1980).

Este fenómeno tiene una importancia práctica relevante. Una muestra con fines de diagnóstico en esta estación, podría conducir a decisiones totalmente equívocas por 2 motivos. Uno, el nivel poco representativo del P extractable para el lote a lo largo del año, y otro, el error de muestreo a que puede arribarse, dada la dispersión de los datos en esta fecha.

La confrontación de las tendencias indicadas por los promedios móviles y aún en los datos originales del P extractable y la actividad fosfatásica en 2 de las 3 localidades, Luján y Pehuajó, muestran una marcha inversa de ambas medidas. Esto concuerda con los resultados de Diessing *et al* (1980) quienes afirman que la actividad fosfatásica funcionaría a través de un mecanismo de retrocontrol del tenor de P extractable. Este comportamiento no se observa en Azul, localidad que posee la peculiaridad de tener el menor nivel de P extractable, la mayor actividad fosfatásica y el mayor contenido de P orgánico.

Por otro lado el rango de variación de la fracción extractable es mucho menor que en los otros dos casos, 18% en promedios móviles y 47,5% en valores origianles para el mes de enero.

A pesar del rango de variación hay que destacar que esta se produce a niveles mucho más críticos en Azul que en los casos anteriores.

Una corrección de los datos analíticos de la actividad fosfatásica medida a temperatura constante, por la temperatura de campo, podría colaborar en el estudio de la asociación de esta variable con la de P extractable. Esto ya fue informado por Harrison *et al* (1979), quien sólo logró vincular estas medidas merced a las correcciones antedichas y lo sugiere la modificación de la actividad, causada por la temperatura de incubación, según nuestros propios resultados.

No se observa asociación con pH si se comparan las curvas de promedios móviles. Esto puede deberse a la poca variabilidad temporal de la medida de pH, y el rango donde este oscila, óptimo para la solubilización, especialmente en Pehuajó y Azul. Sin embargo, el incremento estival mencionado en Luján concuerda con un incremento de los valores originales de pH para esta estación, entre 5,6 y 6,3.

Los datos de P extractable en los cultivos anuales son mucho menos variables en el tiempo que en las praderas. El nivel de fluctuación es del orden del 28,6% para medias móviles y 68,0% para valores originales en Azul, 11,1% y 24,8% respectivamente en Pehuajó y 9,9% y 31,9% respectivamente en Luján.

Se registraron asociaciones positivas con P inorgánica.

No se observaron en ellos asociaciones con pH, ni actividad fosfatásica. Sólo en una de las 3 situaciones se produjo un descenso concordante con floración y maduración de trigo (Azul).

El intento de vincular el comportamiento temporal de la medida de P extractable con la temperatura media quincenal, precipitaciones y balance hidrológico arrojó resultados negativos. Esto concuerda con los hallazgos de Conti *et al* (1980).

CONCLUSIONES

1) Se confirmaron fluctuaciones estacionales del contenido de P extractable (Bray y Kurtz Nº 1) con

un comportamiento particular según el tipo de suelo y el manejo del lote.

2) La determinación poseyó una dispersión espacial y temporal sensiblemente mayor para el manejo cultural pradera.

3) La evolución estacional en las praderas tuvo las siguientes características:

   a. incrementos estivales, cuyas magnitudes fueron 109% para la localidad de Luján, 75% para Pehuajó y 47,5% para Azul, expresado como porcentaje de la concentración media anual.

   b. la actividad fosfatásica neutra se asoció negativamente con la media de P extractable en Luján y Pehuajó.

4) Para los cultivos anuales la variabilidad temporal tuvo las siguientes características:

   a. una magnitud de 68,0% en Azul, 31,9% en Luján, 24,8% en Pehuajó, respecto de los valores medios anuales.

   b. el P extractable se asoció positivamente con el "pool" inorgánico.

5) Ni las variables climáticas medidas (temperatura media quincenal, precipitaciones y balance hidrológico) ni el pH explicaron las fluctuaciones registradas en la mayoría de los casos.

REFERENCIAS

Bray, R. H. y L. T. Kurtz, 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59: 39-45.

Briggs, K. G., 1947. Soil sampling and soil uniformity for N, P and K in a small plot area. Ca. J. Soil Sc. 54: 115-117.

Cantatore de Frank, N. M., 1981. Series cronológicas, números índices y medidas de concentración. Ed. Tesis. Bs. As., Argentina.

Collins, J. B., C. Whiteside y E. B. Cress, 1969. Season variability of pH and requeriments in different ways. Michigan Agric. Exp. Sta. Journal, article Nº 4630.

Conti, M. E., N. M. Arrigo, M. R. Palma y M. E. Vázquez, 1980. Efecto de las variaciones estacionales, profundidad de muestreo e influencia de los distintos manejos sobre los resultados analíticos de Carbono, Nitrógeno, Fósforo y pH del suelo. Actas IX R.A.C.S. Paraná, Argentina, 2: 273-286.

Conti, M. E., M. Ritcher y L. Giuffre, 1976. Método de determinación rápida del N del suelo. IDIA 343-348:719-722.

Childs, F. D. y E. M. Jenckes, 1967. Effect of time and depth of sampling upon soil test results. Agronomy J. 59: 537-540.

Diessing Nielsen, J. y F. Eiland, 1980. Investigations on the relation ship between P-fertility, phosphatase activity and ATP content in soil. Plant and Soil 57: 95-103.

Dixon, W. J., 1965. Extraneous Values. En Black (Ed.) methods of Soil Analysis, Agronomy Nº 9: 43-49, ASA, Madison, Wisc.

Harrison, A. F. y Tracey Pearce, 1979. Seasonal variations of fosfatase activity in woodland soil. Soil Biol. Biochem. 11: 405-410.

Hoffman, G., 1968. Time photometrische Methode zur Bestimmung der Phosphatase Aktivität in Böden - A. Pflernähr Düng-Bodenk. 118: 161-171.

Jessop, R. S., B. Palmer, V. F. Mc Clelland y R. Jardine, 1977. Within season variability of bicarbonate extractable phosphorus in wheat soils. Aust. J. of Soil Res. 15: 167-170.

Martel, F. C. y J. Zizka, 1978. L' E'ffet du temps de L'echantillonnage et de L'heterogeneite duchamps sur les analyses de fertilite du soil. Can. J. Sol Sc. 58: 511-520.

Metha, N. C., J. O. Legg, C. A. Goring y C. A. Black, 1954. Determination of organic phosphorus in soil: I Extraction method Soil Sc. Am. Proc. 18: 443-450.

Molfino, R. H., 1949. La variabilidad de la reacción de un suelo en La Plata durante el septenio 1940-1946. Rev. Fac. de Agr. (tercera época) t. XXVII La Plata, Rep. Argentina.

Richter, M., G. Massen e I. Mizuno, 1973. Total organic carbon and oxidizable carbon by the Walkley. Black procedur in some soils of the Argentine pampa. Agrochimica 17: 462-473.

Thornwaite, C. W. y J. R. Mather, 1955. The water balance. Institute of technology laboratory of climatology 8 9-104. Centerton, New Jersey.