

Original

**Variabilidad espacial de la humedad en un *Fluvisol* en la Empresa Agropecuaria
“Paquito Rosales Benítez”**

Spatial humidity variability in a *Fluvisol* in the Paquito Rosales Benítez Agricultural Company
Osnaidel Enamorado Reyes, estudiante de 5to año del grupo científico de Laboreo del

Suelo y Energía Agrícola de la carrera de Ingeniería Agrícola, Departamento de
Ingeniería Agrícola, Universidad de Granma, oenamorado@estudiantes.udg.co.cu

Dr. C. Luis Delmis Pérez Soto, Profesor Titular del Departamento de Ingeniería
Agrícola, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma, lperezs@udg.co.cu

Recibido: 22 de octubre de 2019 / Aceptado: 7 de marzo de 2020

Resumen

La investigación se realizó en la empresa de cultivos varios “Paquito Rosales Benítez” de Veguita en el municipio de Yara, provincia Granma, con la finalidad de analizar lo relacionado con la variabilidad espacial de la humedad del suelo y el comportamiento de la temperatura ambiente en varias horas del día. Se utilizaron dos diseños sistemáticos: en cuadrículas a 5 m de distancia entre puntos y transeptos a 1 m de distancias de muestreo, en los cuales se midieron la humedad y la temperatura con un instrumento de alta precisión, antes y después de la labor de gradeo. Como resultado se observó que en general existió una estructura espacial en la humedad, la maquinaria provocó pérdida en el porcentaje de humedad y una estructura espacial bien definida con un comportamiento anti persistente a la escala de muestreo utilizada.

Palabras claves: transeptos; temperatura; maquinaria; estructura espacial

Abstract

The research was carried out in the crop company “Paquito Rosales Benítez” of Veguita in the municipality of Yara, Granma province, with the purpose of analyzing what is related to the spatial variability of soil moisture and the behavior of ambient temperature in Several hours of the day. Two systematic designs were used: in grids at 5 m distance between points and transept at 1 m sampling distances, in which humidity and temperature were measured with a high precision instrument, before and after grade work. As a result, it was observed that in general there was a spatial structure in the humidity,

the machinery caused loss in the percentage of humidity and a well-defined spatial structure with an anti-persistent behavior to the sampling scale used.

Key words: transects; temperature; machinery; spatial structure

Introducción

Los Recursos Naturales son los elementos y fuerzas de la naturaleza que el hombre puede utilizar y aprovechar; los que representan, además, fuentes de riqueza para la explotación económica, como son: los minerales, el agua, el viento, el suelo, la flora y la fauna. Se clasifican en recursos renovables y no renovables. Uno de los principales recursos que brinda la naturaleza al hombre es el suelo, ya que en él crecen y se desarrollan las plantas, tanto las silvestres como las que se cultivan para servir de alimento al hombre y los animales. La formación de los suelos depende de un largo y complejo proceso de descomposición de las rocas, en el cual intervienen factores físicos, químicos y biológicos. La interacción de estos, como factores ecológicos, provoca la desintegración de los minerales que, unidos a los restos de animales y plantas en forma de materia orgánica, originan el suelo. Los seres vivos intervienen en la destrucción de la roca madre y, además de los agentes climáticos, toman parte en la mezcla de sustancias del suelo, en su distribución horizontal, y añaden a éste materia orgánica.

La relación entre la mecanización agrícola y los recursos naturales debemos de verla como un sistema integrado, donde la máquina interactúa con cada recurso y a la vez entre sí, donde la contaminación de uno afecta al otro. Los efectos de la mecanización sobre el medio ambiente no siempre han sido buenos, pero los daños ambientales pueden reducirse si se selecciona y usa mejor la maquinaria. La maquinaria como unidad energética para el trabajo agrícola, produce un impacto negativo sobre el entorno ambiental de los suelos, afectando sus propiedades físicas (Díaz y Pérez, 2010).

La calidad del suelo puede definirse como su capacidad para funcionar (SSSA, 1994). En forma más amplia se utiliza el término salud del suelo para indicar la capacidad del suelo para funcionar como un sistema vital para mantener la productividad biológica, promoviendo la calidad ambiental (Doran y Zeiss, 2000). Ambos conceptos han ido evolucionando, y al término de calidad se le han agregado nuevos atributos tales como sostenibilidad y calidad ambiental (Roming et al., 1995; Karlen et al., 1997). Los indicadores de calidad del suelo son propiedades físicas, químicas y biológicas que

pueden ser medidas Cualitativa o cuantitativamente y que proveen información acerca de qué tan adecuadamente un suelo funciona, de modo que los mejores indicadores serán aquellas propiedades que influyan significativamente sobre la capacidad del suelo para proveer su función (Carter et al., 1997).

La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos (Doran y Parkin, 1994). La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter e tal., 1997). El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo (Romig, 1995). El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos (Doran y Parkin, 1994; Karlen et al., 1997). Al desarrollar este concepto, también se ha considerado que el suelo es el substrato básico para las plantas; capta, retiene y emite agua; y es un filtro ambiental efectivo (Larson y Pierce, 1991; Buol, 1995). En consecuencia, este concepto refleja la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa (Parretal., 1992).

Qué es la conservación del suelo

La conservación del suelo incluye todas aquellas técnicas y prácticas enfocadas en el uso y mantenimiento sustentable de los suelos que son utilizados como recurso natural, tanto en la agricultura como en la silvicultura y la ganadería (Fernández, 2019).

Debido a que actualmente se trata de un recurso no renovable y que la pérdida de los suelos constituye una de los principales problemas ambientales a nivel mundial, la conservación de los suelos es considerado de vital importancia para garantizar que los diversos factores ecológicos, climatológicos, hidrológicos, sociales, económicos y culturales interaccionen entre sí, usando de forma sustentable los suelos. También puede interesarte profundizar en conocer los suelos con la lectura de este otro artículo de Ecología Verde sobre los distintos Tipos de suelos y sus principales características (Fernández, 2019).

La importancia de la conservación del suelo

Promover el uso sustentable del suelo ha surgido como respuesta a los múltiples y diversos problemas a los que se han enfrentado la calidad y la cantidad de los suelos aptos para el cultivo de alimentos y árboles de todo el mundo. Diversos estudios han estimado que la naturaleza por sí sola puede tardar unos 200 años en lograr producir 1 cm de suelo fértil, por ello es realmente importante protegerlos y cuidarlos para garantizar su conservación, ya que, de lo contrario, son capaces de empobrecerse fácilmente y en muy poco tiempo (Fernández, 2019).

Entre las principales problemáticas que están sufriendo los suelos destacan:

- Erosión del suelo, así como compactación, aumento de la salinidad y de la acidez del suelo.
- Manejo inadecuado de las tierras de cultivo, creando un desequilibrio dentro del sistema productivo, el cual está directamente relacionado con la escasez de alimentos que podríamos sufrir en un futuro no muy lejano.
- La población del mundo (alrededor de unos 8.000 millones de habitantes), obliga a la humanidad a contar con al menos mil millones de hectáreas de terrenos agrícolas para garantizar sus necesidades alimenticias. Este hecho supone la constante presión sobre el potencial productivo de los suelos, así como de los recursos naturales en general.

Por todo ello, en la actualidad, numerosos sectores trabajan para renovar y acondicionar las técnicas productivas relacionadas con la preservación de los suelos, intentando que las prácticas adoptadas por agricultores, silvicultores y ganaderos sean lo más adecuadas posibles y siempre orientadas a la conservación de este recurso limitado, el cual no puede ser nunca desperdiciado. Aprende más en este otro post sobre La importancia de los suelos y conoce también la importancia de la Conservación de los recursos naturales en general en este otro artículo (Fernández, 2019).

Poca importancia se da a la conservación del suelo como recurso no renovable, el cual es afectado por el uso inadecuado y, en general, excesivo de la maquinaria agrícola. Esto pone de manifiesto la necesidad de estudiar más a fondo el impacto que tiene el uso de la maquinaria agrícola sobre el suelo, y conocer su efecto en las causas que alteran la relación agua-suelo. Lo anterior es la base para desarrollar, proponer y evaluar

metodologías que permitan elegirlos sistemas de labranza adecuados para las diferentes condiciones agroecológicas y socioeconómicas de cada región o predio en particular para así controlarlos efectos nocivos causados por labores inadecuadas o excesivas (Moncada *et al.*, 2014). Como objetivo de trabajo es determinar la variabilidad espacial de la humedad en un Fluvisol, que fue sometido al laboreo con grada de la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales”.

Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en la empresa de cultivos varios “Paquito Rosales Benítez” de Veguita perteneciente al municipio de Yara, provincia Granma, con el objetivo de conocer la variabilidad espacial de la humedad (H) del suelo a través de muestreos con el medidor de humedad. La investigación se llevó a cabo en dos momentos; antes y después de la labor de gradeo, midiendo la H a través de un diseño sistemático en cuadrículas. se determinó la H a través de dos transeptos en dos direcciones (sur-norte y este-oeste) para ver la influencia que ejerció el agregado en la variabilidad de la humedad y el grado de persistencia, antipersistencia o aleatoriedad que provocó la maquinaria en función de H. en todos los transeptos se tomaron 200 observaciones y en las cuadrículas 100.

Suelo y cultivo del área de estudio

El presente trabajo se desarrolló sobre los primeros 10 cm de un Fluvisol en el horizonte A. El área de estudio cubierta de vegetación (Figura 1) fue sometida al proceso de cosecha como labor precedente, actualmente es un área que se encuentra bajo la influencia una máquina de riego Pivot.

Los valores de la humedad fueron obtenidos en los vértices de cuadrículas con un intervalo de muestreo de 5 m. Se diseñó una cuadrícula de 100 puntos (10 x 10 puntos). Antes y después de la labor de gradeo se tomaron dos transeptos en dos direcciones (S-N y E-W) con una cantidad de observaciones de: 200 puntos con 1 m de distancia entre punto, Figura 2. En ambos casos, el utilizar entre 100 y 150 puntos es aceptable para los análisis de variabilidad espacial (Webster y Oliver, 1992).



Figura 1. Fluvisol en el horizonte A.

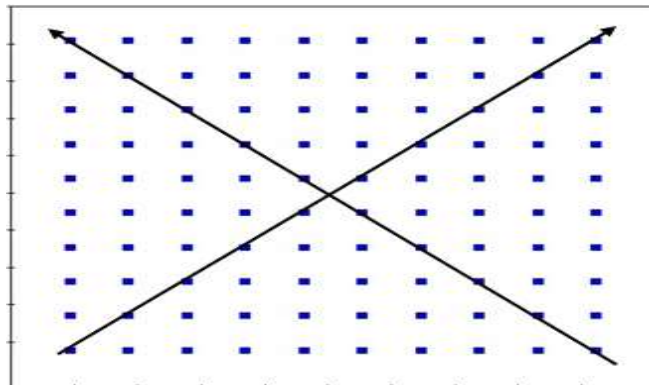


Figura 2. Representación esquemática del diseño del experimento: Cuadrícula, 100 puntos de muestreo y transepto en dos direcciones (sur-norte y este-oeste).

Maquinaria empleada en el proceso de preparación del suelo

La maquinaria empleada en la labor de gradeo fue la siguiente (Figura 3):

- Tractor: XTZ T-150K-09.
- Grada: 2900 kg.



Figura 3. Labor de gradeo.

La humedad del suelo se determinó con un sensor de humedad TZS series (Figura 4). El medidor puede probar dos tipos de parámetros: temperatura del suelo y la humedad del suelo. Las características más importantes de este instrumento de medición es el sensor de humedad del suelo son: humedad relativa: $\leq 95\%$ RH, rango de medición: $0\% \sim 100\%$, el error relativo: $\leq 3\%$. Tiempo de respuesta: ≤ 2 seg. Un cable estándar: 1,5 m (puede ser personalizado según la demanda del cliente, el más largo es de 1.000 m).



Figura 4. Determinación de la humedad

Análisis y discusión de los resultados

Estadística descriptiva de los valores de humedad para antes y después de la preparación de suelo

En la Tabla 1 se muestra la estadística descriptiva general de la humedad antes y después de la labor de gradeo ($n=100$ y 200): \bar{H} , media; H_{Min} , mínimo; H_{Max} , máximo; S^2 , varianza muestral; CV, coeficiente de variación; Ca, coeficiente de asimetría; Ku, Kurtosis; SN, sur norte y WE, oeste este.

Tabla 1. Estadística descriptiva general de la humedad antes y después de la labor.

DescriptiveStatistics (Estadística descriptiva Osnaidel.sta)									
Áreas	Prof. (cm)	n	\bar{H} (%)	H_{Min} (%)	H_{Max} (%)	S^2	CV (%)	Ca	Ku
NP dia 13	0-10	100	13,45	5,90	16,50	6,16	19,5	-0,59	-0,44
							0		
P dia 13	0-10	100	2,85	2,00	4,00	11,0	94,8	7,99	72,75
						6	3		
P dia 15	0-10	100		2,00	4,70	0,38	22,6	0,74	0,26
			2,65				4		

Tabla 2. Resumen estadístico descriptivo de los valores de la humedad antes y después de la labor de gradeo

Áreas	Prof. (cm)	n	\bar{H} (%)	H _{Min} (%)	H _{Max} (%)	S ²	CV (%)	Ca	Ku
NP13(E-O)	0-10	200	14,40	7,10	17,20	3,88	14,37	-0,97	0,64
NP13(N-S)	0-10	200	12,60	4,90	16,40	3,13	13,99	-0,60	1,03
P13(E-O)	0-10	200	2,70	2,00	5,30	0,47	24,31	1,00 2	0,83
P13(N-S)	0-10	200	2,90	2,00	8,40	0,91	31,09	2,34	8,91
P15(E-O)	0-10	200	2,55	1,90	5,10	0,39	23,10	1,15	1,42
P15(S-N)	0-10	200	2,50	1,90	4,20	0,25	19,22	0,78	0,017

La Tabla 2 muestra el resumen estadístico descriptivo de los valores de la humedad antes y después de la labor de gradeo. Se observa que los valores medios del porcentaje de humedad antes de la labor de gradeo varían de 2,65 a 13,4 % y de 2,50 a 14,4 %. Lo cual el valor mínimo localizado en el área de trabajo a los 10 cm de profundidad fue de 2 y el mayor valor fue de 17,2 %. Se ve reflejado como varían considerablemente los valores al haber sometido el suelo al proceso de gradeo, donde la grada al penetrar en el interior del suelo permite que los rallos ultravioletas del sol penetren con mayor facilidad, por lo tanto, a mayor tiempo expuesto este suelo preparado menores son los valores de humedad si no existe precipitaciones en ese intervalo de tiempo.

Comportamiento de la serie de valores H con relación al número de observación por la observación realizada a los 10 cm

Las Figura 5 y 6 muestran cómo se comporta la serie de valores de la H en el área antes y después de su preparación, teniendo en cuenta el número de observaciones por la profundidad determinada a los primeros 10 cm. Se puede observar que de forma general en muchos puntos los valores de la humedad aumentan y disminuyen relativamente. Esta situación mayormente ocurrió en los puntos que estuvieron en el interior del campo donde existían lagunas, en las cuales hubo un aumento de humedad. Además, los primeros puntos en algunos casos observamos que la H disminuye esto se debe a que

en ocasiones el suelo estaba descubierto de vegetación provocado por algún encharcamiento, las líneas de tendencia en este gráfico mirándolo en dirección (EW) indican que a medida que nos adentramos en el campo la humedad fue aumentando. La Figura 5 muestra los valores mínimos y máximos del suelo antes de su preparación, y Figura 6 y 7 después de su preparación.

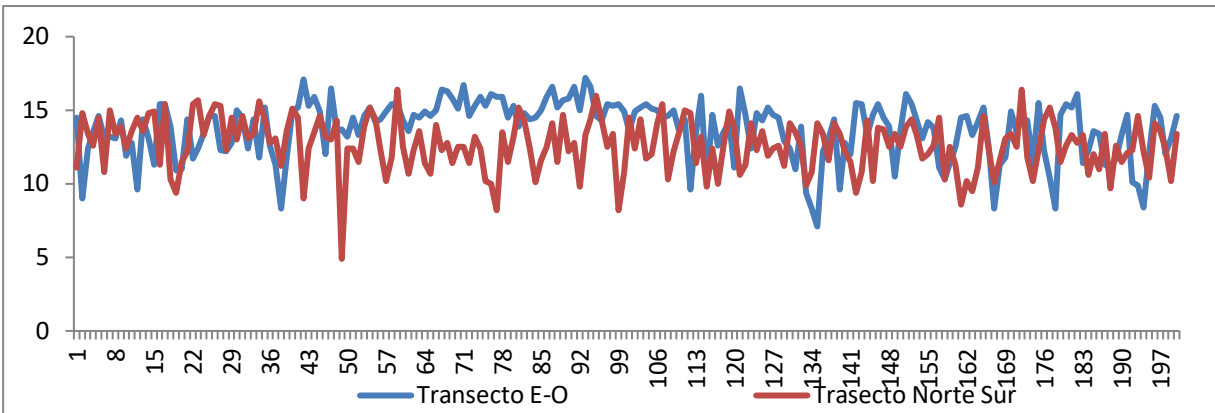


Figura 5. Valores de la H en el área antes y después de su preparación

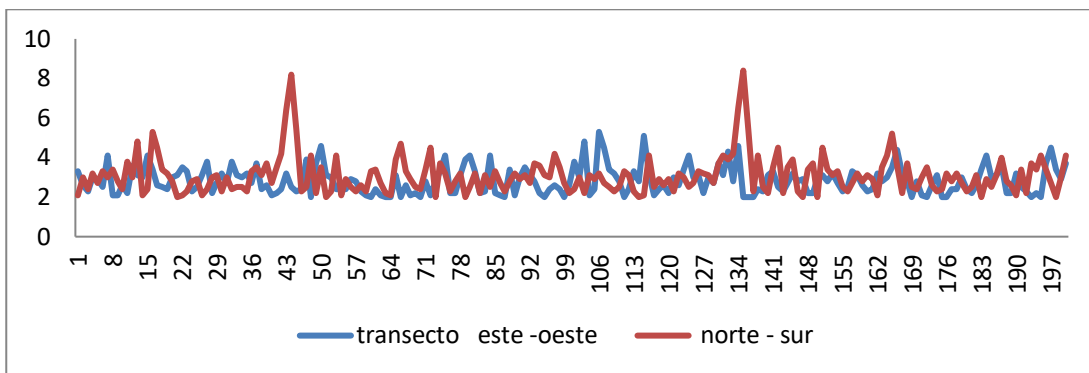


Figura 6. Valores de la H en el área antes y después de su preparación

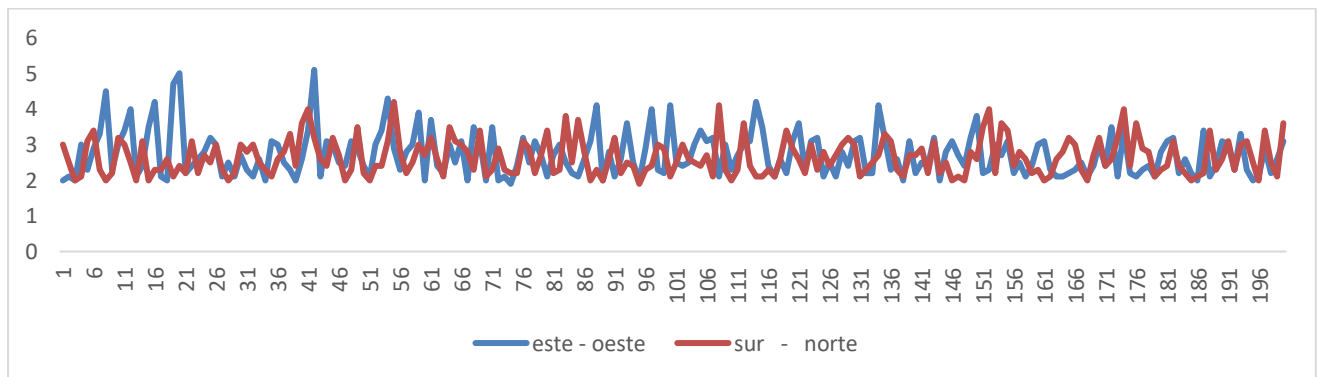


Figura 7 Serie de valores de H con relación las observaciones realizadas en el área preparada y no preparada.

Análisis de los parámetros de los semivariogramas isotrópicos de H

Las Figuras 8a, b y c muestran la estructura espacial que mostraron los semivariogramas con sus parámetros obtenidos de los valores del porcentaje de humedad antes y después del pase de grada, los parámetros de los modelos teóricos que se ajustaron a los semivariogramas de H antes de la labor de gradeo a los 10 primeros cm. Se puede observar que en los modelos el comportamiento de la humedad mostró estructura espacial, está presente la meseta, esto indica que la hipótesis de estacionariedad en cada uno de los modelos se cumple, todos los ajustes de los modelos, a través de los coeficientes de correlación, fueron buenos; los cuales fueron superiores al 0,75, e septo en el tercer caso por ser la última observación realizada en un período más largo de tiempo.

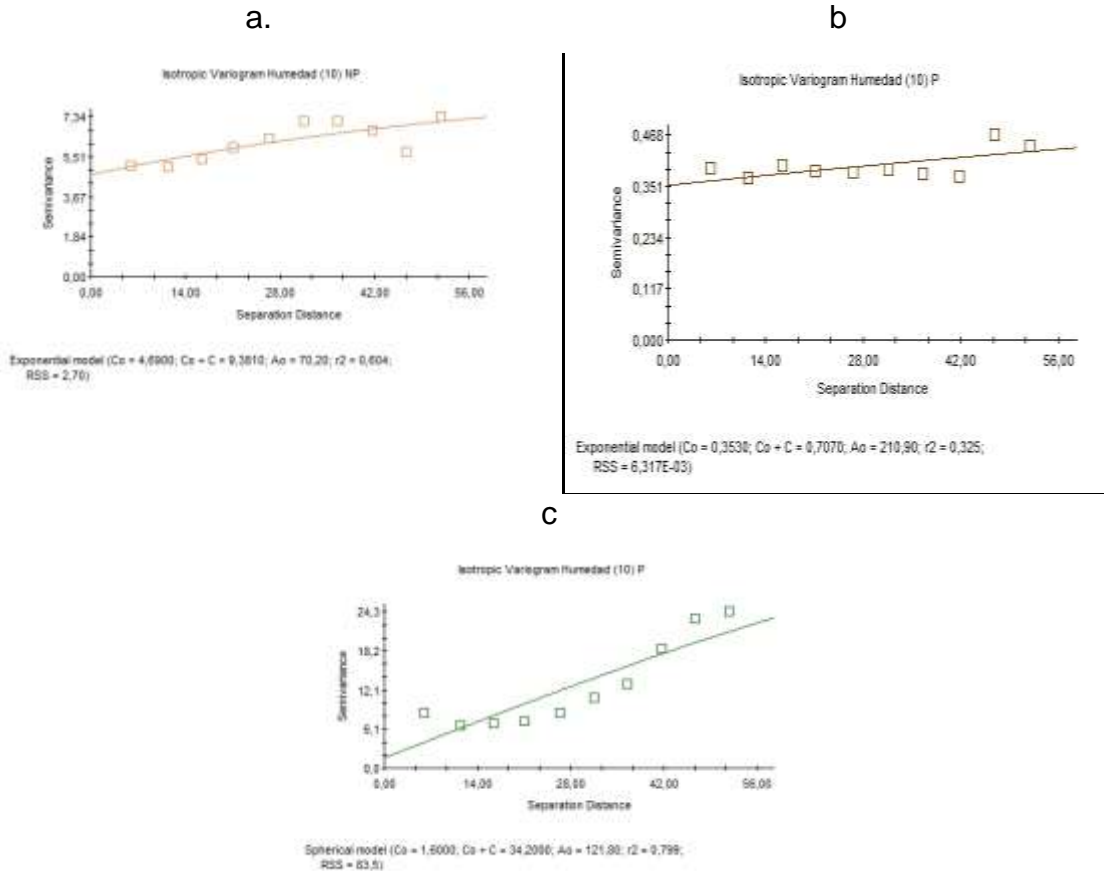


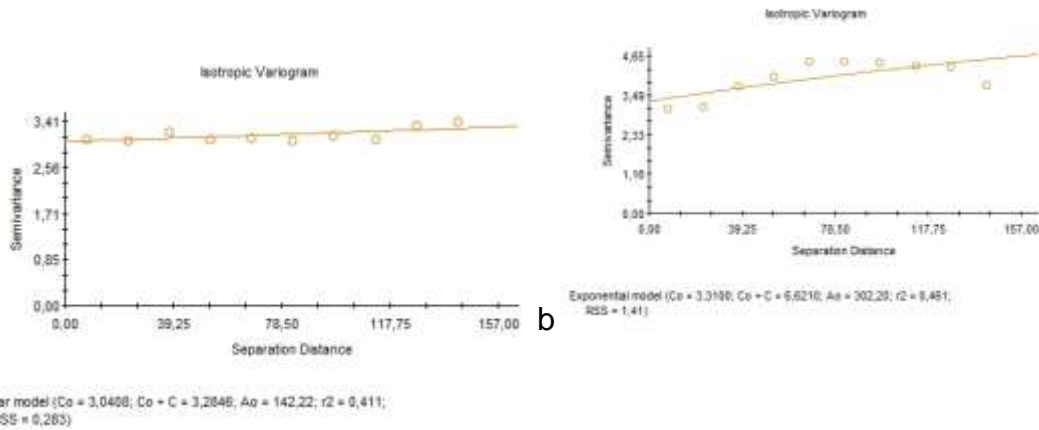
Figura 8 a) Semivariogramas de humedad, b) Corresponde al área nopreparada, c) el área preparada respectivamente.

Análisis de la variabilidad espacial de la humedad provocada por el tránsito de la maquinaria

En este caso se analiza el efecto que ha tenido el tránsito de la maquinaria sobre la

variabilidad espacial de la humedad del suelo (Figura 9). Sobre todo, en la profundidad de 10 cm que es donde la grada ejerció su labor para transformar las partículas y el estado físico del suelo, teniendo en cuenta que los efectos de la maquinaria a una profundidad mayor que esta, son mayores los efectos, donde dichas partículas son más comprimidos, nombrado como Vertisol.

a



c

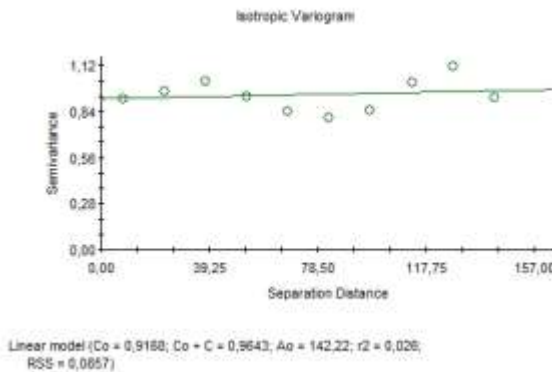


Figura 9 Semivariogramas de humedad: a) correspondeal área nopreparada, b y c) al área preparada respectivamente en cuanto a las cuadrículas.

Análisis de los mapas de la concentración de la humedad en el suelo

En este epígrafe observamos como se distribuye la humedad en la superficie del terreno donde fue utilizado como objeto de estudio. En la Figura 10a se muestra donde esta presente la mayor concentración de la humedad, lo cual aumentan considerablemente a medida que nos vamos desplazando en el eje de las abcisas hacia el interior del campo; la Figura 10b representa que los valores en comparación con el caso anterior son inferiores a causa del proceso al que fue sometido este suelo, en el eje de las ordenadas la humedad toma valores mayores en dependencia de la distancia en la que fueron

tomadas las mediciones y en la Figura 10c ya los valores son los mínimos debido a la acción intensiva de los rallos del Sola causa de un mayor intervalo de tiempo.

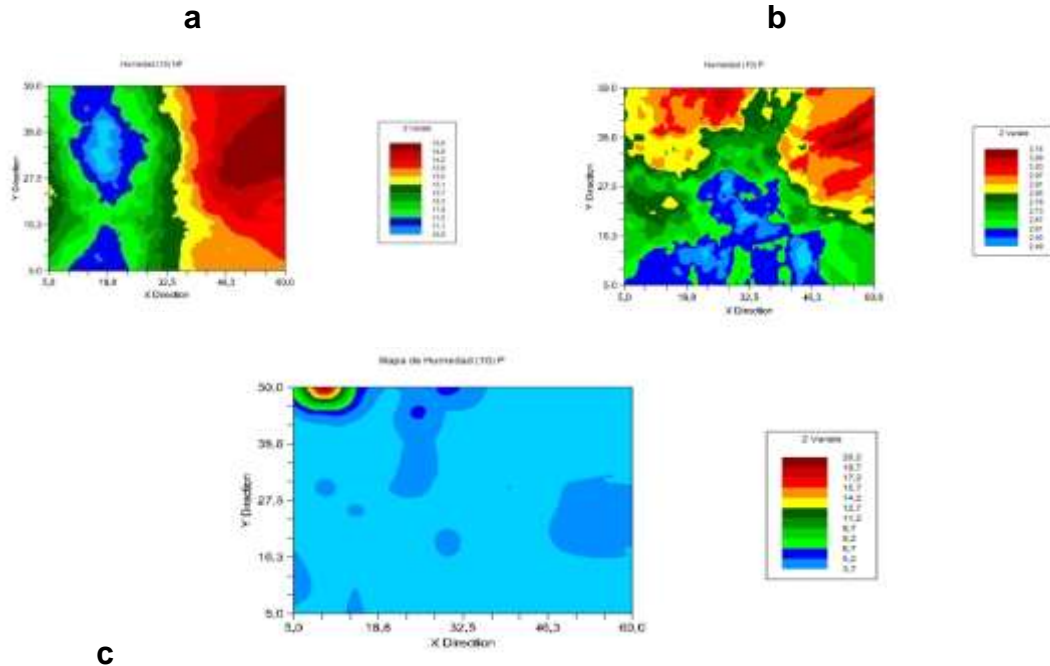


Figura 10. Mapas de humedad: a) corresponde a el área nopreparada, b y c) a el área preparada respectivamente.

Conclusiones

1. Los valores de la humedad correspondieron con las situaciones polémicas presentadas en el área de estudio.
2. Se observó que en general existió una estructura espacial para la humedad.
3. Los valores de la humedad en cuanto al impacto provocado por la maquinaria agrícola disminuyeron considerablemente.

En cuanto a la variabilidad espacial de la humedad en la escala de muestreo observada, la maquinaria provocó anti persistencia con tendencia a la homogeneidad de la misma.

Referencias bibliográficas

- Ibáñez, J.(2007). El suelo como Sistema Natural y sus Factores Formadores. Un Universo invisible bajo nuestros pies. Los suelos y la vida. Centro de investigación sobre Desertificación (CSIC Universidad de Valencia).
- Jaramillo, D., González, H. y Álvarez, F. (2008). Variabilidad espacial de algunas propiedades físico-mecánicas de suelos de textura pesada. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 3(2).
- Journel y Huijbregts (1978),Giuseppe Bernardo; Pinilla Rivera, Maribel; Gallego Navarro, Jaime (2017). Métodos gráficos de análisis exploratorio de datos espaciales con variables espacialmente distribuidas Cuadernos Latinoamericanos de Administración, vol. XIII, núm. 25, july-december, 2017, pp. 92-104Universidad El BosqueBogotá, Colombia.
- Journel, A. y Huijbregts, C. (1978). *Mining geostatistics*: Academic press.Keller, T. (2004). *Soil compaction and soil tillage-studies in agricultural soil mechanics* (Vol. 489).
- Kılıç, K., Özgöz, E. y Akbaş, F. (2004). Assessment of spatial variability in penetration resistance as related to some soil physical properties of two fluvents in Turkey. *Soil and Tillage Research*, 76(1), 1-11.
- Masiero, B., Arce, J. y Marelli, H. (1996). Variabilidad de la humedad del suelo,[Variability of soil moisture]. *Informe técnico*(120).
- Ovalles, F. y Núñez, M. (1993). Métodos estadísticos para evaluar la variabilidad de suelos dentro de unidades de capacidad de uso en la depresión del lago de Valencia. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Pérez y Carlota (2010-04) Serie:Revista CEPAL p. 123-145 Símbolo ONU:LC/G.2442-P Publicado en: Revista CEPAL No.100.
- Quintín, J. (2005). Elementos de la estadística y geoestadística. *Departamento de Informática. Universidad de Pinar del Río. Cuba.*

- Usowicz, B. y Lipiec, J. (2017). Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. *Soil and Tillage Research*, 174, 241-250.
- Vásquez, J. (2009). *Caracterización de la variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas en los suelos de la granja experimental de la Universidad del Magdalena*. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Webster, R. (2008). Soil science and geostatistics. *Soil geography and geostatistics- concepts and applications*. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 1-11.
- Webster, R. y Oliver, M. (1990). *Statistical methods in soil and land resource survey*: Oxford University Press (OUP).
- Webster, R. y Oliver, M. A. (1992). Sample adequately to estimate variograms of soil properties. *European Journal of Soil Science*, 43(1), 177-192.