

COMPORTAMENTO ESPACIAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO EM SOLOS DE CENTRO AGROPECUARIO MARENGO

VIVIANA M VARÓN-RAMÍREZ⁽¹⁾, JESÚS H CAMACHO-TAMAYO⁽²⁾, NAPOLEÓN ORDOÑEZ DELGADO⁽³⁾, JANETH GONZALEZ NIVIA⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Ingeniera Agrícola, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería civil y agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología, Cr 30 48 51, Bogotá, Colombia. Tel: (57-1) 3134046665, E-mail: vmvaronr@unal.edu.co. ⁽²⁾ Ingeniero Agrícola, M.Sc., Ph.D. Departamento de Ingeniería civil y agrícola, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia. ⁽³⁾ Agrólogo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología, Cr 30 48 51, Bogotá, Colombia. ⁽⁴⁾ Ingeniera Agrícola, M.Sc. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología, Cr 30 48 51, Bogotá, Colombia.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO

A compactação do solo é gerado pelo movimento de máquinas, pastagem ou processos de translocação, afeta o desenvolvimento das raízes, o movimento da água e, portanto, o crescimento ótimo da cultura. O objetivo deste estudo foi analisar o comportamento espacial da resistência mecânica à penetração (RMP) do solo em ocupações pecuárias e da agricultura. Foram feitas 88 perfis de RMP em uma área de 76 ha no Centro Agropecuario Marengo (CAM) em uma grade regular de 80m X 80m. Os dados confirmam a distribuição normal para as duas atividades ao longo do perfil (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50 cm). A RMP para a ocupação da agricultura variou entre 1,6 e 3,2 MPa e 2,4 e 3,6MPa para os lotes de gado, mostrando horizontes compactados e com dificuldade de crescimento para as raízes entre 25 e 35 centímetros. Em relação ao comportamento espacial, descobrimos que para as profundezas analisadas a RMP foi ajustada aos modelos teóricos de semivariogramas que apresentam variabilidade espacial moderada. Em conclusão, se encontrou a necessidade da implementação de práticas que permitem a recuperação de solos, como a rotação de culturas e mecanização.

PALAVRAS-CHAVE: Compactação, resistência mecânica à penetração, Comportamento espacial, semivariograma.

ABSTRACT

Soil compaction is generated by the movement of machinery, grazing or translocation process affects root development, water movement and therefore optimal crop growth. The main goal of this study is to analyze the spatial behavior of the soil penetration resistance (SMR) with livestock and agriculture activities. 88 profiles of SMR were made in an area of 76 hectares in the Agricultural Center Marengo (CAM) on a regular grid of 80m X 80m. The data show a normal distribution for the two activities along the profile (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 and 50 cm). The SMR for agriculture aptitude varied between 1.6 and 3.2 MPa and 2.4 and 3.6 MPa for livestock batches, this shows compacted horizons and root growth difficulty between 25 and 35 cm. Regarding the spatial behavior, we found that for the SMR depths analyzed were adjusted to the theoretical semivariogram models presenting moderate spatial variability. As a conclusion, it is highlighted the need to implement practices that allow the recovery of soils, such as crop rotation and mechanization.

KEY WORDS: Compactation, Soil penetration resistance, Spatial behavior

INTRODUCCIÓN - El estudio de la condición física de los suelos permite establecer y determinar su capacidad de uso, la influencia en los sistemas de producción agropecuaria y la posibilidad de ser modificados mediante la intervención de las actividades humanas. La compactación es causada por el tránsito frecuente de maquinaria agrícola y por el pisoteo de animales (MEDINA et al., 2012). Sin

embargo, los suelos pueden llegar a compactarse naturalmente como consecuencia de su composición textural y régimen de humedad o de sus procesos genéticos.

Los problemas que trae la compactación de los suelos se refieren básicamente a problemas de porosidad, movimiento de agua en el suelo, poco intercambio gaseoso, dificultad en el desarrollo de la edafofauna y principalmente en el crecimiento vegetativo (CARRARA et al., 2003).

El objetivo del presente trabajo fue analizar el comportamiento espacial de la RMP del suelo en ocupaciones de ganadería y agricultura mediante técnicas estadísticas clásicas y espaciales.

MATERIAL E MÉTODOS - El área de estudio corresponde al Centro Agropecuario Marengo (CAM) adscrito a la Universidad Nacional de Colombia. Comprende un área de aproximadamente 94,5 ha a una altitud de 2.543 msnm. Se realizaron 88 perfiles de RMP en un área de 76 ha en ocupaciones de ganadería (Lotes 1, 2, 4, 5 y 16) y agricultura (lotes 3, 6 a 15 y 17) en una malla regular de 80m x 80 m. Los perfiles de RMP se obtuvieron con un Penetrálogger Eijkelkamp hasta una profundidad de 50 cm en los cuales se tuvo en cuenta la RMP a las profundidades de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50cm específicamente.

Para cada profundidad de estudio hizo un análisis exploratorio estimando parámetros estadísticos descriptivos por factor (ganadería y agricultura), Posteriormente, Se ajustaron los modelos teóricos de semivariograma para cada parámetro obtenido. Finalmente con los parámetros del mejor modelo de ajuste de semivariograma se estima la distribución espacial de las propiedades estudiadas y su valor para puntos no muestreados mediante la técnica de interpolación de Kriging obteniendo así mapas de contorno que permitieron identificar zonas homogéneas.

RESULTADOS Y DISCUSION - En la **tabla 1** se puede observar que para las profundidades de estudio los valores de media y mediana son muy cercanos, por lo que se puede decir que los datos se comportaron como distribuciones normales lo que se puede comprobar adicionalmente por los valores de asimetría cercanos a cero. Se encontró que para todas las profundidades el valor de la RMP siempre fue mayor para aquellos sitios en que su ocupación es ganadera, lo que era de esperarse pues el pisoteo de los animales junto a una larga estancia de estos genera compactación (LIMA et al., 2009), adicionalmente según ORDOÑEZ y BOLIVAR (2014), la dedicación de los lotes ganaderos ha sido exclusiva y eventualmente se han sembrado cultivos como papa criolla, maíz o avena forrajera no después del año 2011.

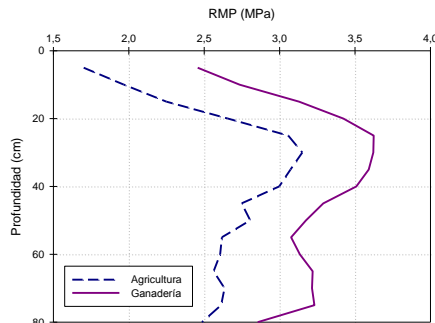
Profundidad (cm)		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Agricultura	Media (MPa)	1,69	1,94	2,19	2,64	3,02	3,21	3,12	3,04	2,76	2,82
	Mediana (MPa)	1,37	1,90	2,17	2,40	2,82	2,82	3,12	2,85	2,65	2,72
	CV (%)	,62	,53	,46	,39	,39	,42	,42	,42	,44	,46
	Mínimo (MPa)	,20	,43	,63	,90	,87	,97	1,23	,90	,90	,77
	Máximo (MPa)	3,67	3,60	4,47	4,83	5,17	5,47	5,83	5,03	4,93	5,87
	Asimetría	,28	,06	,46	,70	,17	,24	,35	,14	,37	,50
	Curtosis	-1,33	-1,52	-42	-45	-79	-1,15	-83	-1,34	-97	-43
Ganadería	Media (MPa)	2,43	2,63	2,95	3,32	3,55	3,57	3,48	3,35	3,21	3,02
	Mediana (MPa)	2,60	2,77	3,03	3,33	3,55	3,53	3,63	3,33	3,20	2,83
	CV (%)	,33	,29	,33	,35	,34	,34	,35	,36	,39	,35
	Mínimo (MPa)	,60	,67	,70	,70	,80	,87	1,20	1,17	1,23	1,47
	Máximo (MPa)	3,67	4,17	4,95	6,15	6,90	6,40	7,10	6,85	6,65	5,57
	Asimetría	-,61	-,48	,04	,29	,14	,10	,32	,41	,61	,56
	Curtosis	-,24	,27	-,36	,28	,50	,04	,65	,32	,14	-,42

Tabla 1. Estadísticos descriptivos para la RMP a diferentes profundidades para ocupaciones en agricultura y ganadería.

La variabilidad espacial para los dos conjuntos de datos según WARRICK & NIELSEN (1980) es moderada con valores de CV entre 0,12 y 0,6. La profundidad de 10 cm para la ocupación agrícola presento el mayor valor de CV debido a que la ocupación evidentemente requiere de mayor intervención

de maquinaria, riego y demás actividades requeridas para el desarrollo de los cultivos, situación también encontrada por RAMÍREZ-LÓPEZ et al., (2008).

En la figura 1 se tiene el perfil de RMP promedio, allí se observa que aproximadamente a una profundidad de 10 cm ya se encuentra una restricción al desarrollo radicular (RMP > 2 MPa) para la ocupación en agricultura. Para las dos ocupaciones se encontró una capa de mayor compactación entre los 20 y 40 cm, situación encontrada también por ORDOÑEZ y BOLIVAR (2014), donde describen la presencia de un pie de arado en los lotes 16, 4 y 6 con valores de RMP mayor a 4 MPa.

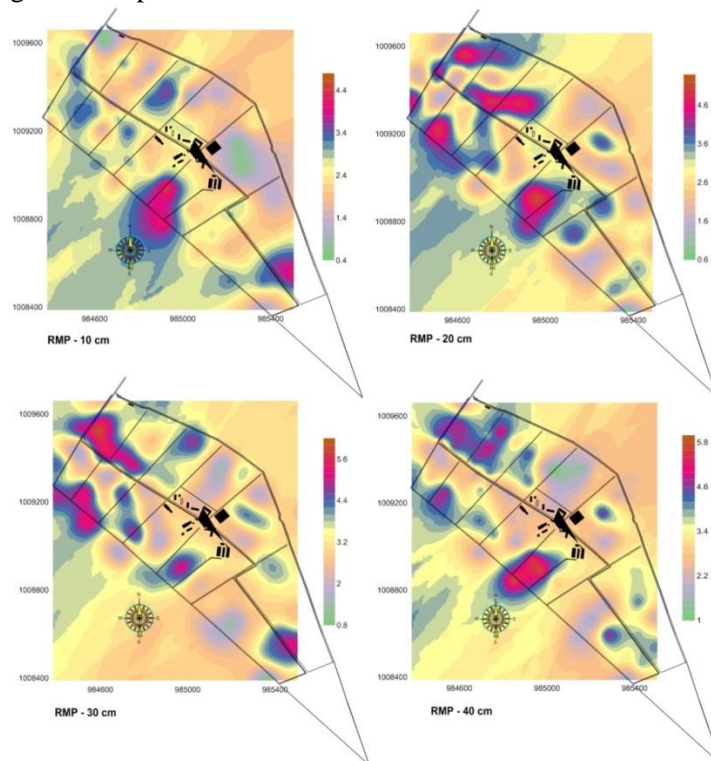


Prof.	Modelo	Co	Co + C	Alcance	CVC	GDE
10 cm	Exp.	0,001	1,03	465	0,74	0,99
20 cm	Gauss.	0,001	0,974	133	0,54	0,99
30 cm	Gauss.	0,001	1,144	122	0,73	0,99
40 cm	Exp.	0,001	1,583	237	0,66	0,99
50 cm	Gauss.	0,001	1,19	117	0,56	0,99

Tabla 2. Parámetros geoestadísticos para el comportamiento de la RMP a profundidades de 10, 20, 30, 40 y 50 cm.

Figura 1. Perfiles de RMP para ocupación en agricultura y ganadería.

Los valores de RMP para las cinco profundidades se ajustaron a modelos teóricos de semivariograma exponencial y Gaussiano con GDE fuerte. Los CVC de la interpolación Kriging fue superior para la profundidad de 30 cm donde como se ha descrito anteriormente se encuentra en casi toda el área de estudio una capa homogénea compactada.



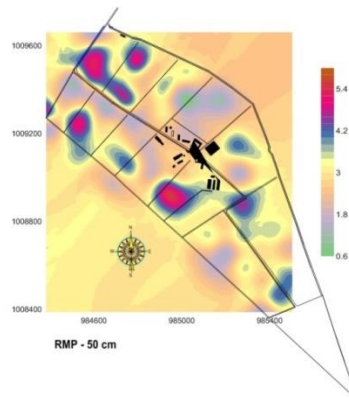


Figura 2. Mapas de contorno de RMP para las profundidades de 10, 20, 30, 40 y 50 cm.

En la figura 2 se observan los mapas de contorno para la RMP, se puede observar que los lotes 4 y 5 son los que proporcionan mejores condiciones para el desarrollo radicular, pues presentan valores de RMP por debajo de 2,4 MPa en sus primeros 20 cm de profundidad, sin embargo, para las profundidades de 30 y 40 cm se puede observar lo antes visto en la figura 1 donde se evidencia la presencia de una capa compactada. En contraste, el lote 13 de dedicación ganadera es el que presenta las mayores restricciones al desarrollo radicular en todo el perfil del suelo hasta la profundidad límite de estudio.

CONCLUSIONES - se hace evidente la necesidad de implementar soluciones que permitan mejorar la condición de compactación del suelo en los lotes específicamente ganaderos, soluciones tales como la mecanización y rotación en ocupación. De igual forma, para los lotes de dedicación agrícola se hace necesaria la rotación de cultivos y la implementación de maquinaria que permitan mitigar la influencia del pie de arado.

REFERENCIAS

CARRARA, M.; A. COMPARETTI; P. FEBO; G. MORELLO; S. ORLANDO. 2003. Mapping soil compaction measuring cone penetrometer resistance. In: Werner, A., Jarfe, A. (Eds.), Book of Abstracts of the 4th European Conference on Precision Agriculture. Berlin, Germany. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, p. 176.

ISLAM, M.M., SAEY, T., MEERSCHMAN, E., SMEDT, P., MEEUWS, F., VIJVER, E. & MEIRVENNE, M. 2011. Delineating water management zones in a paddy rice field using a floating soil sensing system. *Agri. Water Management*. 102, 8-12.

LEONARDO RAMÍREZ-LÓPEZ, AMPARO REINA-SÁNCHEZ, JESÚS H. CAMACHO-TAMAYO. 2008. Variabilidad Espacial De Atributos Físicos De Un Typic Haplustox De Los Llanos Orientales De Colômbia. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.28, n.1, p.55-63. Brasil.

LIMA J.; SATTER M.; PASSOS R.; OLIVEIRA P.; SOUZA G. 2009. Variabilidade espacial de atributos de um argissolo vermelho-amarelo sob pastagem e vegetação secundária em regeneração natural. *Eng. Agríc. Jaboticabal*, v.29, n. 2, p.185-195. Brasil.

MEDINA, C.; J. H. CAMACHO-TAMAYO; C. CORTES. 2012. Soil penetration resistance analysis by multivariate and geostatistical methods. *Eng. Agríc. Jaboticabal* .32, 91-101. Brasil.

ORDÓÑEZ D, N Y BOLIVAR G, A. 2014. Levantamiento Agrológico del Centro Agropecuario Marengo (CAM). Subdirección de Agrología. Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. Bogotá – Colombia.

WARRICK, A. W., D. E. MYERS; D. R. NIELSEN. 1986. Geostatistical Methods Applied to Soil Science. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods- Agronomy Monograph* 9, 53 - 81.