

VARIABILIDAD ESPACIAL DE FOSFORO EN SUELO Y PLANTA EN UN ARGUDOL TIPICO BAJO CULTIVO DE MAIZ

LIDIA GIUFFRE DE LOPEZ CAMELO, J. SIERRA, CLAUDIA FUMAGALLI, y SILVIA RATTO DE MIGUEZ¹

Recibido: 19/05/93

Aceptado: 06/09/94

RESUMEN

Se estudió la variabilidad espacial de P extractable, P adsorbido y P en planta en un cultivo de maíz, en dos escalas de muestreo: una unidad de 16 ha representada por un potrero, y una hectárea dentro del mismo, considerando un total de 100 muestras de suelo e igual cantidad de muestras vegetales.

La variable que presentó mayor variabilidad espacial fue el P extractable, y la de menor variabilidad resultó el P en planta. El P extractable presentó además una gran anisotropía al considerarse los análisis geoestadísticos, con diferentes resultados en las dos escalas de muestreo. El P adsorbido y P en planta presentaron efecto "nugget". La única variable que mostró distribución normal fue el P en planta.

La escala afectó el rango de valores obtenidos y la intensidad de muestreo necesaria.

Palabras clave: fósforo extractable, fósforo adsorbido, fósforo en planta, variabilidad espacial.

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL AND PLANT PHOSPHORUS IN A TYPIC ARGUDOLL UNDER MAIZE

SUMMARY

Spatial variability of extractable, adsorbed and plant phosphorus was studied on a corn crop using two sampling scales: a unit of 16 ha and one hectare within the same surface, considering 100 soil samples and the same quantity of plant samples.

Extractable phosphorus showed the greatest variability and the least was for absorbed phosphorus. Extractable phosphorus also presented a great anisotropy with different results in the two sampling scales when geo-statistical analysis were considered. Adsorbed P and plant P showed "nugget" effect.

Plant phosphorus was the unique variable presenting normal distribution.

Scale taken into consideration affected the range of the obtained values and required sampling intensity.

Key words: extractable P, adsorbed P, plant P, space variability.

INTRODUCCION

El estudio de la variabilidad espacial de las propiedades del suelo es de suma utilidad para el

diseño de sistemas de muestreo. El muestreo debe considerarse parte integral del análisis de los suelos, ya que la heterogeneidad de los mismos y la ineficacia de algunas muestras para representar las

¹Cátedras de Edafología y Fertilidad y Fertilizantes. Departamento de Suelos, FAUBA, Av. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires

condiciones del campo pueden transformar los resultados en inútiles (Horneck *et al.* 1990).

Las fuentes de variabilidad espacial pueden ser de origen diverso: erosión, procesos químicos y biológicos, flujos de masa y energía (agua, -solutos, calor), efecto de las labores culturales, microtopografía (Kachanoski *et al.* 1985).

Con respecto al fósforo del suelo existen trabajos en los que se relaciona la variabilidad de las formas totales y/o extractables con la nivelación de tierras (Knighton y James, 1985), con el desmonte y cultivo (Mueller-Harvey *et al.* 1985), con la textura y el manejo (O'Halloran *et al.* 1985) y con los factores formadores de suelo.

En en la Argentina, Conti *et al.* (1980) observaron un gran coeficiente de variabilidad en las determinaciones de fósforo, mucho mayor que para C total y N total. Vázquez y Leroux (1983) estudiaron la estabilización del coeficiente de variabilidad de P asimilable con el número de submuestras.

La influencia de los procesos de erosión hídrica fue señalada por Lemos *et al.* (1983), quienes estudiaron los procesos de acumulación de P en zonas onduladas.

En 1986, Di Pietro *et al.* emplearon métodos geoestadísticos para establecer el rango de dependencia espacial de la medición de P extractable en un suelo Argiudol típico.

Para obtener mayor información sobre la variabilidad espacial del fósforo tanto en suelos como en plantas, se planificó el siguiente trabajo cuyos objetivos fueron:

- estudio de la variabilidad espacial de dos medidas de P del suelo (P extractable y P adsorbido) y P en planta, en dos escalas:
- nivel potrero (16 hectáreas)
- nivel hectárea
- cálculo del número mínimo de muestras a extraer con un determinado error probable
- análisis geoestadístico de las variables consideradas.

MATERIALES Y METODOS

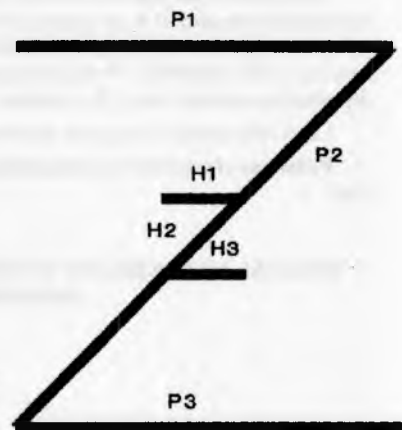
Se efectuó un muestreo sistemático del horizonte superficial de un Argiudol típico serie Pergamino, bajo

cultivo de maíz.

Se seleccionó un potrero de 16 hectáreas en el que se muestreó en transectas con un diseño en Z (Fig. 1), con transversales de 300 m en las que se extrajeron 15 muestras a 20 m y una diagonal de 400 m donde se obtuvieron 20 muestras a igual distancia. Además, en el centro del potrero se utilizó igual diseño en una superficie de una hectárea, con transversales de 90 m donde se tomaron 15 muestras, y una diagonal de 120 m de la que se extrajeron 20 muestras, todas a una distancia de 6 m entre sí.

El muestreo vegetal se realizó a principios de enero, en las mismas transectas anteriores, en la hoja opuesta y por debajo de la espiga.

Las muestras de suelo y planta fueron analizadas por triplicado.



P1 y P3: transversales del potrero=300m
 H1 y H3: transversales de la hectárea=90m
 P2: diagonal del potrero=400m
 H2: diagonal de la hectárea=120m

Figura 1: Diseño del muestreo

Técnicas analíticas

Los métodos utilizados fueron:

- P extractable: Bray-Kurtz N° 1.
- P adsorbido: con el agregado de 25 μ m de P y 2 horas de agitación (para Molisoles representaría el P adsorbido a una concentración crítica en solución (López Camelo y Heredia, 1988).

-P absorbido: P total en planta mediante digestión ácida nítrico-perclórica y colorimetría del azul de molibdeno.

Análisis estadístico

Se analizó la estadística descriptiva de las variables consideradas y su normalidad y se calculó el número mínimo de muestras según Leo Micah (1963).

Se efectuó un análisis de variancia para las determinaciones de potrero y hectárea, y un análisis de regresión entre P extractable y P adsorbido en suelos.

Análisis geoestadístico

Se calcularon los semivariogramas para P en suelo y P en planta.

RESULTADOS Y DISCUSION

Variabilidad espacial del P en suelo

En el cuadro N°1 puede observarse que el P extractable (P ext) presentó mayor variabilidad que el P adsorbido (P ads).

El método de Bray-Kurtz, que extrae formas lábiles de P del suelo, podría estar influido en cuanto a su variabilidad espacial por múltiples factores, tales como contenido de P del material madre, materia orgánica, porcentaje de arcilla, variaciones microtopográficas. Representaría una mayor variabilidad de formas de P con distinta energía de retención que el P adsorbido. Este último tendría mayor relación con las superficies adsorbentes, condicionadas por el porcentaje y tipo de arcillas, contenido de óxidos libres de hierro,

influencia de la materia orgánica y del calcio.

Realizado un análisis de variancia para un modelo de clasificación anidada, considerando el potrero y la hectárea por separado, se comprobó para ambas variables que la variabilidad entre muestras resultó mucho mayor que entre determinaciones de una misma muestra, lo que confirma la importancia de la variabilidad espacial en relación al error experimental, que resultó mínimo.

Al efectuar el análisis de regresión entre P extractable y P adsorbido se obtuvo un coeficiente de correlación $r = -0,83$ ($p < 0,001$) a nivel potrero y $r = -0,76$ ($p < 0,001$) a nivel hectárea. El P adsorbido se comporta entonces como una medida de no disponibilidad en rangos de concentración crítica de P en la solución del suelo.

Distribución espacial y de frecuencias de P en suelo

En las Figuras 2 y 3 se presenta la distribución espacial de las observaciones. Puede notarse que existieron diferencias en las distintas transectas, tanto para P extractable como para P adsorbido. Se aprecian también los disímiles comportamientos a nivel de las dos escalas de observación: el potrero y la hectárea, en menor medida para el P adsorbido.

El número de factores que influyen sobre la variabilidad de una determinada propiedad varía con la escala de observación, lo mismo ocurre con la importancia relativa de cada factor (Burrough, 1983): esto determina que la dispersión sea diferente a nivel potrero que hectárea.

La distribución de frecuencias para las tres

Cuadro N° 1: Resumen de los resultados obtenidos para las tres variables analizadas

	P extractable (ppm)		P ads (ppm)		P abs (%)	
	Potrero	hectárea	Potrero	hectárea	Potrero	hectárea
Valor máximo	82,5	35,9	7,5	6,8	0,30	0,29
Valor mínimo	6,2	8,0	-1,9	3,7	0,09	0,10
Media	17,7	17,0	5,3	5,3	0,19	0,18
Desvío	14,0	6,0	1,7	0,8	$4,7 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$
CV %	79,0	36,0	31,0	15,0	25,0	23,0

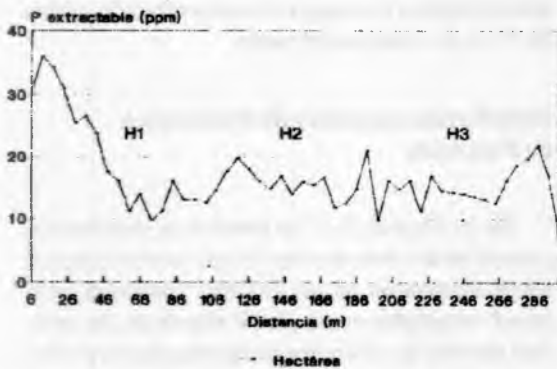
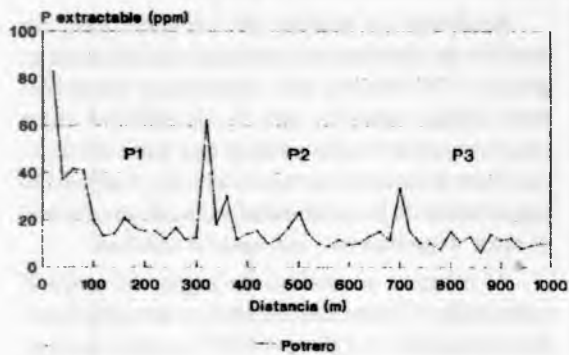


Figura 2: P extractable en función de la distancia para potrero y hectárea

formas de P consideradas puede visualizarse en las Figuras 4 y 5. A nivel potrero la distribución de P en suelo se apartó significativamente de la distribución normal (Kolmogorov y Cramer-von Mises, $p < 0,01$), siendo esto más notorio que a nivel hectárea, lo cual corrobora lo discutido anteriormente.

La ausencia de normalidad obligó a realizar la transformación de los datos utilizándose distintas funciones. Se calculó con los datos transformados y sin transformar el número mínimo de muestras para un error permitido de + 15 % de la media y los resultados obtenidos figuran en el cuadro N°2. La variabilidad espacial de los parámetros edáficos se vió reflejada en la mayor cantidad de muestras a

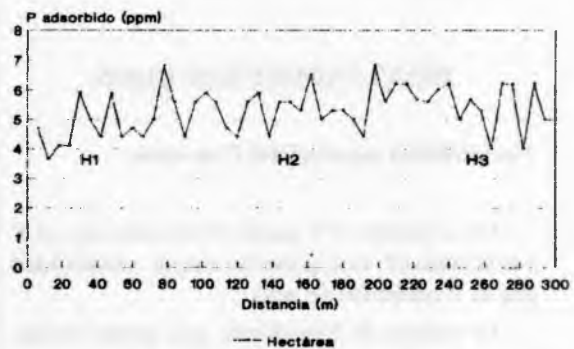
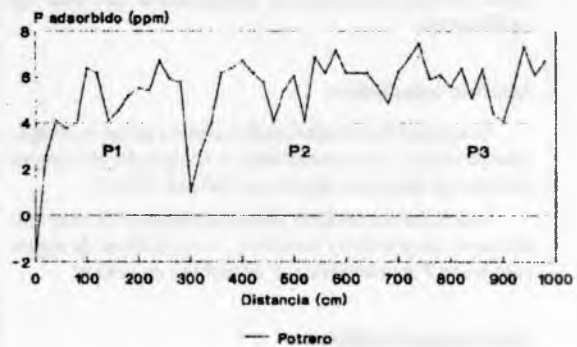


Figura 3: P adsorbido en función de la distancia para potrero y hectárea

extraer para fósforo extractable que para fósforo adsorbido y a nivel potrero comparado con el nivel hectárea.

Variabilidad espacial del fósforo en planta

Los valores obtenidos tuvieron en general una menor dispersión que en el caso del P edáfico (Tabla 1), lo que también se aprecia en su distribución espacial (Fig.6). Este hecho determinó un número de muestras calculado menor respecto del P edáfico, para el mismo error probable (cuadro N° 2)

El número de factores que afecta la dispersión

Cuadro N° 2: Cálculo del número mínimo de muestras para las tres variables utilizadas

Superficie	P extractable s/trans. normalizado	P adsorbido s/transf. normalizado	P absorbido dist. normal
Potrero	112 30(1/Pext)	17 32(Pads2)	11
Hectárea	23 16(1/Pext)	4 4(1/Pads)	10

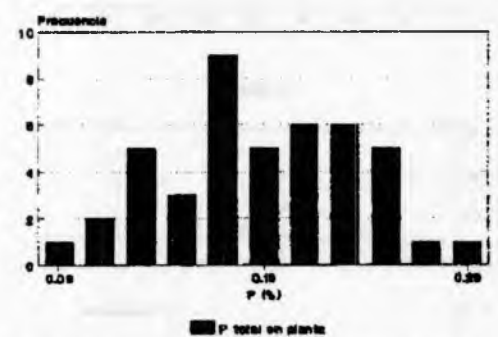
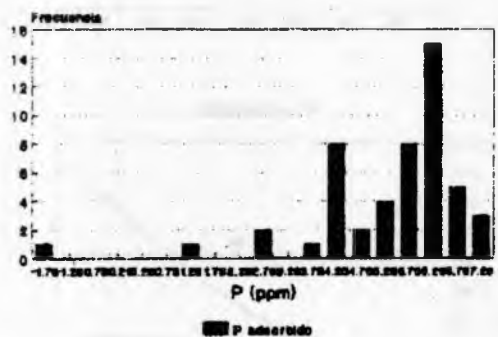
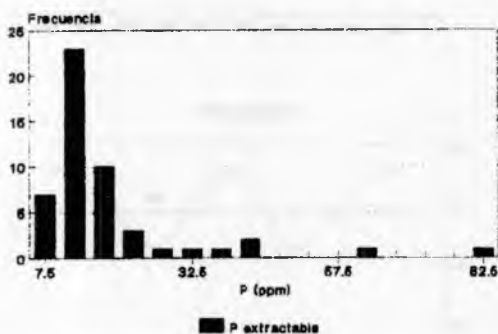


Figura 4: Distribución de frecuencias a nivel potrero

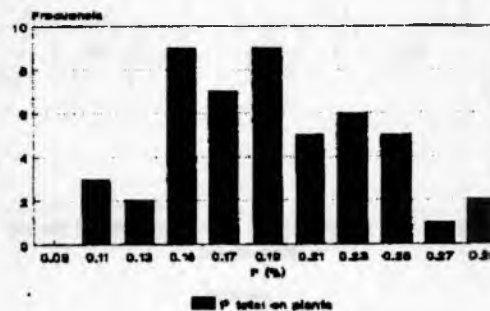
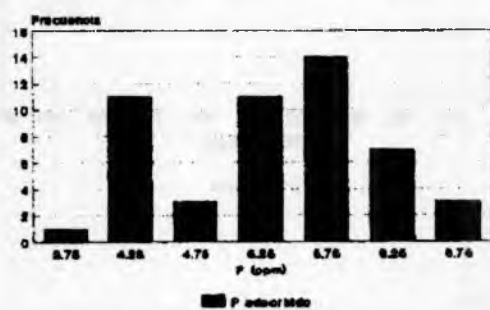
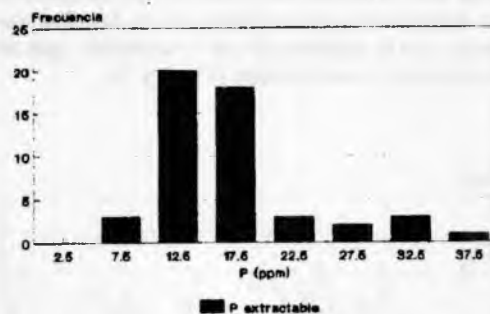


Figura 5: Distribución de frecuencias a nivel hectárea

del P absorbido es elevado: existen factores edáficos (disponibilidad de P, temperatura, humedad, impedancias, etc.); factores del vegetal (volumen radical, potencialidad de absorción, sanidad de la planta, etc.); factores climáticos. Sin embargo, como la planta explora un volumen de suelo mayor al representado por una muestra, actuaría diluyendo la variabilidad edáfica, compensando diferencias puntuales en el suelo.

Por otro lado, los límites de concentración de P en planta son más estrechos que en suelo, la planta posee una composición química más definida, lo que influye en la menor dispersión de las observaciones y en la distribución de frecuencias, que no se apartó de la normalidad (Fig. 4 y 5)

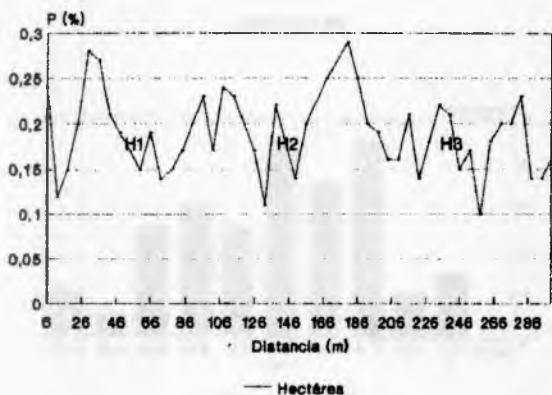
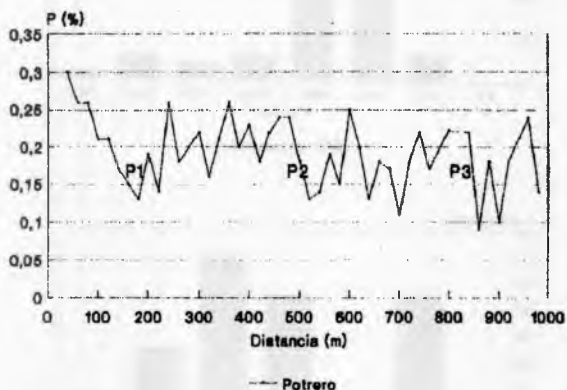


Figura 6: P total en vegetales en función de la distancia

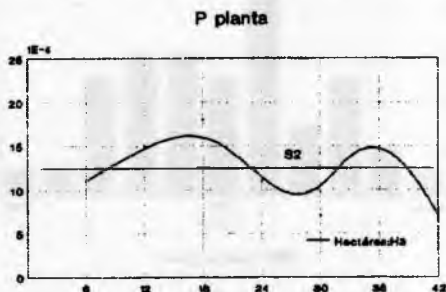
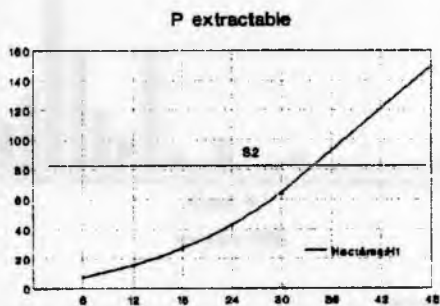
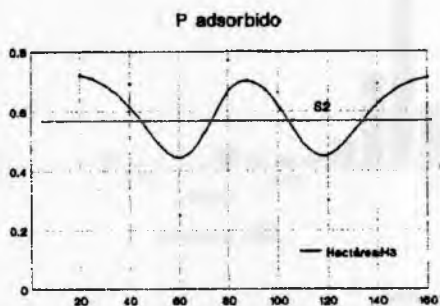
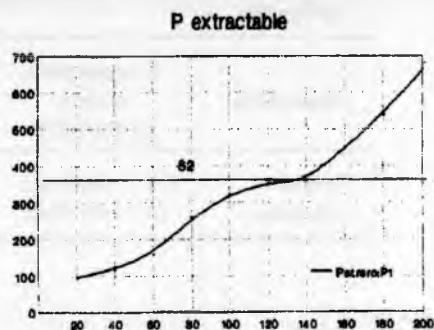


Figura 7: Semivariogramas

Análisis geoestadístico

En la Fig.7 pueden observarse algunos ejemplos de semivariogramas de las variables estudiadas.

Los resultados obtenidos en los semivariogramas empíricos de P extractable en suelos fueron disímiles para las dos escalas de medición (potrero y hectárea), y aún para cada transecta.

Se mostró una tendencia espacial a nivel de P1 con un rango de 140 m, y de H1 con rango de 34m. Esta tendencia espacial también puede visualizarse en la Fig.2.

Para la mayoría de los casos restantes, incluyendo además las variables P adsorbido y P en planta, se mostró un efecto nugget puro, en las dos escalas consideradas, es decir variación en la microescala (puntos cercanos dan valores diferentes) ya que el error experimental fue mínimo.

Los resultados disímiles en los dos niveles de observación sugieren la importancia de definir cuidadosamente las escalas de trabajo en función de los objetivos a cumplir, ya que existirían distintos factores influyentes a cada escala considerada.

Existió una gran anisotropía en el comportamiento del P, con transectas con estructura espacial donde el rango fue mayor que la distancia de muestreo considerada, pero también con efectos inferiores a la distancia de muestreo, es decir que

en estos casos la distancia de muestreo fue adecuada para asegurar la independencia de las muestras.

CONCLUSIONES

*La escala afectó el rango de valores obtenidos, lo que implicó una mayor dispersión a nivel potrero.

*La planta actuaría diluyendo la variabilidad del suelo, y la intensidad de su muestreo podría ser menor que para el P edáfico.

*Los datos edáficos no se ajustaron a una distribución normal. Los valores de P extractable y P adsorbido estuvieron asociados en las dos escalas de medición.

*El tipo de distribución no fue afectado por la escala de trabajo, sugiriendo ser una característica dependiente del tipo de variable.

*El patrón de distribución del P tuvo un comportamiento anisotrópico, con algunas tendencias espaciales y predominio

de efecto "nugget" en la mayoría de los casos.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Martín Grondona por su asesoramiento en los temas geoestadísticos.

BIBLIOGRAFIA

- BURROUGH, P. 1983. Multiscales sources of spatial variation in soil. *J. Soil Sci.* 44:577-597.
- CONTI, E., N. ARRIGO, M. PALMA y M. E. VAZQUEZ. 1980. Efecto de las variaciones estacionales, profundidad de muestreo e influencia de los distintos manejos sobre los resultados de C, N, P y pH del suelo. *Actas IX Reunión Arg. C. Suelo*, Paraná, II: 273-286.
- DI PIETRO L. B., L. M. DE RAVERA y V. R. DE KLEBER. 1986. Variabilidad espacial de parámetros físicos y químicos de un suelo de Pergamino. *Ciencia del Suelo* 2:99-106.
- HORNECK D. A., J. M. HART and D. C. PEEK. 1990. The influence of sampling intensity, liming, P rate and method of P application on P soil test values. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 21: 1079-1090.
- KACHANOSKI, R. G., D. E. ROLSTON and E. DE JONG. 1985. Spatial variability of a cultivated soil as affected by past and present microtopography. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:1082-1087.

- KNIGHTON R.E. y D.W.JAMES.1985.Soil test phosphorus as a regionalized variable in leveled land.*Soil Soc. Am.J.*49:675-679.
- LEMONS E.A.,E.S.OYARZÁBAL y M.L.R.DE GALLETTO.1983.El P disponible y su relación con el relieve en la serie Arroyo Dulce. *Actas X Congr. Arg. y VIII Latin. de Ciencia del Suelo*:198-199.
- LEO MICAH,H.W.1963.Heterogeneity of soil of agricultural land in relation to soil sampling.*J.Agr.Food Chem.*11:432-434.
- MUELLER-HARVEY I.,A.S.R.JUO and A.WILD.1985.Soil organic C,N,S and P after forest clearance in Nigeria:mineralization rates and spatial variability.*J.Soil Sci*36:585-591.
- O'HALLORAN I.P.,R.G.KACHANOSKI and J.W.B.STEWART.1985.Spatial variability of soil P as influenced by soil texture and management.*Can.J.Soil Sci.* 65:475-487.
- VAZQUEZ M.E. y G.LEROUX.1983.Estudio de la variabilidad edáfica de algunas determinaciones químicas a través de un muestreo compuesto.*Rev.Fac.Agr.*4:317-323