

CARACTERIZACIÓN DE LOS CAMBIOS ESPACIALES DEL SUELO EN UN SITIO EXPERIMENTAL EN TIERRA NUEVA, ESTADO ARAGUA.

F.A. Ovalles¹

¹ INIA-CENIAP, fovalles@inia.gob.ve, UCV- Fac. de Agronomía

RESUMEN

La variabilidad de suelos si no es evaluada puede enmascarar el efecto de los tratamientos; en consecuencia, se seleccionó un sitio experimental de 50mx100m para estudiar los cambios espaciales de propiedades relacionadas con la fertilidad. Se realizó un muestreo sistemático hasta 20cm de profundidad cada 10 m, tomándose 66 muestras. Ellas fueron sometidas a análisis para diagnóstico de fertilidad, determinándose %a, %L, %A, %MO y contenidos de P, K, Ca y Mg, pH y CE. Se realizó un análisis exploratorio de datos (AED) y uno geoestadístico. Las variables no se distribuyeron normalmente; el Ca y Mg presentaron valores atípicos. Los semivariogramas indicaron la ocurrencia de dependencia espacial siendo ajustados por un modelo esférico, el alcance fluctuó entre 13 y 48 m, con un efecto nugget relativo entre 18 y 80%, que indica una fuerte a débil dependencia espacial. Los mapas de isolíneas mostraron el patrón de variación espacial de las variables.

PALABRAS CLAVE: Variabilidad de suelos, geoestadística, semivariogramas, kriging, sitios experimentales

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la variabilidad espacial de suelos en sitios experimentales es de gran importancia debido a que a este nivel se genera información que permite establecer las relaciones que existen entre los tratamientos aplicados y la respuesta de los cultivos, donde el suelo es el medio de interacción cultivo - tratamiento, y cuyo análisis contribuye significativamente al establecimiento de las relaciones causa – efecto, así como a la interpretación de los resultados obtenidos. La variabilidad puede enmascarar las verdaderas causas de los resultados del experimento, en consecuencia su evaluación es un paso fundamental en el proceso de interpretación de los resultados. Sobre esta base se seleccionó un sitio experimental ubicado en la zona de Tierra Nueva, sur del Estado Aragua, con la finalidad de evaluar los cambios espaciales de propiedades relacionadas con la fertilidad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área donde se realizó el estudio está ubicada en el Municipio Urdaneta, localizado en la región sur del Estado Aragua; geográficamente se ubica en las coordenadas 9° 23' 21" de Latitud Norte y 66° 38' 37" de Longitud Oeste. La precipitación promedio anual es de 800–900 mm, las lluvias del área son de gran intensidad, las temperaturas máxima, media y mínima son: 32.5 °C, 26.3 °C, y 21.8°C respectivamente. El período lluvioso comienza en el mes de Mayo y se prolonga hasta Septiembre – Octubre, siendo Junio y Julio los meses de mayor precipitación. La evaporación media anual de la zona oscila entre 1.504 mm y 2.000 mm, los meses de mayor evaporación están comprendidos entre Enero y Abril. Los suelos

del área presentan limitaciones físicas por problemas de compactación, producto de la degradación producida por el excesivo uso de maquinaria agrícola y la erosión, debida esta última a la moderada a severa susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica, que es favorecida por el relieve ondulado y la variabilidad de las pendientes. Los suelos predominantes en el área son Typic Haplusterts, arcillosa fina, mixta, isohipertérmica.

Para evaluar la variabilidad espacial se efectuó un muestreo sistemático en los primeros 20 cm de profundidad cada 10 m en el sitio experimental, cuyas dimensiones son de 50m x 100m, en total se tomaron 66 muestras. Las muestras fueron sometidas a análisis de rutina para diagnóstico de fertilidad, basados en la metodología de los laboratorios del INIA (Gilbert de Brito *et. al.*, 1990), determinándose porcentajes de arena (%a), limo (%L), y arcilla (%A), porcentaje de materia orgánica (MO), contenidos de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) disponibles (mg kg^{-1}), pH y conductividad eléctrica (CE) (dS m^{-1}).

Las muestras fueron sometidas a un análisis: exploratorio de datos (AED) con la finalidad de obtener los estadísticos: media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, curtosis, asimetría, valores máximos y mínimos y cuartiles. Se utilizó la metodología de Tukey (1977), de determinación de cercas internas y externas empleando el rango intercuartil, para detectar la presencia de valores atípicos. Se realizó también un análisis geoestadístico (semivariogramas y kriging puntual), para ello a cada punto de muestreo se le asignó una coordenada relativa (X, Y), en cada variable se obtuvo cinco semivariogramas (uno compuesto y cuatro direccionales: 0°, 45°, 90° y 135°) (Cassel *et. al.*, 2000; Isaaks y Srivastava, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que la textura es Arcillosa (A), el nivel de P fluctúa de bajo a medio, el K es bajo, el Ca es alto a muy alto y el Mg es alto, el pH varía de medianamente ácido a alcalino (Cuadro 1). Los valores de CE fueron muy bajos lo que señala que este atributo no presenta valores críticos que puedan señalar riesgos de salinidad, en consecuencia esta variable fue excluida de los posteriores análisis.

El AED permitió establecer que ninguna de las variables estudiadas tuvo una distribución normal; a su vez, el establecimiento de las cercas interna y externa permitió detectar la presencia de valores atípicos para las variables Ca y Mg (Cuadro 1), estos valores fueron eliminados para los análisis siguientes.

Los semivariogramas compuestos presentaron un carácter transicional, es decir un incremento de los valores de semivarianza con los incrementos de distancia hasta un máximo (umbral) donde la semivarianza se hace estable, ocurriendo una transición de una condición de dependencia espacial a otra donde esta desaparece; esto indica la ocurrencia de dependencia espacial entre las observaciones, ejemplo de ello es el caso del contenido de arcilla (Figura 1). Todos los semivariogramas fueron ajustados por un modelo esférico, el alcance fluctuó entre 13 y 48 m (Cuadro 2), con un efecto nugget relativo entre 18 y 80 %, lo que indica la ocurrencia de una fuerte a débil dependencia espacial (Cambardella *et al.*, 1994). El Ca y pH presentaron una alta dependencia espacial, el K tuvo una débil dependencia. La dependencia espacial del resto de las variables fue moderada.

Los parámetros (alcance, umbral, nugget) derivados de los modelos teóricos de los semivariogramas fueron utilizados para la interpolación por kriging puntual, obteniéndose mapas de isóneas que indican la distribución de los valores de los atributos evaluados en el lote experimental, como es el caso del contenido de arcilla (Figura 2).

Cuadro 1. Estadísticos de los atributos estudiados.

Variable	Media	DE	Varianza	CV	Min	Max	Asimetría	Curtosis	Cei	Ces	VA
Arena	13,6	4,85	23,57	35,7	7,6	29,6	1,24	1,23	0	33,6	0
Limo	31,4	4,15	17,26	13,2	24,0	40,0	0,31	-0,62	10	52	0
Arcilla	55,0	5,34	28,52	9,7	42,4	66,4	-0,04	-0,67	20,4	90,4	0
P	6,2	3,14	9,85	50,7	2,0	17,0	1,2	2,0	0	20	0
K	37,3	13,39	179,22	35,9	12,0	70,0	0,69	0,07	0	95	0
Ca	1.947,3	2.886,7	8.332.955	148,2	520,0	18.400	4,13	18,96	0	4680	4
Mg	554,9	114,07	13.013,05	20,6	380,0	900,0	1,1	1,48	180	880	2
MO	3,1	0,58	0,34	18,8	1,59	4,49	0,28	0,18	0,3	5,97	0
pH	7,3	0,69	0,45	9,5	5,9	8,9	0,39	-0,51	3,65	11	0
CE	0,08	0,05	0,000001	56,0	0,04	0,26	1,91	4,21	0	0,18	0

DE = desviación estándar CV = coeficiente de variación Min = mínimo Max = máximo Cei = cerca externa inferior Ces = cerca externa superior VA = valores atípicos	P = fósforo (mg kg^{-1}) K = potasio (mg kg^{-1}) Ca = calcio (mg kg^{-1}) Mg = magnesio (mg kg^{-1}) MO = materia orgánica (%) CE = conductividad eléctrica (dS m^{-1}) Arena, limo y arcilla en %
--	--

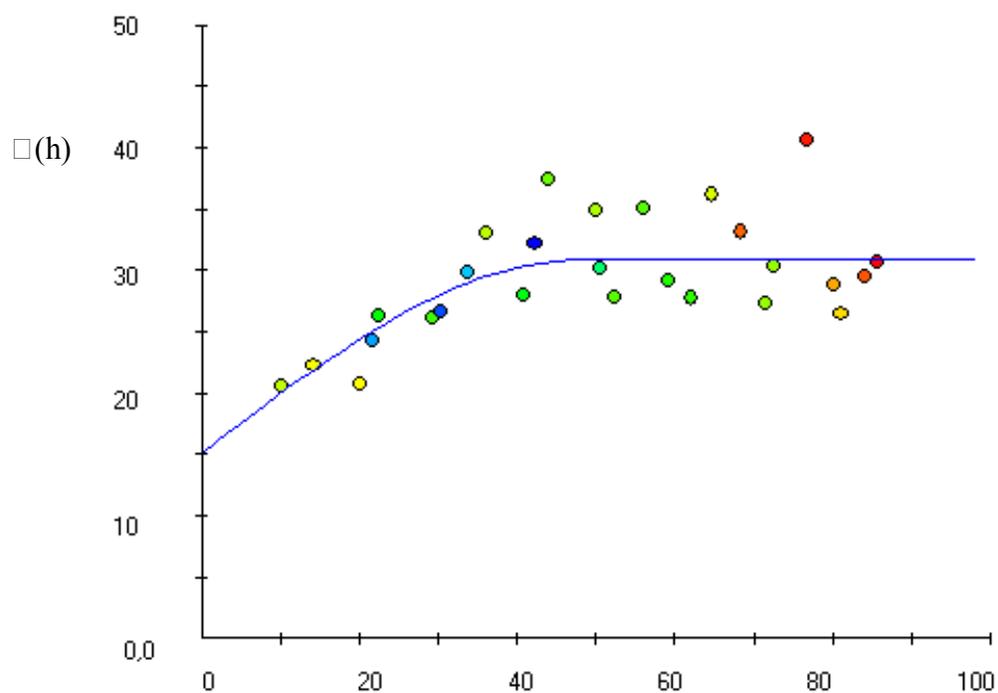


Figura 1. Semivariograma compuesto del porcentaje de arcilla

Estos diagramas de interpolación permitieron establecer que la mayor variación se presenta en la dirección N-S (Figura 2), que se corresponde con la orientación de la pendiente, la cual influye marcadamente en el comportamiento de los semivariogramas dependientes de la dirección.

CONCLUSIONES

El AED permitió detectar la presencia de valores atípicos para las variables Ca y Mg. El subsiguiente análisis geoestadístico estableció que para los semivariogramas compuestos el alcance fluctuó entre 13 y 48 m, con un efecto nugget relativo entre 18 y 80%, lo que indicó la ocurrencia de una fuerte a débil dependencia espacial. Los semivariogramas direccionales establecieron que la variabilidad espacial de los atributos estudiados es dependiente de la dirección, la mayor variación ocurrió en la dirección N-S, que se corresponde con la orientación de la pendiente, la cual influye marcadamente en el comportamiento de los semivariogramas dependientes de la dirección. Los mapas de isolíneas obtenidos por el kriging puntual permitieron establecer el patrón de variación espacial de las variables estudiadas.

Cuadro 2. Parámetros de los semivariogramas compuestos de los atributos estudiados

Variabes	Alcance (m)	Umbral	Nugget	Nugget relativo (%)*
Arena	38,0	24,49	18,17	74,2
Limo	18,0	14,45	9,37	64,8
Arcilla	48,0	30,85	15,12	49,0
Fósforo	34,0	9,98	5,923	59,4
Potasio	35,5	179,78	145,5	80,9
Calcio	37,0	8.681.549	2.170.387	24,9
Magnesio	13,6	12.705,9	8.566,5	67,4
Materia orgánica	32,0	0,3352	0,1282	38,3
pH	43,6	0,5213	0,0944	18,1

* Efecto Nugget relativo = (Nugget/Umbral) x 100

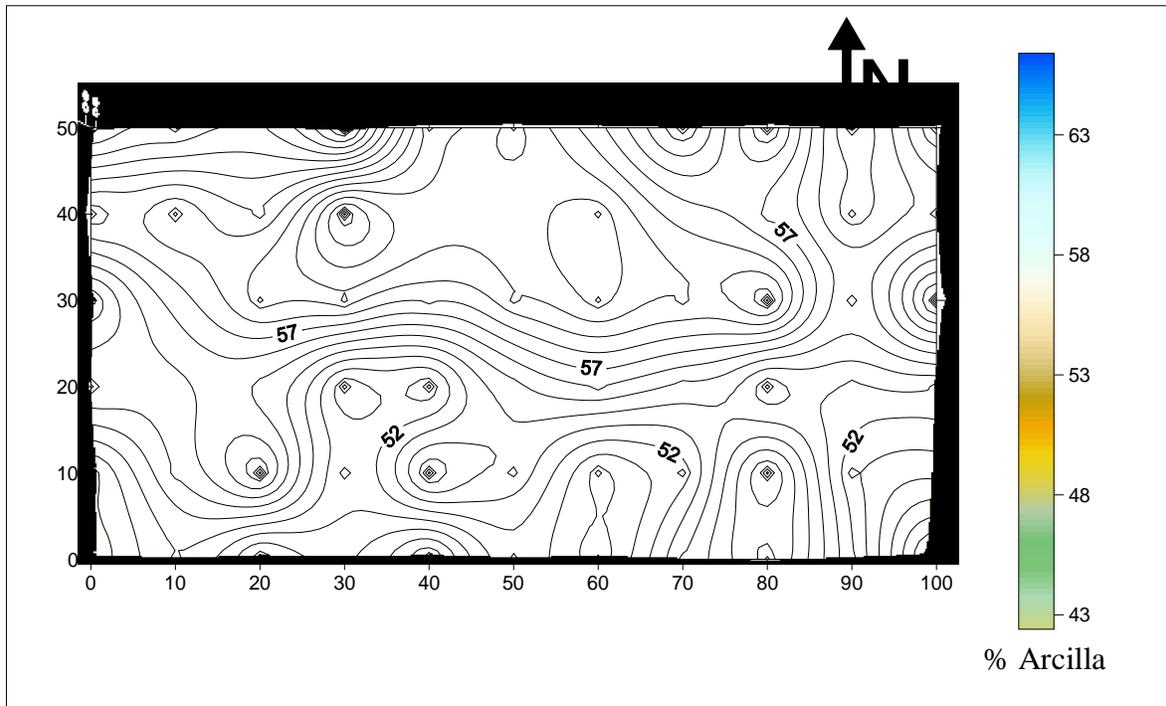


Figura 2. Distribución del contenido de arcilla

BIBLIOGRAFÍA

- Cambardella, C.; T. Moorman; J. Novak; T. Parkin; D. Karlen; R. Turco y E. Konopka. 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:1501-1511.
- Cassel, D.K., O. Wendroth y D.R. Nielsen. 2000. Assessing spatial variability in an Agricultural Experiment station Field: Opportunities arising from spatial dependence. *Agronomy Journal.* 92:706-714.
- Gilbert de Brito, J.; I. López de Rojas y R. Pérez de Roberti. 1990. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencia. FONAIAP-CENIAP, Serie D, No. 26, Maracay, Venezuela. 164p.
- Isaaks y Srivastava. 1989. *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York, USA. 561p.
- Tukey, J.W. 1977. *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley. Reading, Mass., USA. 688p.