

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EDAFICA DE ALGUNAS DETERMINACIONES QUIMICAS A TRAVES DE UN MUESTREO COMPUESTO

Mabel E. Vázquez; G. Leroux (1)

Recibido: 26/8/82

Aceptado: 27/9/82

RESUMEN

Se muestreo una superficie de una hectárea hasta los 18 cm de profundidad, de un suelo caracterizado como Argialbol Argiacuico, ubicado en el Partido de Luján, Provincia de Buenos Aires. El muestreo puntual fue sistemático con diagrama de cuadrícula, extrayéndose un total de 49 muestras que integraron en forma aleatoria 3 repeticiones de muestras compuestas de 10, 20, 30, 40 y 49 submuestras. Sobre ellas se realizaron las siguientes determinaciones: $N-NO_3^-$, P extractable, capacidad de intercambio catiónico, N total, C total, ph actual y ph en CIK.

Se encontró el siguiente orden de variabilidad espacial en sentido decreciente: $N-NO_3^-$, P extractable, capacidad de intercambio catiónico, N total, C total, ph actual y ph en CIK.

A STUDY OF SPATIAL VARIABILITY OF SOME SOIL CHEMICAL PROPERTIES BY MEANS OF A COMPOSITE SAMPLING TECHNIQUE

SUMMARY

One hectare of Argiacuic Argialbol soil located in Luján, Province of Buenos Aires, was sampled to a depth of 18 cm. Individual sampling was carried out following a grid pattern, 49 samples being produced. These ones were grouped at random, in order to form 3 different composite samples, containing 10, 20, 30, 40 and 49 subsamples. The composite samples were analyzed for: NO_3^-N , extractable P, Cationic exchange capacity, total N, total C, actual ph and ph in CIK.

Spatial variability was found to decrease in the following order: NO_3^-N , Extractable P, Cationic exchange capacity, total N, total C and ph in CIK.

INTRODUCCION

El estudio químico de los suelos ha evolucionado notablemente en los últimos años.

Esto mas el avance general de la producción agropecuaria ha permitido calibrar sistemas de diagnóstico del estado nutricional de los suelos de relativa exactitud.

Persiste, sin embargo, un punto vulnerable en la mayoría de los intentos que al respecto se han hecho. El mismo consiste en la determinación del número de muestras necesarias y sistema de muestreo adecuado para efectuar el diagnóstico correctamente.

Esta dificultad deriva de la complejidad de "las fuentes de variación espacial" en las determinaciones analíticas edáficas.

(1) Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4455, (1417) Buenos Aires, Argentina.

Lo que se registra como un todo en "variación espacial" no es sino la suma de variaciones parciales originadas por:

- Sistema de muestreo.
- Procesamiento de la muestra y almacenamiento de la misma.
- Determinación analítica.
- Variabilidad espacial propia del suelo.

Podrían sumarse a esta lista otros items de menor o igual relevancia de acuerdo a cada situación particular.

Varios autores han colaborado en el esclarecimiento del problema. Pueden mencionarse los aportes de Fielding Reed y Rigney (1946), Hammond *et al* (1958), Cameron *et al* (1971), Hartman *et al* (1973), Leo (1963), Reuss *et al*. (1977).

En el ámbito nacional la investigación en esta área es sumamente escasa. Sin embargo, pueden citarse algunos trabajos que de una u otra manera hacen alusión al tema como los de Fagioli (1978), Barberis *et al* (1976), Pontussi (1969).

En esta investigación se pretende establecer el orden de magnitudes de variabilidad espacial horizontal para distintas determinaciones químicas edáficas y proponer el número de submuestras por muestra compuesta, con un sistema de muestreo puntual sistemático y composición de la muestra al azar.

MATERIALES Y METODOS

Suelos

Para llevar a cabo el plan propuesto fue muestreado un suelo perteneciente a la Serie Navarro, ubicado en el Partido de Luján, Provincia de Buenos Aires.

Este suelo está caracterizado como Argialbol argiacuico y ha sido desarrollado sobre sedimentos loésicos bajo condiciones de cierto hidromorfismo.

Se trata de un área de pendientes suaves y levemente ondulada.

Sus características generales pueden resumirse de la siguiente manera: color oscuro, imperfectamente drenado, con el horizonte B2 fuertemente textural a partir de los 40 cm (Barberis y Berazategui, *Inédito*) (Algunos datos complementarios pueden verse en las siguientes citas bibliográficas: Conti *et al*. (1980a); Conti *et al*. (1980b)).

El suelo elegido poseía en el momento del muestreo una pradera polifítica de tres años de antigüedad, integrada por especies como ryegrass perenne (*Lolium perenne*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata*). Esta pradera fue fertilizada 1,5 años antes de la fecha de muestreo con fosfato diamónico, a razón de 100 kg por hectárea.

Sistema de Muestreo

Fue delimitada una superficie de una hectárea, alejándose de los alambrados 100 m para evitar cualquier situación anómala. Sobre la misma se realizó un muestreo de tipo sistemático con diagrama de cuadrícula. En las intersecciones de las líneas de dicha cuadrícula, se extrajeron 49 muestras puntuales de la capa de 0-18 cm. Esta profundidad no superaba el horizonte A.

Las muestras se sacaron usando pala, teniendo la precaución de que una lonja central de la palada integrara las mismas. Inmediatamente se desterronó cada extracción, se homogeneizó y se procedió a realizar muestras compuestas de distintos número de submuestras, éstas sorteadas al azar de entre las 49. Se realizaron así muestras compuestas de 10, 20, 30, 40 y 49 submuestras con tres repeticiones para cada categoría.

Todas las submuestras participaron con igual peso en su correspondiente compuesta, cumpliendo así una de las premisas de este sistema de muestreo. Luego las muestras compuestas fueron homogeneizadas y conducidas en un lapso de 2 horas al laboratorio, donde se extendieron a la sombra hasta su secado completo. La fecha de muestreo fue el 15 de octubre.

Análisis químicos

Las determinaciones químicas realizadas fueron las siguientes:

- a) Nitratos: extracción con sulfato cúprico 0,02N (sin sulfato de plata) y determinación colorimétrica por el método del fenol disulfónico (Jackson, 1964).
- b) Fósforo extractable: según el método de Kurtz y Bray N° 1 modificado (Jackson, 1964).
- c) Carbono total: según la técnica de Walkley-Black modificada (Richter, *et al.*, 1973).
- d) Nitrógeno total: según el método propuesto por Conti *et al* (1976).
- e) ph actual: con una relación suelo: agua de 2: 1 y determinación potenciométrica.
- f) ph en CIK: con igual relación pero usando CIK 0,5N en lugar de agua y determinación potenciométrica.
- g) Capacidad de intercambio catiónico: extracción con acetato de amonio ph 7 N, con percolación según lo ideado por Richter (1980), y determinación a través de un sistema micro-kjeldahl con algunas modificaciones propuestas por Richter (1980).

Las determinaciones se hicieron con muestras tamizadas por mallas de 2 mm, excepto C y N total donde se usaron mallas de 0,2 mm.

Todos los análisis fueron hechos por duplicado y los resultados son el promedio del mismo, expresado sobre suelo seco a 105°C.

RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos (Cuadro 1).

DISCUSION

Es evidente que la variabilidad espacial no es idéntica para todos los nutrientes del suelo, distintas fracciones de los mismos u

otras determinaciones analíticas edáficas. La razón de esto es que la dinámica de cada uno de ellos está regida por mecanismos de distinta índole, sea ésta puramente química, física o biológica, o una combinación de ellas, con preponderancia de una u otra vía en cada caso, y condicionadas por factores ambientales distintos.

Si se analizan los coeficientes de variación entre las distintas muestras compuestas a medida que se incrementa el número de submuestras que las integran, como un índice de esa variabilidad espacial, se obtienen las siguientes figuras: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (En los casos en que la regresión resultó significativa, se especificó la función correspondiente y el grado de significancia. En el resto de los casos fueron probadas las siguientes funciones: lineal, logarítmica, exponencial y potencial, estos casos se grafican con la que mejor describe la asociación).

Se pueden distinguir tres niveles de variación entre las diferentes determinaciones analíticas realizadas.

El primero integrado por N-NO₃ y P extractable, donde el coeficiente de variación tiene una pendiente negativa muy marcada a medida que incrementamos el número de submuestras de la muestra compuesta.

El segundo nivel podría estar constituido por la capacidad de intercambio catiónico, C total y N total, con pendientes menores y coeficientes de variación en general más bajos.

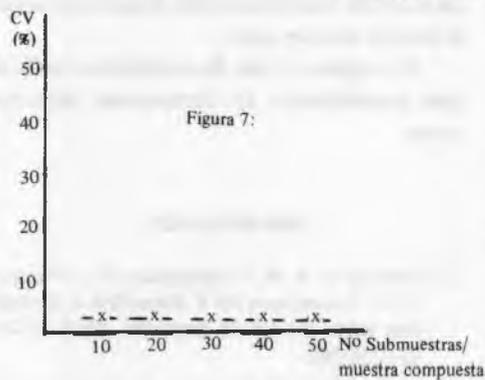
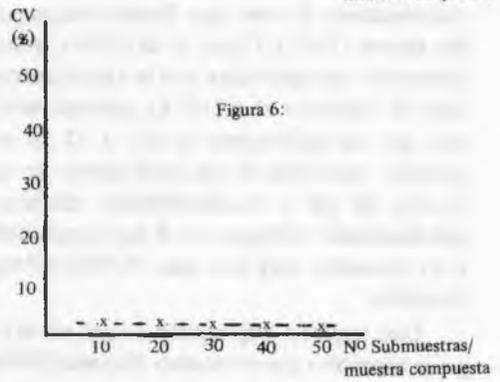
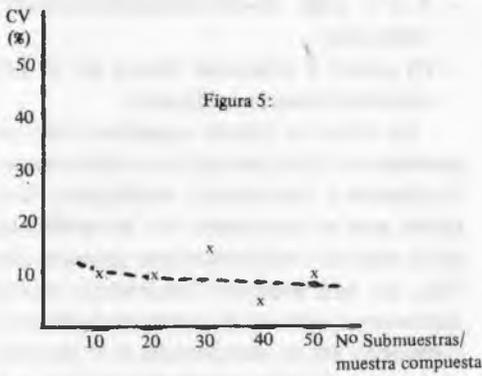
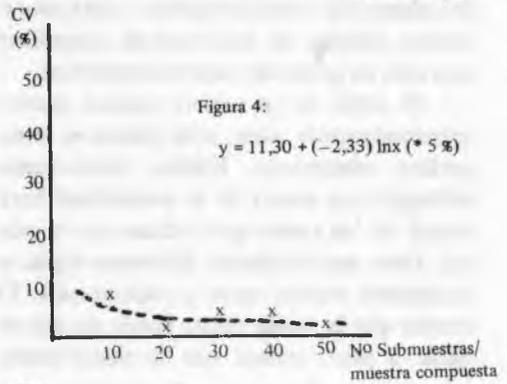
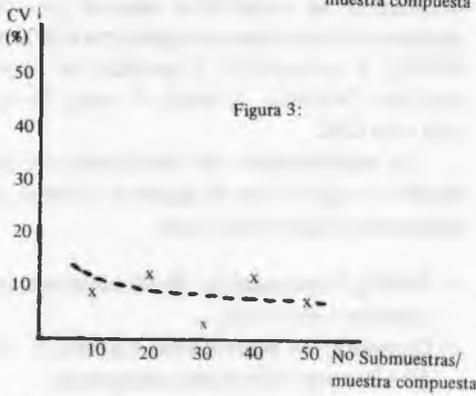
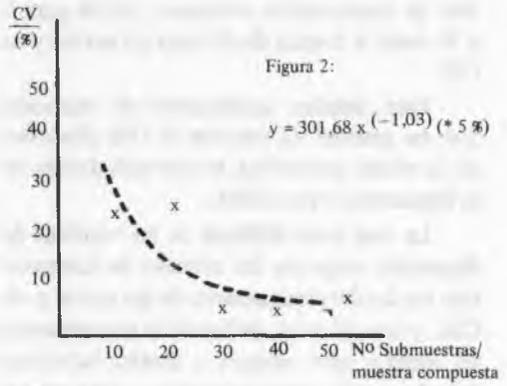
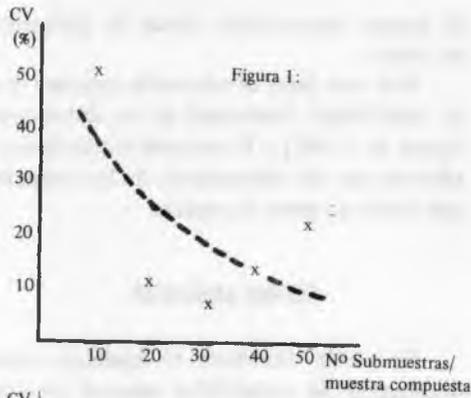
Y un tercer nivel integrado por ph actual y en CIK, como casi insensibles al número de submuestras, y coeficientes de variación muy bajos, comparativamente.

Según este análisis, uno de los caminos factibles para caracterizar adecuadamente estos parámetros químicos, es buscar el área de estabilización de los coeficientes de variación a medida que se incrementa el número de submuestras en cada muestra compuesta.

Siguiendo este razonamiento, se podría sugerir entonces para la superficie tratada, integrar cada muestra compuesta por 30-40 submuestras para las determinaciones de N-NO₃ y P extractable, 20-30 para capaci-

CUADRO 1: Resultado de los análisis químicos, media aritmética (x), desviación estándar (DS) y coeficiente de variación porcentual (cv) de los mismos.

Determinación	No de Submuestras/ muestra compuesta	Repeticiones			x	DS	CV
		a	b	c			
Nitratos (ppm)	10	22,1	37,0	12,6	24,0	12,5	51,02
	20	20,8	20,8	24,9	22,2	2,37	10,68
	30	23,5	24,9	22,1	23,5	1,40	5,96
	40	20,8	26,3	27,7	24,9	3,65	14,66
	49	20,1	31,8	29,1	27,0	6,13	22,70
Fósforo extractable (ppm)	10	17,2	26,3	18,6	20,7	4,90	23,67
	20	21,0	19,1	13,0	17,7	4,18	23,62
	30	14,2	15,1	16,1	15,1	0,95	6,29
	40	17,5	16,1	15,6	16,4	0,98	5,98
	49	16,1	16,3	17,9	16,8	0,99	5,89
Carbono total %	10	1,96	2,12	1,87	1,98	0,13	6,57
	20	1,97	2,07	1,95	2,00	0,06	3,00
	30	1,88	1,92	2,01	1,94	0,07	3,61
	40	2,03	1,94	1,89	1,95	0,07	3,59
	49	2,05	2,01	1,98	2,01	0,04	1,99
Nitrógeno total %	10	0,21	0,22	0,19	0,21	0,02	9,52
	20	0,21	0,22	0,18	0,20	0,02	10,00
	30	0,20	0,23	0,18	0,20	0,03	15,00
	40	0,20	0,22	0,20	0,21	0,01	4,76
	49	0,22	0,21	0,18	0,20	0,02	10,00
Ph actual	10	5,9	6,1	6,0	6,0	0,10	1,67
	20	6,0	6,1	5,9	6,0	0,10	1,67
	30	6,0	6,1	5,9	6,0	0,10	1,67
	40	5,8	6,0	5,9	5,9	0,10	1,69
	49	6,0	6,0	6,0	6,0	0,00	0,00
Ph en CLK	10	4,8	5,0	4,9	4,9	0,10	2,04
	20	5,1	4,9	4,8	4,9	0,15	3,06
	30	4,8	4,9	4,9	4,9	0,06	1,22
	40	4,9	4,9	4,9	4,9	0,00	0,00
	49	4,9	4,9	4,9	4,9	0,00	0,00
Capacidad de Intercambio catiónico (meq/100 g)	10	22,9	25,0	28,3	25,4	2,72	10,71
	20	21,4	23,9	27,6	24,3	3,12	12,84
	30	23,6	24,7	24,4	24,2	0,57	2,36
	40	23,9	26,0	20,7	23,5	2,67	11,36
	49	27,9	27,6	25,4	26,7	1,88	7,04



- Figura 1: $N - \overline{NO_3}$
- Figura 2: P extractable
- Figura 3: Capacidad Intercambio Catiónico
- Figura 4: C total
- Figura 5: N total
- Figura 6: pH actual
- Figura 7: pH en CIK

dad de intercambio catiónico, 10-20 para C y N total y menos de 10 para ph actual y en CIK.

Esto implica coeficientes de variación que en general no superan el 10% alrededor de la media aritmética, lo que está dentro de lo lógicamente permisible.

La casi insensibilidad de las medidas de dispersión respecto del número de submuestras en las determinaciones de ph actual y en CIK, y aún N total, indicaría la conveniencia de realizar este estudio a niveles inferiores del número de submuestras/ha, o usar para el mismo número de submuestras, superficies mayores en próximas experimentaciones.

El resto de los valores pueden parecer extremadamente altos, si se piensa en la superficie muestreada. Existen antecedentes bibliográficos acerca de la variabilidad horizontal de los suelos que indican que la misma, tiene características diferentes según se consideren macro, meso y micro-escala. Es común que la escala micro pueda ser tan variable o poco menos, que la macro-escala. Afirmaciones de este tipo fueron hechas por Mc Intyre (1967), Cipra, *et al* (1956), y ampliamente comprobadas por la experimentación de Cameron *et al* (1971), quienes verifican que un incremento de 0,5 a 32 ha no produjo aumentos en los coeficientes de variación de ph y conductibilidad eléctrica, prácticamente tampoco en K intercambiable y un aumento muy leve para N-NO₃⁻ y P extractable.

Una segunda explicación radica en el tipo de muestreo que se efectuó. Haynes (1948) afirma que el muestreo de tipo sistemático origina mayor dispersión que el realizado al azar, estratificado o de transectas en zig-zag. Existe otra razón y es que este potrero había sido fertilizado 1,5 años antes. Es frecuente que aumente la heterogeneidad espacial de los nutrientes vinculados al fertilizante aplicado. Hemingway (1955) lo ilustra con un número importante de repeticiones para P y K. En el caso del experimento la determinación afectada podría ser P extractable, dado la composición química del fertilizante y

el tiempo transcurrido desde la aplicación del mismo.

Por otro lado es razonable suponer que la variabilidad horizontal de las determinaciones de N-NO₃⁻ y P extractable puede estar afectada por las deyecciones de los animales que pastaron sobre la pradera.

CONCLUSIONES

Se puede establecer el siguiente orden decreciente de variabilidad espacial para las siguientes determinaciones químicas edáficas: N-NO₃⁻, P extractable, Capacidad de Intercambios Catiónico, N total, C total, Ph actual y en CIK.

La estabilización del coeficiente de variación se registró con el siguiente número de submuestras/ha en cada caso:

- N-NO₃⁻, P extractable: 30-40 submuestras/muestra compuesta.
- Capacidad de Intercambio Catiónico: 20-30 submuestras/muestra compuesta.
- N y C total: 10-20 submuestras/muestra compuesta.
- Ph actual y potencial: Menos de 10 submuestras/muestra compuesta.

En virtud de haberse experimentado con muestreo de tipo sistemático y sobre campos fertilizados y pastoreados, condiciones favorables para el incremento de la variabilidad horizontal de determinaciones químicas edáficas, no será necesario incrementar sustancialmente el número de submuestras/muestra compuesta arriba mencionado, si se pretende caracterizar fidedignamente superficies como la tratada en este caso.

Se sugiere el uso de cantidades similares para experimentar en dimensiones algo mayores.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Barberis L. A.; E. J. Andrejuk; y F. J. Huergo, 1976. Variaciones del P disponible a nivel de tres series del sur de Santa Fe. VII R.A.C.S. 33: 279-282.

- 2) Barberis L. A.; y L. Berazategui. Relevamiento edáfico del establecimiento La Adela. Trabajo Inédito.
- 3) Barberis L. A.; D. Zourarakis y D. Sunde, 1977. Influencia de las técnicas de muestreo y acondicionamiento en la determinación del nivel de nitratos del suelo. III Congreso de Fertilidad y Fertilizantes, Buenos Aires, Argentina.
- 4) Cameron D. R.; M. Nyborg; J. A. Toogood; D. H. Lavery, 1971. Accuracy of field sampling for soil test. *Can. Agr. Soil Sc.*, 51: 165-175.
- 5) Cipra J. E.; O. W. Bidwell; D. A. Whitney; and A. M. Feyerherm, 1956. Variations with distance in selected fertility measurements of pedons of a Ustoll. Paper presented at 62 nd. Annu. Meet. Amer. Soc. Agron., Tucson, Arizona.
- 6) Conti M. E.; M. Richter; L. Giuffré, 1976. Método de determinación rápido del N del suelo. *IDIA*: 343: 719-722.
- 7) Conti, M. E.; N. Arrigó y M. R. Palma, 1980a. Variabilidad espacial en las determinaciones de C, N, P y pH, en un muestreo sistemático de suelos. *Rev. Fac. Agr.* 1, (2): 43-48.
- 8) Conti, M. E.; N. Arrigó; M. R. Palma y M. E. Vázquez, 1980b. Efecto de las variaciones estacionales, profundidad de muestreo e influencia de los diferentes manejos sobre los resultados analíticos de C, N, P y pH del suelo. IX R.A.C.S., II: 273-286, Paraná, Argentina.
- 9) Fagioli M., 1978. Determinación de nitratos en un suelo de la región semiárida pampeana. Variabilidad de las muestras y profundidad de muestreo. Boletín Técnico de la Estación Experimental Regional Agropecuaria de Anguil, INTA, 1-4.
- 10) Fielding Reed J., and J. A. Rigney, 1946. Soil sampling from fields of uniform and non-uniform appearance and soil types. *Journal of the American Soc. of Agronomy*, 229: 26-40.
- 11) Hammond C.; W. L. Pritchett; and V. Chew, 1958. Soil sampling in relation to soil heterogeneity. *Soil Sc. Soc. Proceedings*, 443, 548-552.
- 12) Hartman M. O.; D. W. W. Q. Smith, and J. J. N. Lamprechts, 1973. A statistical method for determining the field sampling intensity necessary in soil survey work. *Agrochemo-physica* 5: 63-66.
- 13) Haynes J. D., 1948. An empirical investigation of sampling methods for an area. Master's Thesis, N. C. State Coll. En Rigney J. A. -1956-Sampling soils for a composition studies. *Am. Soc. of Horticultural Sc.* 68: 569-575.
- 14) Hemingway R. G., 1955. Soil sampling errors and advisory analyses. *Agr. Sc.* 46: 1-7.
- 15) Jackson M. L., 1964. Análisis Químico de Suelos. Ed. Omega, Barcelona, 8: 272-278, 7: 223-225.
- 16) Leo M. W. M., 1963. Heterogeneity of soil of agricultural land in relation to soil sampling. *Agricultural and Food Chemistry* 11, (5): 432-434.
- 17) Mc Intyre G. A., 1967. Soil sampling for soil testing. *J. Aust. Inst. Agr. Sci.* 33: 309-320.
- 18) Pontussi E. P., 1969. Clasificación de los suelos de la planicie 25 de mayo, Casa de Piedra, La Pampa, V R.A.C.S., 70-71.
- 19) Reuss J. D.; P. N. Soltanpour, and A. E. Ludwig, 1977. Sampling distribution of nitrates in irrigated fields. *Agronomy J.* 69: 588-592.
- 20) Richter M.; G. Massen; I. Mizuno, 1973. Total organic carbon and oxidizable carbon by the Walkley-Black procedure in some soils of the Argentine Pampa. *Agrochimica* 17, (5): 462-473.
- 21) Richter M., 1978. Algunas aplicaciones de una bomba peristáltica de 20 canales para laboratorios de análisis de suelos. VIII R.A.C.S., Inédito.
- 22) Richter M., 1980. Mejoras en la determinación de NH_4 por destilación. *Rev. Fac. Agr.* (1), 2: 1-9.