

ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO EN UN TRANSEPTO

Christiano L. Arraes¹, Célia R. P. Bueno¹, Jesús H. Camacho-Tamayo²

¹UNESP/FCAV/Jaboticabal/Programa de Ciencia del suelo, christianoarraes@yahoo.com.br;
crbueno@fcav.unesp.br

²Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Departamento de Ing. Civil y Agrícola, Ciudad Universitaria, jhcamachot@unal.edu.co

Resumen – Las partículas del suelo, como otros atributos, presentan una distribución espacial, la cual cambia a diferentes profundidades del suelo. Su contenido depende del material de origen y se mantiene estable en el tiempo. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la variabilidad espacial de las partículas del suelo y su distribución a diferentes profundidades, a lo largo de un transepto, de 158 m de longitud, con pendiente media de 4%. Las distribuciones de las partículas del suelo se ajustaron a una distribución normal y a modelos teóricos de semivariogramas, prevaleciendo el modelo gaussiano para todas las partículas y profundidades. La arcilla fue la partícula predominante en el suelo (47,67%), presentó lo menores alcances, con valores entre 511 y 622, la menor dispersión (CV<20%) y los mayores valores del efecto pepita. El limo fue la partícula con menor presencia, presentó los mayores valores de alcance, con valores entre 1024 y 1218 y la mayor dispersión (CV>60%). El efecto pepita y el alcance de los contenidos de arena, limo y arcilla, mostraron valores más altos a mayor profundidad del suelo.

Palabras-clave: geoestadística, física de suelos, variabilidad espacial, semivariograma

Área de Conocimiento: Ciencias Agrarias

Introducción

La textura (distribución de las partículas del suelo) se constituye en una propiedad física fundamental con una gran influencia en la densidad aparente y en la porosidad, y en consecuencia, en el movimiento y almacenamiento de fluidos en el suelo (RODRÍGUEZ-VÁSQUEZ et al., 2008). Las partículas del suelo son atributos que se mantienen estables en el tiempo y su contenido depende del material de origen y de los agentes formadores del suelo. Sin embargo, el manejo antrópico y agentes como el viento y la escorrentía superficial, en conjunto con el relieve, promueven cambios en la capa superficial del suelo, influyendo en la distribución espacial de las fracciones granulométricas (VIEIRA et al., 2007).

Esta variación ha conducido a reevaluar el manejo tradicional que se realiza en el manejo de cultivos, donde la caracterización de la variabilidad espacial de los atributos permite un mejor entendimiento de las relaciones complejas entre los atributos, los factores ambientales y la producción de cultivos (BOCHHI et al., 2000). Por otra parte, la demanda de información representativa de la variabilidad espacial del suelo ha aumentado, desarrollándose modelos y sistemas de gerencia ambientales (GODWIN; MILLER, 2003)

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la variabilidad espacial de las partículas del suelo, a

lo largo de un transepto, así como el comportamiento de la distribución de las partículas a diferentes profundidades, para determinar distancias adecuadas de muestreo, que sirvan de apoyo para estudios futuros en la zona de estudio.

Material y Métodos

El transepto estudiado tiene una longitud de 1580 m, localizado en el municipio de Jaboticabal, SP, Brasil, en las coordenadas 21° 15' 32"S y 48° 16' 47"W (punto superior) y 21° 14' 55"S 48° 17' 26"W (punto inferior), perpendicular al cauce del Córrego de Jaboticabal (Figura 1). Presenta una pendiente media de 4%. El clima es clasificado, según el sistema de Köppen, en Cwa, clima mesotérmico de invierno seco, con precipitación media anual entre 1100 y 1700 mm, y altitud entre 558 y 628 m. Las muestras de suelo fueron tomadas con una distancia regular de 10 m, para un total de 158 muestras. El suelo es clasificado como Latossolo Vermelho Escuro, con textura entre arcillosa y muy arcillosa.

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva para obtener la media, mediana, asimetría, curtosis, máximos y mínimos. También se determinó el coeficiente de variación (CV), el cual se puede tomar como un indicador de la magnitud de la variabilidad, considerando también la clasificación de Warrick & Nielsen (1980): variabilidad baja para valores menores de

12%, media entre 12 y 60%, y alta para valores superiores a 60%. Para la estadística descriptiva se empleó el programa Minitab 14.

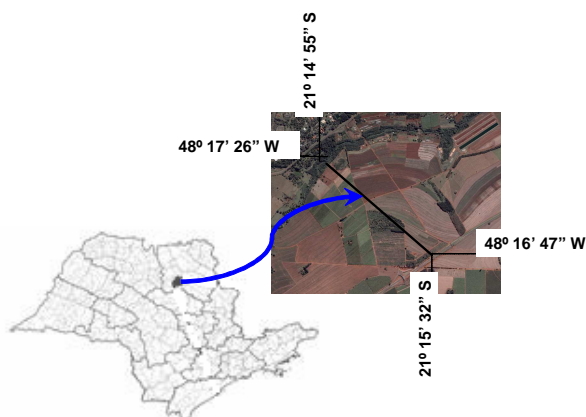


Figura 1. Localización de la zona de estudio y del transepto de muestreo.

Para establecer la variabilidad espacial se consideró la teoría de variables regionalizadas, que dispone de diferentes métodos de análisis, siendo uno de ellos el semivariograma (VIEIRA, 2000). Los semivariogramas de cada propiedad fueron obtenidos mediante el programa GS⁺ considerando el mejor coeficiente de determinación (R^2), en la selección del modelo. La clasificación del grado de dependencia espacial (GDE) se realizó a partir de la relación entre el efecto pepita y el patamar ($C_0/Co+C$), considerando fuerte un GDE <25%, moderado para un GDE entre 25% y 75%, y débil para un GDE >75% (CAMBARDELLA et al., 1994).

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la estadística descriptiva, para los contenidos de arcilla, arena y limo, para las tres profundidades. Los valores similares de la media y la mediana para cada una de las partículas del suelo y los bajos valores de asimetría y curtosis indican que se aproximan a distribuciones normales, situación confirmada por los valores de asimetría cercanos a cero. Aunque no es indispensable para el análisis geoestadístico, la aproximación de los datos a una distribución normal, permiten una mayor confiabilidad, pues la varianza es más estable y el semivariograma obtenido muestra una dependencia espacial mejor definida.

La arcilla es la partícula predominante para las tres profundidades del suelo, indicando que prevalece la textura arcillosa en la zona de estudio. El contenido de arcilla aumenta cuando es mayor la profundidad, mostrando una relación inversa con la arena, que disminuye con la profundidad. Para el limo, su contenido es similar para las tres profundidades.

La arcilla y la arena presentaron variabilidad media para las tres profundidades, con CV inferiores al 60%, siendo la arcilla la partícula que presentó siempre el menor CV, en las tres profundidades. El CV del limo fue siempre el mayor de las tres partículas, mostrando la mayor variabilidad, en las tres profundidades.

Tabla 1- Medidas descriptivas de las partículas del suelo, para tres profundidades.

Medida	Atributo		
	Arcilla	Arena	Limo
0 - 20 cm de profundidad			
Media	47,67	36,92	15,48
CV	19,23	46,75	68,39
Mínimo	27,00	14,00	0,00
Mediana	49,00	34,50	13,00
Máximo	64,00	66,00	36,00
Asimetría	-0,32	0,32	0,33
Curtosis	-1,12	-1,41	-1,19
20 - 40 cm de profundidad			
Media	49,63	34,15	16,64
CV	17,13	49,88	71,25
Mínimo	31,00	9,00	0,00
Mediana	51,00	31,00	13,00
Máximo	69,00	64,00	56,00
Asimetría	-0,19	0,31	0,48
Curtosis	-1,03	-1,36	-0,69
40 - 60 cm de profundidad			
Media	51,77	32,91	15,56
CV	16,57	48,95	62,35
Mínimo	24,00	11,00	1,00
Mediana	54,00	30,50	14,00
Máximo	67,00	69,00	41,00
Asimetría	-0,41	0,40	0,21
Curtosis	-0,69	-1,22	-1,01

La Tabla 2 presenta los parámetros de los modelos de semivariograma ajustados, para los contenidos de arcilla, arena y limo. Para las tres profundidades, el modelo gaussiano fue el que mejor ajuste presentó, para todos los atributos, con coeficientes de determinación (R^2), superior de 0,90 para todos los casos.

Los mayores alcances siempre fueron presentados por el limo y los menores por la arcilla. También se observa un alcance creciente a mayor profundidad, para las tres partículas. El grado de dependencia espacial (GDE) es fuerte para todas los modelos ajustados (GDE<25%), donde la arcilla presentó los mayores GDE y la arena los menores GDE, para las tres profundidades.

El coeficiente de regresión de la validación cruzada (CRVC) es adecuado para todos los

modelos y para las tres profundidades, siendo superior a 0,90 para todos los modelos, excepto para la arcilla en la segunda profundidad, con un valor de 0,83, pero mostrando un buen ajuste.

Tabla 2 – Parámetros de los modelos de semivariogramas de las partículas del suelo, para tres profundidades.

Parámetros	Atributo		
	Arcilla	Arena	Limo
0-20 cm de profundidad			
Modelo	Gaus.	Gaus.	Gaus.
C ₀	19,7	1,00	6
C ₀ +C ₁	163,5	912,90	422,9
Alcance	512	899	1024
100*C ₀ /(C ₀ +C ₁)	12,05	0,11	1,42
R ²	0,992	0,983	0,974
CRVC	0,963	0,997	0,990
20 - 40 cm de profundidad			
Modelo	Gaus.	Gaus.	Gaus.
C ₀	30,8	8,00	21
C ₀ +C ₁	126,70	926,90	552,90
Alcance	511	879	1142
100*C ₀ /(C ₀ +C ₁)	24,31	0,86	3,80
R ²	0,990	0,978	0,985
CRVC	0,830	0,987	0,938
40 - 60 cm de profundidad			
Modelo	Gaus.	Gaus.	Gaus.
C ₀	20,50	9,00	8,000
C ₀ +C ₁	141,0	828,9	426,9
Alcance	622	913	1218
100*C ₀ /(C ₀ +C ₁)	14,54	1,09	1,87
R ²	0,993	0,985	0,991
CRVC	0,939	0,969	0,962

Discusión

La aproximación a la distribución normal de las partículas del suelo es reportada por diferentes autores (BOCCHI et al, 2000; VIEIRA et al, 2007; RAMÍREZ-LÓPEZ et al., 2008). Se observa que la mayor presencia de una partícula del suelo, corresponde con una menor dispersión (CV), como sucede con el contenido de la arcilla respecto a los contenidos de arena y limo, situación también reportada por Rodríguez-Vásquez et al (2008). Esta menor dispersión también está directamente relacionada con el alcance obtenido en los modelos de semivariogramas, la cual fue menor para la arcilla en todas las profundidades. Los bajos contenidos de limo y altos de arcilla, especifican un material mas intemperizado y, por tanto, con arcillas de menor actividad, como también es reportado por Vieira et al. (2007).

Se observó también que la tercera profundidad presentó una menor dispersión respecto a la primera, para los contenidos de arcilla y limo, que puede deberse a las labores de cultivo (manejo antrópico) así como a condiciones edafoclimáticas de la zona, como es verificado también por los mayores alcances encontrados para los semivariogramas ajustados para cada propiedad, para las partículas del suelo en esta profundidad.

El GDE indica una fuerte dependencia espacial entre cada uno de los atributos estudiados. Según Cambardella et al. (1994), una dependencia espacial fuerte de los atributos del suelo es atribuida a factores intrínsecos (material de origen, relieve, clima, microorganismos y tiempo), e una dependencia espacial débil puede atribuirse a factores extrínsecos (fertilización, aplicación de correctivos, manejo del suelo, tránsito de maquinaria agrícola, entre otros), lo que nos lleva a concluir que la textura del suelo estudiado no se ha visto influencia por el manejo antrópico ejercido sobre este. También se observa que un GDE alto, corresponde con un menor alcance, como se observa con el contenido de la arcilla.

Al analizar el efecto pepita (C₀), se observa que el valor encontrado en los modelos teóricos, este parámetro fue siempre menor en la profundidad de 0-20 cm, lo cual influyó también el GDE, que presentó los menores valores para la misma profundidad. Kiliç et al, (2004) también encontraron un comportamiento semejante al del presente estudio, concluyendo también que la variabilidad espacial entre puntos muestreados, es superior a mayores profundidades. De acuerdo con Kazemi et al. (2008), este factor puede deberse a que el suelo es más uniforme a mayores profundidades, que en este caso esta fuertemente influencia por los contenidos de arcilla.

Todos los valores de alcance de los atributos del suelo presentaron un comportamiento acorde a la teoría de las variables regionalizadas, con valores inferiores a la máxima distancia de muestreo (1570 m) y el máximo Lag (1413 m), el cual corresponde al 90 % de la distancia máxima de muestreo.

Conclusión

Las distribuciones de las partículas del suelo se aproximan a una distribución normal y presentaron ajuste a modelos teóricos de semivariogramas, con dependencia espacial fuerte, para las tres profundidades.

El efecto pepita y el alcance de los contenidos de arena, limo y arcilla, mostraron valores más altos a mayor profundidad del suelo.

La arcilla, partícula predominante en el suelo, presentó lo menores alcances, la menor dispersión y los mayores valores del efecto pepita y menores del grado de dependencia espacial.

- VIEIRA, V.A. da S.; MELLO, C.R.M; LIMA, J.M. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em uma microbacia hidrográfica. **Ciênc. agrotec.** v.31, n.5, p.1477-1485, 2007.

Referencias

- BOCCHI, S.; CASTRIGNANO, A.; FORNARO, F.; MAGGIORE, T. Application of factorial kriging for mapping soil variation at field scale. **Europ. J. Agronomy** v.13, n.4, p.295-308, 2000.

- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. & KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.58, p.1501-1511, 1994.

- GODWIN, R.J.; MILLER, P.C.H. A review of the technologies for mapping within-field variability. **Biosystems Engineering** v.84, n.4, p.393-407, 2003.

- KAZEMI, H.H; ANDERSON, S.H.; GOYNE, K.W.; GANTZER, C.J. Spatial variability of bromide and atrazine transport parameters for a Udipsamment. **Goderma** v.144, n.3-4, 545-556, 2008.

- KILIÇ, K.; ÖZGÖZB, E.; AKBA, F. Assessment of spatial variability in penetration resistance as related to some soil physical properties of two fluvents in Turkey. **Soil Till. Res.** v.76, n.1, p.1-11, 2004.

- RAMIREZ-LÓPEZ, L.; REINA-SÁNCHEZ, A.; CAMACHO-TAMAYO, J.H. Variabilidad espacial de atributos físicos de un typic haplustox de los llanos orientales de Colombia. **Eng. Agríc.** v.28, n.1, p.55-63, 2008.

- RODRÍGUEZ-VÁSQUEZ, A.F.; ARISTIZÁBAL-CASTILLO, A.M.; CAMACHO-TAMAYO, J.H. Variabilidad espacial de los modelos de infiltración de Philip y Kostiakov en un suelo ándico. **Eng. Agríc.** v.28, n.1, p.64-75, 2008.

- VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Tópicos em ciência do solo. Viçosa: **R. Bras. Ci. Solo** v.1, p.1-55, 2000.

- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (ed.) Applications of soil physics. New York: **Academic Press**, p.319-344, 1980.