

VARIABILIDAD ESPACIAL DE LOS SUELOS DE LA ESTACION EXPERIMENTAL DEL INSTITUTO DE LA UVA, UCLA.

José Gomez Toro * y G. Elizalde **

Resumen

En este trabajo se analiza la variabilidad espacial de 17 atributos de los suelos de la Estación Experimental del Instituto de la Uva de la UCLA y se ensaya una metodología para la elaboración de mapas detallados, en base al índice de homogeneidad múltiple, tomando en cuenta en forma simultánea los 17 atributos. El procedimiento condujo a la elaboración de tres mapas de suelos a escala 1:2000: uno para el estrato del suelo de 0 a 25 cm de profundidad, otro para el intervalo entre 25 y 50 cm y el tercero para el espesor de 0 a 50 cm. La mayor parte de los atributos analizados presentan variabilidad sistemática y dependencia espacial. La calidad de los mapas es aceptable, es decir que la leyenda refleja la realidad del campo en un alto porcentaje. En conclusión, el método ensayado constituye un nuevo procedimiento para la elaboración de mapas detallados de suelos, que consideren en forma simultánea un conjunto de atributos que pueden seleccionarse de acuerdo al interés del usuario.

Abstract

The spatial variability of 17 soil properties of the Experimental station of the Instituto de la Uva-UCLA were analyzed and at the same time a methodology for elaboration of detailed maps was assayed based on the multiple homogeneity index, having in consideration the simultaneous shape of the 17 properties. The results were the elaboration of three soil maps at scale 1:2000. The first one for the depth 0-25 cm, the second one for 25-50 cm and the third one for 0-50 cm. Most of the analyzed properties showed systematic variability and spatial dependence. The quality of the maps is acceptable, that is, the legend actually represents the field reality in a high degree. In conclusion the assayed methodology comes to be a new procedure for the elaboration of detailed soil maps which consider simultaneously a series of properties that could be selected according to the user convenience.

Introducción

Los suelos de las estaciones experimentales, por lo fines específicos de éstas, deben ser conocidos con alta precisión. Sin embargo, debido a las dificultades inherentes a la confección de mapas detallados de cuerpos tan variables cuando no es factible, por razones de escala, utilizar técnicas de fotointerpretación de imágenes de sensores remotos y como tampoco resulta una tarea sencilla definir la composición taxonómica de las unidades de mapeo, frecuentemente no se dispone de mapas suficientemente detallados. En cambio, se ha preferido disminuir la incidencia de la variabilidad del suelo en los ensayos mediante el análisis estadístico de experimentos con numerosas repeticiones.

En este trabajo se analiza la variabilidad espacial de un alto número de atributos de los suelos de una estación experimental, considerados a priori relevantes para los fines de ésta y se expone una metodología

para la elaboración de mapas detallados, tomando en cuenta en forma simultánea todos los atributos.

Materiales y Métodos

A través del índice de homogeneidad múltiple propuesto por Jaimes (1988), se evaluó detalladamente la variabilidad espacial de un conjunto de 17 atributos de los suelos de la Estación Experimental del Instituto de la Uva - UCLA, la cual forma parte del Valle del río Tocuyo y se ubica en el municipio Bolívar, distrito Morán, del Estado Lara. La superficie estudiada fue de 27 ha. Se seleccionaron atributos del suelo que se consideran relevantes desde el punto de vista de su influencia sobre la aptitud de las tierras para el cultivo de la vid, de acuerdo a los estudios previos existentes en dicha estación (Cuadro 1).

La información sobre los suelos fue de 60 m y se determinó mediante análisis anidado de varianza, realizado a partir de los datos provenientes de un muestreo anidado preliminar. En un mapa de la Estación Experimental a escala 1:2000 se ubicaron 75 puntos de observación, con un

* Prof. Departamento de Suelos, Decanato de Agronomía, UCLA.

** Prof. Instituto de Suelo, Facultad Agronomía, UCV.

Cuadro 1. Atributos relevantes para el cultivo de la Vid.

1 - Porcentaje de arena
2 - Porcentaje de limo
3 - Porcentaje de arcilla
4 - Porcentaje de esqueleto grueso
5 - Retención de humedad a - 10 kPa (RH)
6 - Densidad aparente (Da)
7 - Macroporosidad (Ma)
8 - Microporosidad (Mi)
9 - Conductividad eléctrica
10 - Porcentaje de carbono orgánico
11 - pH
12 - Fósforo disponible
13 - Potasio disponible
14 - Calcio disponible
15 - Magnesio disponible
16 - Porcentaje de carbonato de calcio equivalente
17 - Altura relativa del sitio de muestreo

distanciamiento de 30 mm (60 m), conformando una cuadrícula regular.

La información sobre los suelos correspondientes a los estratos de 0 a 25, 25 a 50 y 0 a 50 cm de profundidad se analizó estadística y geoestadísticamente para determinar, por una parte, el índice de homogeneidad múltiple de toda el área estudiada e identificar los atributos que más contribuyen a la homogeneidad múltiple de los suelos en cada profundidad considerada; por otro lado, se confeccionaron los mapas de suelos correspondientes a escala 1: 2000. Para esto último se determinó el índice de homogeneidad de diferentes porciones del área total, utilizando una "ventana móvil" de 180 x 180 m (aproximadamente 3 ha). Una vez barrida toda el área, se seleccionaron aquellos agrupamientos con mayor índice, los cuales representan núcleos con mayor homogeneidad en el área total. Mediante ensayos repetidos, a los núcleos se le anexó y se les extrajo puntos, hasta lograr agrupar todas las observaciones en cierto número de delineaciones cartográficas preliminares con altos índices de homogeneidad. Para comprobar si los agrupamientos logrados eran o no más homogéneos que los agrupamientos al azar, se hicieron 12 repeticiones de agrupamientos al azar de 7, 12, 20 y 25 puntos de observación. Se calculó el índice promedio para cada tamaño de agrupación, así como los límites del intervalo de confianza para una probabilidad del 99%.

Se compararon los índices de homogeneidad de las delineaciones cartográficas preliminares con estos intervalos de confianza de los agrupamientos al azar y cuando los índices de las delineaciones no eran significativamente mayores que los índices de los agrupamientos al azar, se desmembraron esas delineaciones, redistribuyendo los puntos que las integraban en las otras delineaciones. Se ensayó repetidas veces hasta lograr delineaciones significativamente más homogéneas que los agrupamientos aleatorios. Una vez concluido este proceso, se determinó para cada delineación, el valor promedio de cada atributo y su variación respecto a la media. Cuando esos valores eran en conjunto muy similares entre dos o más delineaciones, las mismas se agruparon en una sola unidad cartográfica. Como resultado se obtuvieron tres mapas a escala 1: 2000, para los estratos de 0 a 25 cm, de 25 a 50 cm y de 0 a 50 cm, respectivamente, cuyas leyendas toman en cuenta el valor promedio de cada atributo estudiado y la variación respecto a la media.

Finalmente se comprobó la calidad de los mapas por medio de una metodología similar a la utilizada por Vilorio (1985), adecuada para evaluar la realidad de campo.

Resultados y Discusión

Los resultados indican que la mayor parte de los atributos analizados tienen una clara dependencia espacial, incrementándose la semi-varianza a medida que aumenta la separación entre las muestras, hasta rangos comprendidos entre 160 y 220 m. Los semivariogramas se ajustan en la mayoría de los casos a funciones periódicas, demostrando en estos casos que el área total está compuesta por estructuras más pequeñas.

El análisis de la homogeneidad múltiple permitió determinar los índices de homogeneidad de toda el área, para las tres profundidades estudiadas como se expone en el Cuadro 2.

De acuerdo a los valores del Cuadro 2, pareciera que la capa superior de estos suelos tiende a ser más homogénea, respecto a los atributos estudiados, que la capa más profunda. En las dos profundidades, los

atributos físicos contribuyen más a la heterogeneidad del área de los atributos químicos medidos, aunque las diferencias entre las distintas propiedades son poco pronunciadas.

Cuadro 2. Índices de homogeneidad múltiple de los suelos en el área total estudiada.

Profundidad (cm)	Número de observaciones	Índice de homogeneidad
0 - 25	93	30
25 - 50	93	22
0 - 50	93	37

En el área existe un mapa de suelos detallado a escala 1: 2000 (Gómez, 1981) realizado por el procedimiento convencional, con unidades cartográficas definidas de acuerdo a la taxonomía norteamericana. Se determinó para las dos unidades cartográficas existentes en la zona comprendida por este estudio el índice de homogeneidad correspondiente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índice de homogeneidad múltiple de unidades de mapeo del estudio detallado realizado por Gómez (1981).

Unidad de Mapeo	Profundidad (cm)	Número de Observaciones	Índice de homogeneidad
1	0 - 25	62	36
1	25 - 50	62	30
1	0 - 50	62	43
2	0 - 25	31	58
2	25 - 50	31	41
2	0 - 50	31	45

El índice de homogeneidad no depende únicamente de la homogeneidad de los valores considerados, sino también del número de variables incluidas en el análisis y el número de observaciones. En el presente estudio el número de variables permanece constante, pero no es posible comparar directamente los resultados del Cuadro 1 con los del 2, ni internamente, los del 2 entre sí, debido a que el número de observaciones varía.

Para poder efectuar la comparación

indicada, se realizó una selección al azar de 7, 12, 20 y 25 observaciones y se determinó el índice de homogeneidad en cada caso. La operación se repitió 12 veces y se obtuvo el promedio y el intervalo de confianza de la media. Luego se correlacionó el tamaño de la muestra con los respectivos índices promedio, obteniendo la ecuación de regresión de mejor ajuste. Para las tres profundidades la ecuación que mejor ajusta es de tipo potencial:

$$Y = A * X^B$$

El Cuadro 4 muestra los parámetros A y B, así como el coeficiente de correlación obtenido para cada una de las profundidades de muestreo.

Cuadro 4. Parámetros de las ecuaciones de regresión calculadas.

Profundidad (cm)	A	B	Coefficiente de correlación
0 - 25	380,858	-0,568	-0,994
25 - 50	267,232	-0,545	-0,998
0 - 50	200,193	-0,386	-0,982

Mediante la ecuación anterior se calculó el índice de homogeneidad que tendría un agrupamiento al azar de las dimensiones de unidades cartográficas 1 y 2 definidas por Gómez (1981); el resultado se expone en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Índices de homogeneidad de agrupamiento aleatorios de tamaño igual a las unidades cartográficas 1 y 2 definidas por Gómez (1981).

Tamaño de la muestra	Profundidades (cm)		
	0 - 25	25 - 50	0 - 50
31	54,2	41,1	53,1
62	36,5	28,2	40,6

La comparación de las cifras de los Cuadros 3 y 5 muestra claramente, como era de esperar, que un mapa detallado realizado con criterios taxonómicos no separa adecuadamente los suelos en relación a la características no tomadas en cuenta por la

taxonomía.

Mediante el procedimiento indicado en la metodología se elaboraron los mapas de suelo a partir del índice de homogeneidad múltiple. En el Cuadro 6 se presenta el índice de homogeneidad de las unidades de mapeo correspondientes a cada uno de los mapas obtenidos y en la Figura 1, se muestra un sector del mapa de suelo correspondiente a la profundidad de 0 - 25 cm.

El índice calculado en el Cuadro 6 corresponde al obtenido por medio de la ecuación de regresión anteriormente citada, para agrupamientos aleatorios formado por un número de observaciones igual a la respectiva unidad cartográfica. Resulta evidente que las unidades cartográficas de los tres mapas presentan índices de homogeneidad mucho mayores que los agrupamientos aleatorios.

La leyenda de cada uno de los mapas está formada por los valores promedio y los rangos de variación (definidos por la media +/- la desviación estandar). En el Cuadro 7 se presenta la leyenda del mapa correspondiente a la profundidad de 0 - 25 cm.

Una vez obtenidas las delineaciones de cada uno de los mapas y definida la leyenda de cada unidad, se comprobó su calidad mediante la determinación de la realidad de campo, por medio de un muestreo adicional. El resultado de esa comprobación señala que los tres mapas elaborados por los procedimientos indicados tienen calidad aceptable, porque al igual que las consociaciones, predicen los valores mostrados por las respectivas leyendas en más del 50% de los casos y que las inclusiones fuertemente contrastantes representan menos del 15%.

Conclusiones

El método ensayado constituye un nuevo procedimiento para la delimitación de áreas homogéneas a partir de un conjunto de atributos que pueden ser seleccionados de acuerdo a su relevancia en relación al uso y manejo de los suelos del área considerada y a los fines de cada estudio en particular. El procedimiento resulta adecuado para la elaboración de mapas detallados de áreas pequeñas, donde el uso del suelo es muy

Cuadro 6. Índices de Homogeneidad de las unidades de mapeo correspondientes a cada uno de los mapas obtenidos.

Mapas para cada Profundidad	Unidades de Mapeo	Número de Observaciones	Índice de Homogeneidad	Índice calculado
0 - 25	1	33	74	52
	2	22	99	66
	3	18	120	74
	4	20	121	69
25 - 50	1	24	96	47
	2	27	86	66
	3	28	87	74
	4	14	144	69
0 - 50	1	26	83	57
	2	29	88	55
	3	38	68	49

Cuadro 7. Valores promedios y rangos de los atributos para cada unidad de mapeo establecido en la profundidad de 0 - 25 cm.

Unidad de Mapeo	Valor	Da (gr/cm ³)	R.H (%)	Ma (%)	Mi (%)	E.G (%)
1	Promedio	1,61	15,04	13,54	31,25	5,58
	Rango	1,57-1,65	13,52-16,56	10,72-16,36	27,91-34,59	2,32-8,84
2	Promedio	1,45	16,63	14,23	31,00	0,74
	Rango	1,40-1,50	15,51-17,84	12,62-15,84	28,64-33,36	0,00-1,70
3	Promedio	1,53	18,94	10,43	37,92	0,31
	Rango	1,48-1,58	17,59-20,29	9,37-11,53	36,57-39,27	0,00-0,65
4	Promedio	1,64	12,36	17,90	26,35	11,47
	Rango	1,60-1,68	11,11-13,61	16,20-19,60	23,10-29,60	5,96-16,98

Unidad de Mapeo	Valor	a (%)	L (%)	A (%)	C.O. (%)	pH (%)	CaCo 3 Equv. (%)	C.E (dS/m)
1	Promedio	27	42	31	0,99	7,7	8,62	1,37
	Rango	20-34	38-46	27-35	0,70-1,28	7,5-8,0	6,98-10,26	0,64-2,10
2	Promedio	18	49	33	0,92	7,8	9,86	1,49
	Rango	10-26	45-53	28-38	0,75-1,09	7,7-7,9	9,41-10,31	0,88-2,10
3	Promedio	12	51	37	1,13	7,8	9,64	2,15
	Rango	8-16	44-58	34-42	0,92-1,34	7,7-7,9	8,06-11,22	1,55-2,75
4	Promedio	37	37	26	0,82	7,7	7,88	0,96
	Rango	29-45	32-42	22-30	0,50-1,14	7,5-8,2	5,84-9,92	0,47-1,45

Unidad de Mapeo	Valor	P (mg/Kg)	K (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	A.R. (m)
1	Promedio	32	341	7097	714	599,13
	Rango	10-54	135-547	5605-8589	453-975	597,51-600,75
2	Promedio	15	173	7733	736	596,96
	Rango	6-24	34-312	6915-8551	628-844	596,22-597,70
3	Promedio	37	231	8853	983	599,64
	Rango	12-62	123-339	7330-10376	514-1452	598,30-600,98
4	Promedio	23	278	6340	584	599,42
	Rango	6-40	152-404	4991-7689	388-780	597,51-601,33

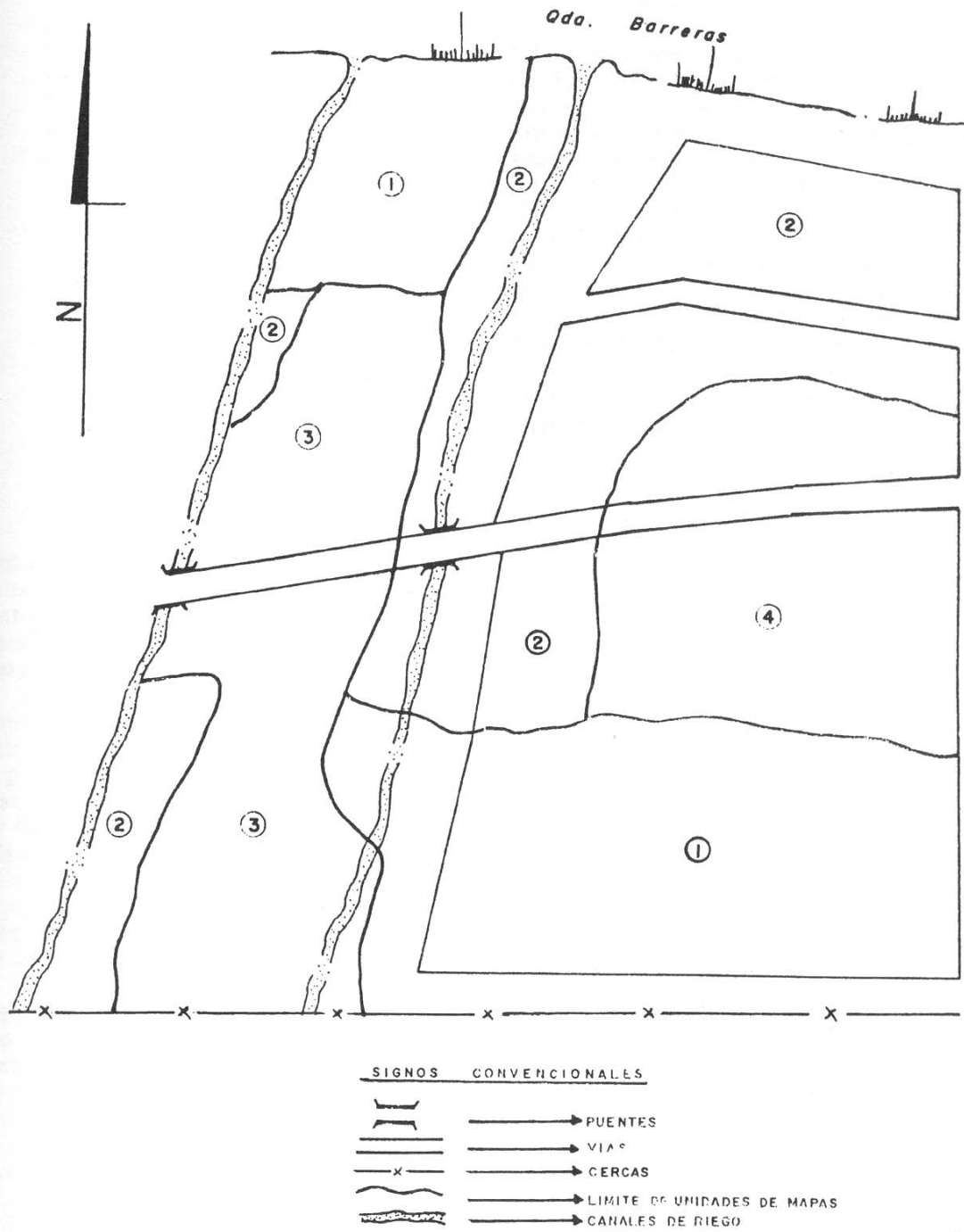


Figura 1. Sector del mapa de suelos a escala 1:2.000, correspondiente a la profundidad de 0 - 25 cm.

intenso y donde los atributos de interés no se relacionan con cambios de relieve o de la vegetación visible externamente.

Literatura Citada

1. Gómez T, J. M. 1981. Estudio de suelos detallados de la Estación Experimental del Instituto de la Uva. Departamento de Suelos, Decanato de Agronomía. UCLA, Barquisimeto.
2. Jaimes, E. 1988. Determinación de índices de homogeneidad múltiples globales en sistemas pedogeomorfológicos de la Cordillera de la Costa, Serranía del Litoral Central. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencia del suelo, Facultad de Agronomía de la UCV. Maracay 226 p
3. Vilorio, J. 1985. Correlación de Suelos en el estudio semidetallado de la depresión del Lago de Valencia. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía, UCV, Maracay.