

**VARIABILIDAD ESPACIAL  
EN DETERMINACIONES DE CARBONO  
NITROGENO, FOSFORO Y pH,  
DE UN MUESTREO SISTEMATICO  
DE SUELO**

Marta E. Conti, Nilda M. Arrigo y R. Marta Palma (1)

**RESUMEN**

En una unidad taxonómica "planosol somero", se realizó un muestreo sistemático tridimensional. Se obtuvieron 100 muestras en una cuadrícula diseñada sobre una hectárea. En el ensayo se incorporaron dos fuentes de variabilidad: a) distinta profundidad, b) distintos manejos. Sobre ellos se realizaron las determinaciones de carbono total, nitrógeno total, fósforo asimilable, pH actual y pH potencial.

En todos los casos se describe la población a través de su media muestral, varianza y coeficiente de variación. Con estos datos se calcula el número mínimo de muestras a extraer, para un error permitido de hasta el 15% de su media.

Los datos fueron analizados estadísticamente, comprobándose que el carbono y nitrógeno presentan diferencias altamente significativas al muestrearse en las dos profundidades propuestas en el ensayo. En fósforo se encontraron diferencias altamente significativas tanto en las distintas profundidades como manejos. En pH actual y potencial hay igualdad de datos para las variables seleccionadas.

Se concluye que para que un muestreo resulte representativo de un área y los resultados obtenidos tengan un mínimo de seguridad, deberán tenerse en cuenta los siguientes aspectos: la profundidad de muestreo, el manejo dado al suelo y la característica del elemento a medir.

**SUMMARY**

A tridimensional systematic sampling was performed in a planosol taxonomic unit. One hundred samples were obtained in a grid designed on one hectare (two and a half acres). Two sources of variability were brought into the trial: a) different depth; b) different kinds of management. The determinations of total carbon, total nitrogen, assimilable phosphorus, actual pH and potential pH.

Data were statically analysed and it was found out that carbon shows highly significant differences when sampling at the two depths proposed on the trial. For nitrogen, extremely significant depth variations were noticeable which were significant in both kinds of management. In phosphorus highly significant differences were found both at the various depths and managements. In the actual and potential pH the data for the variables selected showed no significant variability.

In all these cases the population was described through its sample mean, variance and variation coefficient. With all these data the minimal number of samples to be extracted is calculated for an error allowed of up to 15% of its media.

To sum up, the conclusion is that in order to obtain a representative sampling of an area and results which offer an acceptable degree of certainty, the following aspects should be considered: depth of sampling, soil management and characteristics of element to be measured, particularly its dynamics and its concentration.

---

(1) Profesora Adjunta y Jefes de T. Prácticos, Cátedra de Edafología - Facultad de Agronomía de UBA. Av. San Martín 4453, Capital Federal.

## INTRODUCCION

Es bien sabido que los datos obtenidos de un análisis químico de suelo están sujetos a variaciones, de modo que las estimaciones hechas de estos datos presentan cierto grado de incertidumbre. En una publicación de 1908 Student expresa: "cualquier serie de experimentos tiene valor únicamente si nos permite juzgar las constantes estadísticas de la población a la que pertenecen los experimentos" (Cochran, 1953).

Este trabajo se refiere a la problemática del muestreo de suelo y el análisis de la información obtenida. Para ello se realizó un muestreo sistemático sobre una serie de suelo, obteniéndose cien muestras de una cuadrícula en una hectárea.

A través de los datos analíticos y el estudio estadístico de los mismos, se pretende definir las características de la población, poniendo de manifiesto las principales fuentes de variabilidad a tener en cuenta para cada elemento analizado.

## MATERIALES Y METODOS

Para este ensayo se utilizaron dos potreros del establecimiento "La Adela", ubicado en la cuenca del río Luján dentro del área enmarcada por los arroyos Gutiérrez y Arias. Se trata de una zona con pendientes suaves y levemente onduladas con cotas entre 30 y 35 m sobre el nivel del mar. Los suelos predominantes son del tipo planosólico, desarrollados sobre sedimentos loésicos franco limosos finos y en condiciones de cierto hidromorfismo. En general son suelos con drenaje limitado por la presencia de un horizonte B<sub>2</sub> arcilloso y fuertemente textural, y con escurrimiento medio a lento.

Los dos potreros utilizados pertenecen a la unidad taxonómica "unidad planosol somero", con la siguiente secuencia de horizontes: A<sub>p</sub> de 0 - 18 cm, A<sub>12</sub> de 18 - 24 cm, A<sub>2</sub> de 24 - 35 cm, B<sub>2t</sub> de 25 - 67 cm, B<sub>3x</sub> de 67 - 100 cm (Barberis, *et al.*, 1978).

Las características de los lotes son las siguientes:

- Lote 1: Pradera ("rye-grass", trébol blanco, pasto ovillo) sembrada en 1976.
- Lote 2: Verdeo. Este lote se utilizó en agricultura desde 1976 donde se alternaron cultivos de trigo y papa. En marzo de 1979 se sembró un verdeo de "rye-grass", con las siguientes labores: arada en la primera quincena de marzo, dos rastras de discos y una rastra de dientes en la segunda quincena de marzo, siembra del 28 a 30 de marzo.

En estos lotes se realizó un muestreo sistemático tridimensional, determinándose 100 puntos diseñados sobre una cuadrícula a una distancia entre puntos de 10 m por 10 m, para cada situación. Las muestras puntuales fueron extraídas por medio de una pala y a dos profundidades: 0 - 18 cm y 18 - 30 cm.

Estas muestras fueron transportadas al laboratorio donde se secaron al aire, se trituraron en mortero de madera hasta que pasara por tamiz de 2 y 0,2 mm de abertura de malla según el análisis practicado. Sobre ellas se realizaron por duplicado las siguientes determinaciones:

- 1.- Carbono total por el método Walkey-Black (Black, 1965 a).
- 2.- Fósforo asimilable por el método de Bray-Kurtz n° 1 (Black, 1965 b).
- 3.- Nitrógeno total por el método de microkjeldahl (Conti *et al.*, 1976).
- 4.- pH actual y pH potencial por método potenciométrico (Jackson, 1964).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos estadísticos calculados, sobre los resultados de las muestras referidos a Carbono total, Nitrógeno total, Fósforo asimilable, pH actual y pH potencial se encuentran detallados en los cuadros 1 y 2.

CUADRO 1: Datos estadísticos de los análisis realizados.

	Varianza	Media	Desvío estándar	Coficiente de variabilidad %	Nº mínimo de muestras
<b>a - Carbono total (%)</b>					
A	0,072	2,10	0,269	12,80	2
B	0,113	1,67	0,337	19,75	5
C	0,045	2,06	0,213	10,34	1
D	0,106	1,80	0,326	18,10	4
<b>b - Nitrógeno total (%)</b>					
A	0,0009	0,20	0,030	15,50	3
B	0,0012	0,16	0,035	21,60	6
C	0,0005	0,20	0,023	11,24	1
D	0,0009	0,17	0,030	17,18	4
<b>c - Fósforo asimilable (ppm)</b>					
A	22,41	12,14	4,734	70,85	19
B	25,44	9,67	5,049	126,99	33
C	37,65	18,76	6,136	37,40	13
D	28,63	11,51	5,351	46,40	26
<b>d - pH actual</b>					
A	0,063	5,82	0,251	4,32	1
B	0,075	5,90	0,274	4,64	1
C	0,022	5,92	0,149	2,51	1
D	0,030	5,94	0,174	2,93	1
<b>e - pH potencial</b>					
A	0,051	4,95	0,226	4,57	1
B	0,084	4,96	0,289	5,83	1
C	0,015	5,09	0,122	2,40	1
D	0,014	5,07	0,120	2,37	1
<p>A = Suelo de pradera 0 - 18 cm            B = Suelo de pradera 18 - 30 cm            C = Suelo de verdeo 0 - 18 cm            D = Suelo de verdeo 18 - 30 cm</p>					

**CUADRO 2: Análisis de varianza. Tabla de F calculada y su grado de significancia. (\*\*) Altamente significativo.**

	Manejo	Profundidad	Interaccion Manejo/profundidad
Carbono total	1,27	137,22 (**)	0,33
Nitrógeno total	4,56	142,00 (**)	1,00
Fósforo asimilable	60,71 (**)	79,54 (**)	20,13 (**)

### Características de las determinaciones químicas realizadas

Del análisis de varianza de los datos obtenidos para Carbono total se deduce que, de los efectos de profundidad, de manejo y de su interacción, sólo resulta altamente significativo el factor profundidad, situación que se repite para Nitrógeno total.

Para Fósforo asimilable, si bien los coeficientes de variabilidad pueden llamar la atención por ser excesivamente altos (Pimentel Gómez, 1978), siguen la misma tendencia que todos los elementos analizados, es decir, son menores en las capas superficiales y también menores en el manejo de verdeo al compararlo con el manejo de pradera. Al efectuarse el análisis de varianza y partición de suma de cuadrados se encontraron diferencias entre todos los factores: manejo, profundidad y la relación entre ambos.

El pH actual y el pH potencial no ofrecieron variaciones ni en las dos profundidades, ni en los diferentes manejos.

### Variabilidad de la muestra

El estudio de la densidad de muestreo presentó distintos coeficientes de variabilidad para las determinaciones químicas realizadas, siendo muy grande en fósforo asimilable, media en nitrógeno y carbono y baja en pH actual y potencial.

El efecto de la profundidad sobre las muestras pone claramente a la vista que los coeficientes de variabilidad de carbono, ni-

trógeno y fósforo asimilable aumentan al aumentar la profundidad, caso contrario al valor de sus medias. Esto no sucede en los valores de pH actual y potencial donde se mantienen constantes.

La tendencia del manejo se presenta muy definida, disminuyendo en todos los casos la variabilidad de la muestra en el lote más laboreado (verdeo).

### Tamaño de la muestra

La influencia que la variabilidad tiene sobre el proceso de muestreo se pone de manifiesto al calcular el número mínimo de muestras a extraer para trabajar con un determinado error probable; para ello se recurrió a la siguiente fórmula (Leo, Micah, 1963).

$$n = \frac{t^2 \cdot s^2}{(p \cdot \bar{X})^2}$$

n = número de muestras  
t = valor de la distribución "t de Student" para n - 1 grado de libertad  $\alpha$  nivel de significancia = 0,10.

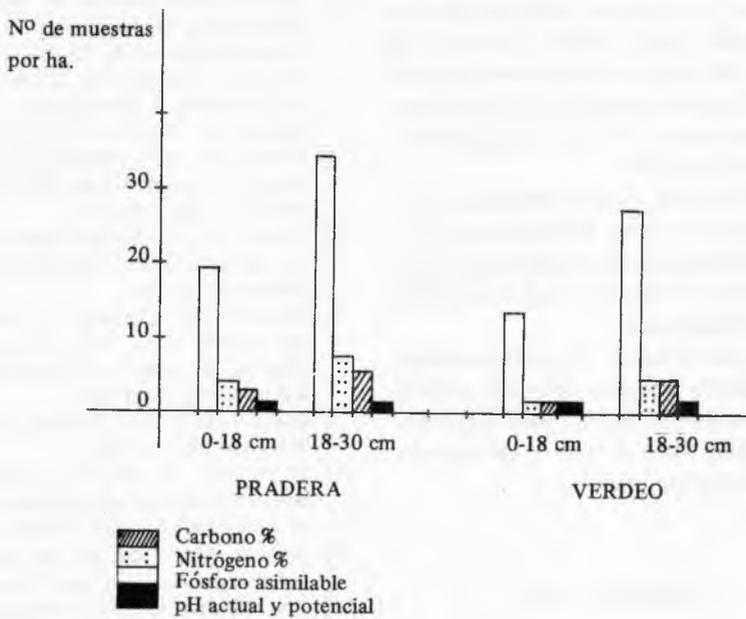
$S^2$  = varianza muestral.

$\bar{X}$  = media de la muestra.

p = 15% (error permitido)

A partir de los resultados del cuadro 1, se calculó el número mínimo de muestras a obtener por cada situación (figura 1). El número de muestra fue calculado a un nivel de precisión de  $\pm 15\%$  de su media.

Fig. 1: Número mínimo de muestras de suelo en las determinaciones de carbono, nitrógeno, fósforo y pH en dos tipos de manejo para obtener una precisión de  $\pm 15\%$ .



Estos resultados indican distinto número de muestras a extraer por hectárea de acuerdo al elemento analizado, profundidad y manejo del lote.

Teniendo en cuenta que el trabajo fue realizado sobre una superficie de una hectárea, muchas de las variaciones encontradas son relacionadas a pequeñas distancias. En relación a este punto, muchos autores encontraron que la extensión del área no afecta apreciablemente el coeficiente de variabilidad de la muestra, ya que una proporción grande de la variabilidad espacial ocurre a distancias cortas (Ball y Williams, 1968; Cameron *et al.*, 1971).

En el país, Barberis *et al.*, (1979), trabajando sobre una serie de suelo en el partido de Pergamino encontraron coeficientes de variabilidad de 7,08% para carbono y 9,44% para nitrógeno sobre 44 muestras en una superficie de 41 hectáreas.

De todo lo expuesto se puede deducir que para que las técnicas de muestreo sean

válidas, se debe respetar una serie de premisas. Ellas dependerán de la variabilidad del elemento a medir, la profundidad de muestreo y el manejo dado al suelo.

## CONCLUSIONES

Para las muestras estudiadas y las condiciones analizadas se pone de manifiesto:

1.- En carbono no se presentaron diferencias entre las situaciones de manejo, encontrándose sólo variaciones en las profundidades de muestreo. El número mínimo de muestras por hectárea varía de 2 a 5 para la capa superficial y profunda de pradera y de 1 a 4 para las dos profundidades de verdeo.

2.- En nitrógeno existieron diferencias al muestrear capas con distintas profundidades, no presentando variaciones en los dos manejos. Los números mínimos de muestras a extraer por hectárea en pradera son: 3 en la capa superficial, 6 en la capa profunda y,

en verdeo: 1 en la capa superficial, 4 en la profunda.

3.- En fósforo se obtuvieron diferencias tanto en ambos manejos como en las dos profundidades. Los números mínimos de muestras a extraer por hectárea en pradera son: 19 en la capa superficial, 33 en la profunda y, en verdeo: 13 en la capa superficial, 26 en la profunda.

4.- El pH actual y pH potencial no ofreció variaciones ni en los diferentes manejos ni en profundidad, siendo el número mínimo de muestras por hectáreas igual a la unidad en todas las situaciones.

5.- Para que el número de muestras resulte representativo del área analizada deberá tenerse en cuenta la profundidad de muestreo, el manejo dado al suelo y las características del elemento a medir.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) Ball D.F. and Williams W.M. 1968. Variability of soil chemical properties of two uncultivated Brown Earths. *J. Soil Sci.* 19: 379-391.
- 2) Barberis L., Berasategui, L. y Mizuno, I. 1978. Relevamiento de suelos del establecimiento "La Adela". Inédito.
- 3) Barberis, L., Zourarakis, D., Sunde, D. 1979. Influencia de las técnicas de muestreo y acondicionamiento en la determinación del nivel de nitratos en el suelo. III Reunión Nacional de Fertilidad y Fertilizantes - Facultad de Agronomía - Biblioteca Central Bs. As.
- 4) Black C. A. 1965 a. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Inc. Madison, Wisconsin. pág. 1373-75.
- 5) Black, C. A., 1965 b. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin Cap. 84.
- 6) Cameron D.R., Nyborg, M., Toogood, J. A. and Laverty D.H. 1971. Accuracy of field sampling for soil tests *Canadian Journal of soil science* 51: 165-175.
- 7) Cochran W.G. 1953. Sampling techniques. Y. Wiley and sons N. York.
- 8) Conti, M.E., Richter, M. y Giuffre, L. 1976. Método de determinación rápida de Nitrógeno en suelo. *IDIA* N° 343 - 348 pág. 119-122.
- 9) Jackson, M.L. 1964. Análisis químico de suelos. Omega Barcelona. cap. 3 pág. 67-80.
- 10) Leo, Micah W.M. 1963. Heterogeneity of soil sampling. *Agricultural an food chemistry*. 11: 432-434.
- 11) Pimentel Gómez, F. 1978. Estadística Experimental. Hemisferio Sur - Bs. As.