



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Variabilidad espacial de la materia orgánica de suelos cultivados con *Ipomoea batatas* (L.) Lam.

Spatial variability of organic matter in soils cropped with *Ipomoea batatas* (L.) Lam.

Diana González-Aguiar^{1,2} , Ariany Colás-Sánchez² , Oralia Rodríguez-López² , Delia Luisa Álvarez-Vázquez³ , Sirley Gattorno-Muñoz² , Ahmed Chacón-Iznaga^{2,4} 

¹ Departamento de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830

² Centro de Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830

³ Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830

⁴ Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 17/05/2019
Aceptado: 12/03/2021

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

CORRESPONDENCIA

Diana González-Aguiar
digaguiar@uclv.cu
Ahmed Chacón-Iznaga
ahmedci@uclv.edu.cu



RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú, situada en la periferia norte del municipio Santa Clara, provincia Villa Clara. El objetivo fue caracterizar la variabilidad espacial de materia orgánica en áreas agrícolas cultivadas con boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam. cv. INIVIT B-2005), sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado. Estas muestras de suelo fueron colectadas en el año 2016 en dos niveles: 1) paisaje edáfico (diferentes áreas agrícolas) y 2) campos específicos. Las muestras de suelo se secaron al aire a temperatura ambiente hasta obtener peso constante y se les realizó el análisis químico convencional con el método de Walkley-Black para determinar el porcentaje de materia orgánica. Las concentraciones existentes en las áreas agrícolas se evaluaron mediante escala y su variabilidad espacial se comparó mediante el coeficiente de variación (CV) y la escala de Aweto. Los datos se procesaron con las funciones estadísticas incluidas en el Paquete de herramientas de análisis de Microsoft Excel 2007. Los resultados mostraron que la variabilidad espacial de la materia orgánica del suelo estuvo en el rango de bajo a moderado con coeficientes de variación de 22,52 a 30,55

% en el paisaje edáfico y de 19,13 a 37 % en los campos específicos analizados.

Palabras claves: análisis químico, cultivo, fertilidad del suelo

ABSTRACT

The research work was developed in the Agricultural Company “Valle del Yabú”, located at north of Santa Clara municipality, Villa Clara province. The objective was to characterize the spatial variability of organic matter in soils cropped with sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam. cv. INIVIT B-2005), on Cambisol soils. Soil samples were collected in 2016 at two levels: 1) landscape (different agricultural areas) and 2) specific fields. The soil samples were air-dried at room temperature until constant weight was obtained and the conventional chemical analysis was carried out with the Walkley-Black method to determine the percentage of organic matter. The existing concentrations in the agricultural areas were assessed with scale and its spatial variability was compared by means of the coefficient of variation (CV) and the Aweto scale. The data was processed with the statistical functions included in the Microsoft Excel 2007 Analysis Tools Pack. The results showed that the spatial variability of soil organic matter was in the low to moderate range with variation coefficients of 22.52 to 30.55 % in the edaphic landscape and from 19.13 to 37 % in the specific fields analyzed.

Keywords: chemical analysis, crop, soil fertility

INTRODUCCIÓN

El manejo por sitio específico es una de las principales aplicaciones de la agricultura de precisión y se basa en la optimización en el manejo de insumos, reduciendo el impacto ambiental y mejorando los balances económicos del sistema. Su implementación tiene en cuenta la variabilidad espacial de los parámetros de fertilidad del suelo (Castro-Franco *et al.*, 2015), como la materia orgánica (MO), presente dentro de un campo específico o en el paisaje edáfico que es un área con un conjunto común de tipos de suelo y atributos de paisaje, que se considera como el ecosistema total con el que se asocia un suelo en particular, con énfasis en el propio suelo. Podría ser utilizado en cualquier nivel de la clasificación del suelo. Esta propiedad determina el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos como el boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). Este cultivo, de gran importancia económica para el país, requiere suelos ricos en MO, con buen drenaje y aireación.

En Cuba, los suelos de las unidades de producción de cultivos varios con el transcurso de los años han sido influenciados por prácticas agrícolas como el monocultivo. Unido a esto, la no incorporación de residuos de cosechas, el uso de fertilizantes minerales para compensar el

aporte de nutrientes, el uso inadecuado de la maquinaria agrícola que incide directamente en la compactación e invierte el prisma del suelo y el riego excesivo en suelos con pendientes; han producido una fuerte declinación de sus niveles en el suelo. De acuerdo con Davis (1986) tales prácticas requieren la cuantificación de la variabilidad espacial del suelo en todo el campo.

El manejo de la fertilidad del suelo está basado en la adopción de prácticas que permitan potenciar y estimular la diversidad edáfica, un suministro equilibrado de nutrientes para evitar carencias y bloqueos, prácticas de manejo para mejorar la eficiencia de la dinámica del agua evitando su déficit y evitando la posible acumulación de sales y técnicas de gestión de la materia orgánica (González-Pérez *et al.*, 2011). El contenido de MO en suelos es uno de los parámetros de fertilidad del suelo de mayor interés debido a su papel en la estructura y a su reconocida influencia en la dinámica de solutos (Prieto-García *et al.*, 2014). La variabilidad espacial depende de la propiedad que se analice, siendo más variables las propiedades químicas que las físicas. Aquellas propiedades que más se afectan por el manejo del suelo serán las que presenten la mayor variabilidad (Córdoba *et al.*, 2016; Santiago-

Mejía *et al.*, 2018).

El objetivo de la investigación fue caracterizar la variabilidad espacial de MO en suelos Pardos mullidos medianamente lavados de áreas agrícolas cultivadas con boniato en la provincia Villa Clara, mediante el análisis de los resultados obtenidos por métodos químicos convencionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y colecta de muestras de suelo

La investigación se desarrolló en la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú, situada en la periferia norte del municipio Santa Clara, provincia Villa Clara. Esta unidad tiene como tarea fundamental la producción de cultivos varios. Se seleccionaron áreas agrícolas cultivadas con boniato (*I. batatas*) cv. INIVIT B-2005, sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado (Hernández *et al.*, 2015). En este cultivo se obtienen rendimientos muy bajos a nivel nacional, aun cuando es uno de los más consumidos, por lo que es necesario analizar aquellos factores que puedan incidir en estos resultados. Las muestras de suelo se colectaron en la unidad básica de producción cooperativa UBPC-3 Jesús Menéndez, y en las unidades estatales de base UEB Albarrán, UEB

Pirey, UEB Pararrayo (Figura 1).

Estas muestras de suelo fueron colectadas durante el año 2016 en dos niveles:

1. Diferentes áreas agrícolas (paisaje edáfico).
2. Dos campos específicos.

Las dimensiones de las diferentes áreas agrícolas que forman parte del paisaje edáfico, estaban en el rango de 0,86 a 1,85 ha. Se colectaron un total de 72 muestras de suelo en la UBPC-3 Jesús Menéndez y en las UEB de Pararrayo, Albarrán y Pirey (Tabla 1).

Tabla 1. Muestras de suelo colectadas en el paisaje edáfico (set de calibración)

Área agrícola	Dimensiones (ha)	No. muestras
Pararrayo	0,86	9
UBPC-3	1,64	18
Albarrán	1,72	21
Pirey	1,85	24
Total	6,07	72

Para este nivel se utilizó una barrena agroquímica, trazando una diagonal imaginaria que comienza y termina a 10 m de los bordes de cada área muestreada. Se tomaron 30 submuestras de la capa arable (0 - 20 cm) y con

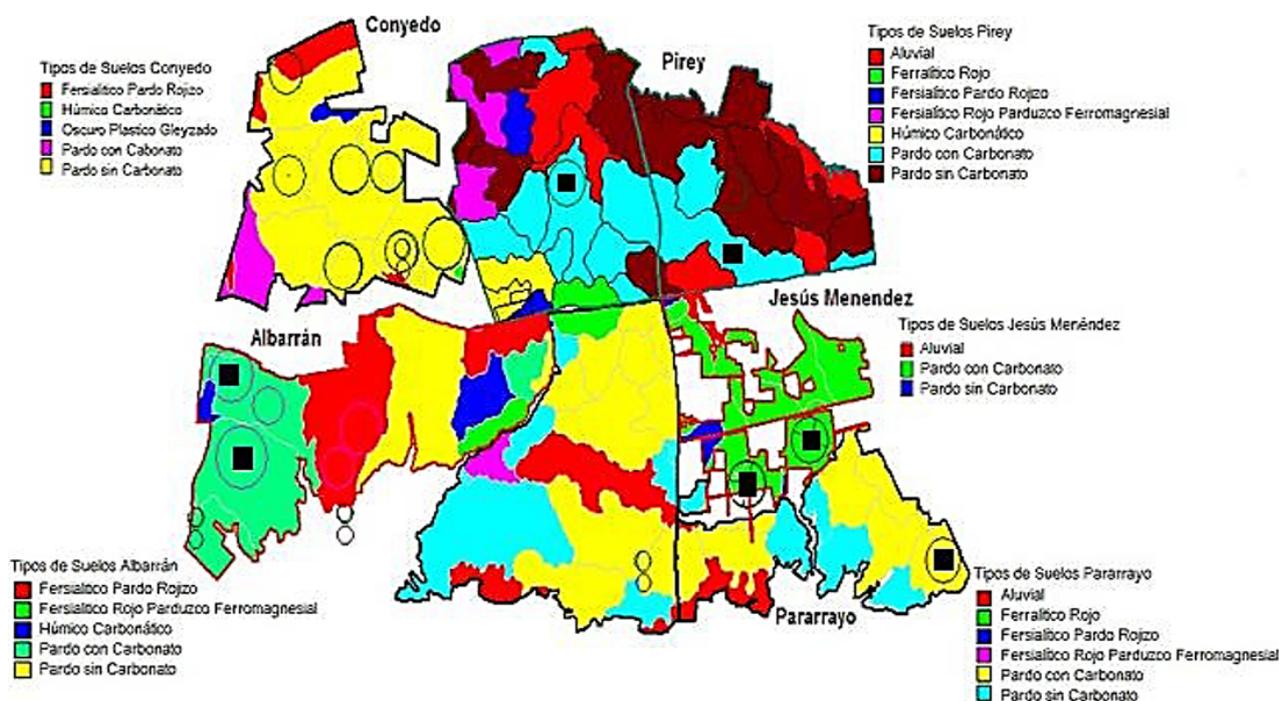


Figura 1. Distribución de las áreas agrícolas y los tipos de suelo en la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú

las mismas fueron conformadas muestras compuestas de 1 kg de suelo, hasta completar el número para cada una de estas áreas. Adicionalmente, en la misma profundidad de 0 - 20 cm, se tomaron 24 muestras de suelo en dos campos específicos, pertenecientes a la zona agrícola de Conyedo (desde el punto de vista administrativo la zona agrícola de Conyedo actualmente pertenece a la UEB Albarrán) y a la UEB Albarrán con un área de 0,72 y 0,80 ha respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Muestras de suelo colectadas en campos específicos (set de validación)

Área agrícola	Dimensiones (ha)	No. muestras
Conyedo	0,72	24
Albarrán	0,80	24

Se utilizó un esquema de muestreo aleatorio estratificado. Todas las muestras de suelo fueron envasadas en bolsas de nylon con capacidad de 1 kg que se etiquetaron y trasladaron hacia el cuarto de muestras del laboratorio de suelos y biofertilizantes, perteneciente al Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV).

Análisis químico convencional

Las muestras de suelo se secaron al aire a temperatura ambiente hasta obtener peso constante, se tamizaron con un tamiz de 0,5 mm, homogeneizaron y se les realizó el análisis químico convencional, con el método de Walkley-Black (1934) para determinar el porcentaje de materia orgánica.

En la Tabla 3 se resumen los rangos y niveles de materia orgánica del suelo utilizado en la investigación para evaluar las concentraciones existentes en las áreas agrícolas.

Tabla 3. Clasificación de los niveles de materia orgánica de suelo

Materia orgánica (%)	Nivel
<1,50	Muy Bajo
1,50 - 3,00	Bajo
3,10 - 5,00	Mediano
> 5,00	Alto

Fuente: López *et al.* (1981)

Análisis de la variabilidad espacial de la materia orgánica del suelo

Para comparar la variabilidad de la materia orgánica a lo largo del paisaje edáfico y dentro de un campo específico, se utilizó el coeficiente de variación (CV). Los resultados se clasificaron en las tres clases (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación de la variabilidad espacial del suelo

CV (%)	Nivel
<25	Baja
25 - 50	Moderada
50 - 100	Alta

Leyenda: CV- coeficiente de variación
Fuente: Aweto (1982)

Procesamiento de los datos

El rango, media, mediana, asimetría, curtosis, mínimo, máximo, desviación estándar, coeficiente de variación y los histogramas de frecuencia, se obtuvieron al procesar los datos con las funciones estadísticas incluidas en el Paquete de herramientas de análisis de Microsoft Excel 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variabilidad espacial de la materia orgánica del suelo en el paisaje edáfico

El análisis de los valores de media, mínimo y máximo y desviación estándar de la concentración de la materia orgánica del suelo en el paisaje edáfico de la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú, se presenta en la Tabla 5.

En todas las áreas se observaron medias entre 1,86 y 1,87 %, excepto en el área agrícola de Albarrán con 3,27 %. Para esta zona también se observaron los valores mínimos y máximos más altos con 2,70 % y 4,59 % respectivamente. Estos valores de materia orgánica clasifican en el rango de muy bajo a bajo en todas las áreas, excepto Albarrán que está en el rango de bajo a mediano.

La cantidad de materia orgánica en estos campos agrícolas es el resultado de la incorporación o la pérdida de la misma, a través de la descomposición y los resultados obtenidos coinciden con los reportados por López y Espinosa (1995) que expresan como el manejo basado en la media de la fertilidad ya no es

Tabla 5. Media, mínimo, máximo y desviación estándar de la materia orgánica del suelo en el paisaje edáfico

Área agrícola	Media	Min %	Max	DE	Clasificación del % MO
Pararrayo	1,87	1,15	2,66	0,48	Muy bajo - Bajo
UBPC-3	1,86	0,69	2,74	0,59	Muy bajo - Bajo
Albarrán	3,27	2,70	4,59	0,68	Bajo - Mediano
Pirey	1,85	0,86	2,74	0,42	Muy bajo - Bajo

Leyenda: Min- mínimo valor observado; Max- Máximo valor observado; DE- desviación estándar de los datos de referencia; MO- materia orgánica del suelo

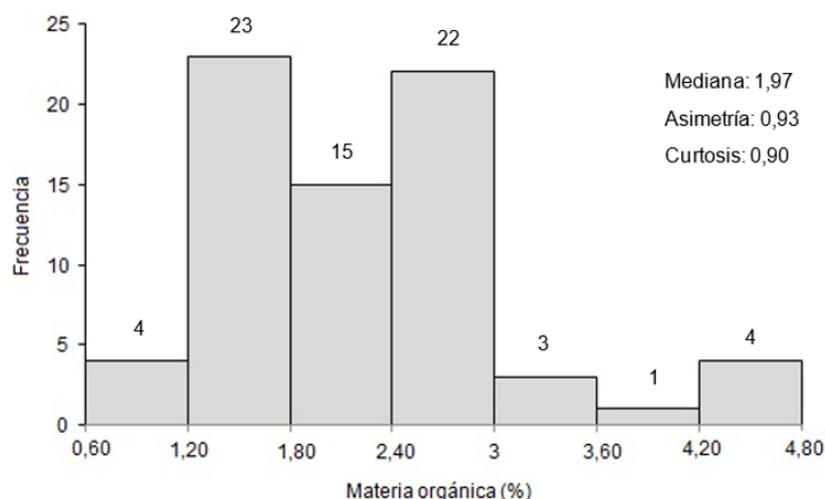
suficiente para mantener rendimientos altos sostenibles en una agricultura empresarial u otro tipo de agricultura de menor intensidad. Igualmente, es común observar una sobrefertilización de las áreas de bajos rendimientos, pero no son utilizados suficientes nutrimentos en las áreas de altos rendimientos. El continuar con el manejo basándose en la media de la fertilidad solamente incrementa la variabilidad y reduce la productividad del área agrícola. Cuando estas condiciones se hacen aparentes es necesario iniciarse con manejo por sitio específico.

El histograma de la materia orgánica del suelo con respecto al paisaje edáfico se muestra en la Figura 2. La frecuencia de distribución es bimodal con dos máximos locales en los intervalos de 1,20 a 1,80 % y de 2,40 a 3,00 %. Estos intervalos contienen, respectivamente, 23 y 22 muestras de suelo, que representan 31,94 % y 30,55 % del total analizado. Este histograma muestra coeficientes de curtosis y de asimetría

positivos con valores de 0,90 y de 0,93 respectivamente.

A la izquierda del primer máximo absoluto existen valores (4) que representan el 5,55 % del total y se clasifican de muy bajos, mientras que los que se ubican a la derecha del mismo (15) constituyen el 20,83 % del total de muestras analizadas y sus valores de 1,80 a 2,40 % se clasifican como bajos. A la derecha del segundo máximo absoluto se ubican ocho (8) muestras con valores entre 3 y 4,80 % que se clasifican como medianos y representan el 11,11 % del total.

Los coeficientes de variabilidad espacial (CV) para las áreas muestreadas en el paisaje edáfico se muestran en la Tabla 6. Desde los límites de CV utilizados en esta investigación, ambos parámetros tuvieron una variabilidad moderada ($25 < CV < 50$ %). Por otro lado, el CV más bajo se obtuvo en Albarrán (20,65 %) que al igual que las áreas del Pirey indica una baja variabilidad para este parámetro de fertilidad

**Figura 2.** Distribución de la frecuencia de la materia orgánica del suelo en el paisaje edáfico

del suelo.

Tabla 6. Variabilidad espacial de la materia orgánica del suelo en el paisaje edáfico

Área agrícola	CV (%)	Clasificación
Pararrayo	25,66	Moderada
UBPC-3	30,55	Moderada
Albarrán	20,65	Baja
Pirey	22,52	Baja

La variabilidad clasificada como moderada se debió probablemente a las prácticas de manejo de fertilizantes aplicadas a estas áreas. Estos resultados pudieran ser una motivación para incrementar el nivel de investigaciones relacionadas con el grado de variabilidad espacial de la materia orgánica en este paisaje edáfico. Lo anterior coincide con lo reportado por Guimarães - Couto *et al.* (1997) y Chacón - Iznaga *et al.* (2014). De acuerdo con Corwin *et al.* (2003) la variabilidad espacial influye en la medida y el número de muestras de suelos necesarias para caracterizar los parámetros de fertilidad del suelo de un área de interés. Sobre los aspectos más críticos del análisis de suelo, Adamchuk *et al.* (2004) y Tarqui (2018) enfatizan en la obtención de muestras representativas, colectadas a una distancia espacial apropiada, con una profundidad adecuada y durante una época conveniente.

Variabilidad espacial de la materia orgánica del suelo en campos específicos

En la Tabla 7 se muestran los estadísticos descriptivos de la concentración de materia orgánica de las muestras de suelo colectadas en dos campos específicos pertenecientes a la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú. En el área de Albarrán se observaron los valores mínimos

más altos con 2,62 %, mientras que los máximos más elevados correspondieron a Conyedo. Para ambos campos específicos estos valores de materia orgánica clasifican en el rango de bajo a mediano.

Los histogramas de distribución de frecuencia para las muestras de suelo colectadas en campos específicos muestran que, para el área agrícola de Conyedo se observa un máximo local correspondiente a una distribución de frecuencia de 18 muestras (75% del total en el intervalo de 2,60 a 3,20 %) cuyos valores se clasifican de bajos a medianos (Figura 3a). El mayor número de las muestras restantes se distribuyó hacia el lado derecho de este máximo local e incluyó un total de 4 muestras para un 16,67 % de todas las analizadas en este grupo, donde sus valores en el rango de 3,2 a 3,8 % se clasifican como medianos. Igualmente, a la izquierda de este máximo absoluto solo se distribuyeron dos muestras que equivalen al 8,33 %.

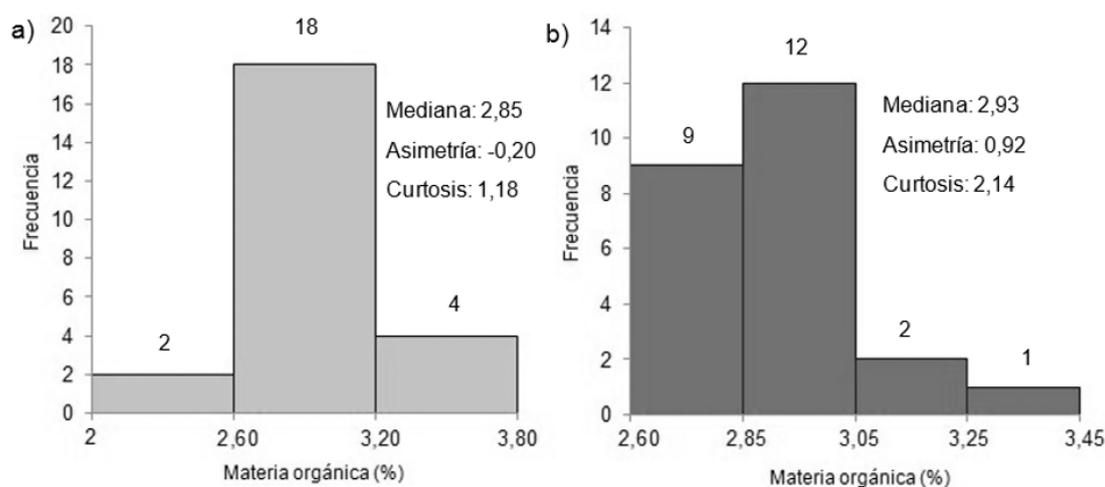
En el caso del histograma de frecuencia de las muestras colectadas en Albarrán (Figura 3b), de un total de 24 muestras de suelo, se obtuvo un máximo local de 12 en el intervalo de 2,85 a 3,05 %, lo que representa el 50 % del total. Estos valores se clasifican de bajos a medianos según la escala utilizada. Hacia la izquierda de este máximo, se distribuyeron la mayoría de las muestras restantes (37,5 %) con valores de 2,60 a 2,85 %, considerados bajos.

No obstante, estos resultados pueden haber estado influenciados por el efecto del manejo agrotécnico puesto en práctica en los sistemas de producción agrícola utilizados por la empresa para la producción de cultivos varios y que tienen una influencia directa en el contenido de materia orgánica del suelo. Entre estas prácticas de manejo se incluyen los patrones de mecanización de los sistemas

Tabla 7. Media, mínimo, máximo y desviación estándar de la materia orgánica del suelo en campos específicos

Campos específicos	Media	Min	Max	DE	Clasificación del % MO
	%				
Conyedo	2,87	2,08	3,55	0,48	Bajo - Mediano
Albarrán	2,91	2,62	3,44	0,59	Bajo - Mediano

Leyenda: **Min**- mínimo valor observado; **Max**- Máximo valor observado; **DE**- desviación estándar de los datos de referencia; **MO**- materia orgánica del suelo



Leyenda: a) Campo específico del área agrícola de Conyedo; b) Campo específico del área agrícola de Albarrán

Figura 3. Distribución de la frecuencia de la materia orgánica del suelo en campos específicos

agrícolas cubanos convencionales.

Las prácticas agrícolas con uso intensivo de maquinaria y el déficit en la aplicación de materia orgánica causan el deterioro de la estructura del suelo y aumentan la compactación. Específicamente, en el manejo de la fertilización del suelo, de acuerdo con los datos reportados por el Instituto de Suelos, el 69,6 % de los suelos son reportados con bajos contenidos de materia orgánica; mientras que el 43,3 % están erosionados en un rango que varía de fuerte a mediano. Esto causa limitaciones en la productividad agrícola, por lo que resulta importante adoptar alternativas agroecológicas para acometer de forma gradual acciones de manejo capaces de contribuir a minimizar estos efectos negativos sobre el suelo y brinden soluciones positivas a corto, mediano y largo plazo.

En la Tabla 8 se muestran los CV para los campos específicos muestreados. Los mayores valores se observaron en Conyedo mientras que el CV más bajo se obtuvo en Albarrán. Estos resultados implican una variabilidad espacial moderada y baja para estos campos respectivamente, de acuerdo a los criterios de clasificación utilizados. En correspondencia con los Whelan y Mcbratney (2000) y Rizo-Mustelier *et al.* (2017) el manejo por sitio específico de los cultivos tiene como objetivo el ajuste de prácticas agronómicas acordes a la variabilidad espacial y temporal de los factores que inciden en el rendimiento. Para ello es

necesario que la magnitud de dicha variabilidad sea suficiente para justificar un manejo diferenciado y que a su vez tenga una estructura espacial acorde a las posibilidades de manejo.

Tabla 8. Variabilidad espacial de la materia orgánica del suelo en campos específicos

Campos específicos	CV (%)	Clasificación
Conyedo	37,00	Moderada
Albarrán	19,13	Baja

CONCLUSIONES

La materia orgánica del suelo mostró una variabilidad espacial de baja a moderada con coeficientes de variación de 22,52 a 30,55 % en el paisaje edáfico y de 19,13 a 37 % en los campos específicos.

Se recomienda replicar esta investigación con la inclusión de otras propiedades químicas del suelo, en este y en otros tipos de suelos de importancia agrícola de la provincia de Villa Clara.

CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Diana González-Aguilar: Conceptualizó y formuló los objetivos generales de la investigación. Interpretación de los resultados del análisis estadístico y redactó el borrador del manuscrito.

Ariany Colás-Sánchez: Desarrolló y diseñó las metodologías seguidas en la ejecución del

experimento; participó en la creación de los modelos utilizados. Hizo la revisión crítica del borrador y recomendó modificaciones, supresiones y adiciones en el mismo.

Oralia Rodríguez-López: Responsable de la conservación de los datos y anotaciones tomadas en el transcurso de la investigación.

Delia Luisa Álvarez-Vázquez: Contribuyó en la aplicación de las técnicas estadísticas utilizadas para analizar o sintetizar los datos de estudio obtenidos.

Sirley Gattorno-Muñoz: contribuyó en la preparación, creación y presentación del trabajo publicado.

Ahmed Chacón-Iznaga: fue el responsable de escribir el manuscrito publicado, específicamente, la redacción del borrador (incluida la rectificación de los señalamientos realizados al mismo por los árbitros y Consejo Editorial. Tuvo la responsabilidad de supervisar y liderar la planificación y ejecución de las actividades de investigación, incluida la tutoría al equipo responsable de tomar los datos experimentales.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMCHUK, V. I., HUMMEL, J. W., MORGAN, M. T., UPADHYAYA, S. K. 2004. On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and electronics in agriculture*, 44(1): 71-91.

AWETO, A. O. 1982. Variability of upper slope soils developed under sandstones in Southwestern Nigeria. *Georg. J.*, 25: 27-37.

CASTRO FRANCO, M., COSTA, J. L., PERALTA, N., APARICIO, V. 2015. Prediction of Soil Properties at Farm Scale Using a Model-Based Soil Sampling Scheme and Random Forest. *Soil Sci.*, 180:1-12.

CHACON-IZNAGA, A., RODRIGUEZ-OROZCO, M., AGUILA-ALCANTARA, E., *et al.* 2014. Vis/NIR spectroscopic measurement

of selected soil fertility parameters of Cuban agricultural Cambisols. *Biosyst Eng.*, 125:105-121.

CÓRDOBA, M., BRUNO, C., COSTA, J., BALZARINI, M. 2016. Variabilidad espacial de suelo a escala de lote y su relación con los rendimientos. *RIA, Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(1), 47-53.

CORWIN, D. L., KAFFKA, S. R., HOPMANS, J. W., *et al.* 2003. Assessment and field-scale mapping of soil quality properties of a saline-sodic soil. *Geoderma*, 114(3-4): 231-259.

DAVIS, J. C. 1986. Statistics and data analysis in geology. Willey & Sons, New York, 244 p.

GONZÁLEZ-PÉREZ, J. A., GONZÁLEZ-VÁZQUEZ, R., ROSA ARRANZ, J. M., GONZÁLEZ-VILA, F. J. 2011. El fuego y la materia orgánica del suelo. En sitio web: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/49248/1/El%20fuego%20y%20la%20materia%20org%C3%A1nica%20del%20suelo.pdf>

GUIMARÃES - COUTO, E., STEIN, A., KLAMT, E. 1997. Large area spatial variability of soil chemical properties in central Brazil. *Agriculture, ecosystems & environment*, 66(2): 139-152.

HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, J., BOSCH, D., CASTRO, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 93 p.

LÓPEZ, G., FUENTES, E., VÁZQUEZ, H. 1981. Resumen sobre los elementos fundamentales que deben ser redactados en cada epígrafe del informe de suelos por municipio a escala 1/25000. La Habana, MINAG, Departamento de Suelos y Agroquímica, Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes.

LÓPEZ, M. A., ESPINOSA, M. J. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano. Corporación Bananera Nacional (CORBANA), Instituto de la Potasa y el Fósforo, 82 p.

- PRIETO-GARCÍA, F., PRIETO-MÉNDEZ, J., ACEVEDO-SANDOVAL, O. A. 2014. Variabilidad espacial de la materia orgánica en un suelo dedicado al cultivo de cebada maltera (*Hordeum distichum* L.). *Revista Facultad de Ingeniería*, 71(71): 141-152.
- RIZO-MUSTELIER, M., VUELTA-LORENZO, D. R., LORENZO-GARCÍA, A. M. 2017. Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*, (2): 106-120.
- SANTIAGO-MEJÍA, B. E., MARTÍNEZ-MENEZ, M. R., RUBIO-GRANADOS, E., *et al.* 2018. Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema lama-bordo en la Mixteca Alta de Oaxaca, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(2), 275-288.
- TARQUI, C. E. C. 2018. Modelación espacial para la evaluación de la fertilidad del suelo, Estación Experimental Sapecho. *Apthapi*, 4(2), 1244-1249.
- WALKLEY, A., BLACK, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1): 29-38.
- WHELAN, B. M., MCBRATNEY, A. B. 2000. The “null hypothesis” of precision agriculture management. *Precision Agriculture*, 2(3): 265-279.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.