

Factores edáficos que intervienen en la disponibilidad de microelementos en Vertisoles plantados con caña de azúcar



<https://cu-id.com/2177/v33n2e01>

Edaphic factors that involved in the availability of microelements in Vertisols planted with sugarcane

[✉]Yakelin Cobo Vidal^{1*}, [✉]Elio Angarica Baró^{II}, [✉]George Martín Gutiérrez^I,
[✉]Adrián Serrano Gutiérrez^I, [✉]Juan Alejandro Villazón Gómez^{III}, [✉]Alegna Rodríguez Fajard^{II}

^IInstituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Holguín, Cuba.

^{II}Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba.

^{III}Universidad de Holguín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede José de la Luz y Caballero, Holguín, Cuba.

RESUMEN: El estudio se realizó con el objetivo de evaluar la influencia de los factores limitativos de la producción: profundidad efectiva, pendiente, erosión, textura, drenaje y salinidad sobre la disponibilidad de los microelementos Mn, Fe, Co, Ni, Cu y Zn en Vertisoles plantados con caña de azúcar de la Región Oriental de Cuba. Se obtuvieron por muestreo aleatorio estratificado 262 muestras de suelos. Las formas disponibles de microelementos se determinaron con la solución ácido dietilentriaminopentacético por el método de absorción atómica. Para explicar la relación entre ambos conjuntos de variables se empleó el Análisis de Correlación Canónica. Los resultados mostraron una fuerte correlación entre los factores limitativos drenaje, salinidad, pendiente, profundidad efectiva, textura y la disponibilidad de Co, Ni y Zn. Se recomienda realizar prácticas agronómicas adecuadas que mejoren la fertilidad física y favorezcan el desplazamiento de los microelementos hacia las formas disponibles en Vertisoles.

Palabras clave: nutrimentos, fertilidad física, fertilidad química.

ABSTRACT: The objective of this study was evaluate the influence of the limiting factors of production: effective depth, slope, erosion, texture, drainage and salinity on the availability of Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn in Vertisols planted with sugarcane from the Region of Cuba. A total of 262 soil samples were obtained by stratified random sampling. The available forms of microelements were determined with the diethylenetriaminepentacetic acid solution by the atomic absorption method. To explain the relationship between both sets of variables was used the Canonical Correlation Analysis. The results showed a strong correlation between the limiting factors drainage, salinity, slope, effective depth and texture and the availability of Co, Ni and Zn. It recommended appropriate agronomic practices that improve physical fertility and that favor the displacement towards the available forms of the microelements in Vertisols.

Keywords: Nutriments, Physical Fertility, Chemical Fertility.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema vivo y dinámico que funciona a través de un equilibrio único en interacción de sus componentes físicos, químicos y biológicos (Moreno *et al.*, 2015). Su fertilidad es un factor importante en la nutrición mineral de los cultivos por lo que es esencial su entendimiento para brindar un mejor manejo de su nutrición (Garbanzo *et al.*, 2017).

Los Vertisoles son representativos de la Región Oriental de Cuba, abarcan importantes áreas en las

provincias Granma y Holguín y son usados intensivamente para la producción de caña de azúcar. Las principales características y propiedades han sido descritas por Hernández *et al.* (2014); Marín *et al.* (2015); Cid *et al.* (2016), donde se destacan las grandes limitaciones físicas e hidrofísicas a pesar de su buena fertilidad química.

La pérdida de la fertilidad física se asocia con los factores limitativos de la producción. Al respecto, Herrera-Puebla *et al.* (2011) detectaron que las provincias Camagüey, Las Tunas, Holguín y Granma

*Autor para correspondencia: Yakelin Cobo Vidal, e-mail: yakelin.cobo@inicahl.azcuba.cu

Recibido: 15/12/2023

Aceptado: 13/03/2024

La pérdida de la fertilidad física se asocia con los factores limitativos de la producción. Al respecto, [Herrera-Puebla et al. \(2011\)](#) detectaron que las provincias Camagüey, Las Tunas, Holguín y Granma poseen más de 50% del área agrícola afectadas por mal drenaje y en esta última presenta más del 45 % en condiciones de salinidad. [Álvarez y Rimski \(2016\)](#) determinaron que la disminución de la profundidad efectiva se corresponde con menos disponibilidad de agua y nutrimentos. Por otro lado, la baja tasa de infiltración y condiciones de drenaje deficiente se asocian con la salinización por el uso de agua de mala calidad sin drenaje en lugares bajos con manto freático salino y próximo a la superficie [Cid et al. \(2016\)](#); [Guida et al. \(2017\)](#).

Los microelementos son parte de la nutrición vegetal y su contenido en los suelos está en equilibrio con los macros, pues se originan en el mismo proceso de la meteorización de la roca, son esenciales para las plantas y realizan funciones no reemplazables. Su disponibilidad en el suelo obedece a los cambios en las propiedades químicas, físico-químicas y a las variaciones de los factores edáficos limitativos en el escenario suelo-paisaje de que se trate.

Los estudios sobre disponibilidad de microelementos más completos en Vertisoles fueron realizados por [Falóh \(1981\)](#) en Camagüey y [Companioni \(1981\)](#) en suelos cañeros de Cuba, sin embargo, en estos no se aborda la temática de la predicción del comportamiento de los microelementos disponibles a partir de la variación de los factores edáficos limitativos de la producción.

Por lo anterior expuesto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de los factores limitativos de la producción sobre la disponibilidad de microelementos en Vertisoles plantados con caña de azúcar de la Región Oriental de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en Vertisoles plantados con caña de azúcar de la Región Oriental de Cuba según [Hernández et al. \(1999; 2015\)](#), que comprende las provincias Camagüey, Las Tunas, Holguín, Granma y Santiago de Cuba que representan el 44,7 % de la zona de estudio. Las muestras de suelo fueron tomadas en el horizonte superficial (0 - 20 cm) mediante un muestreo aleatorio estratificado, el agrupamiento de suelo estableció la zona homogénea y el número de muestras se determinó mediante el procedimiento propuesto por [Hernández \(2003\)](#). Se tomó un total de 262 muestras georreferenciadas, formada por 30 sub-muestras que conformaron una muestra de un kg de suelo por Unidad Mínima de Manejo (campo), según la metodología de [Villegas et al. \(2007\)](#).

Los análisis químicos y físico-químicos se realizaron en los laboratorios de la red del Instituto de

Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Las muestras fueron secadas al aire, trituradas, tamizadas en malla de 1 mm y alistadas para análisis. Las variables analizadas fueron: pH (H₂O) y pH (KCl) [NC- 2001-2015 \(2015\)](#) y la materia orgánica del suelo (MOS) [NC- 51- 1999 \(1999\)](#). Los análisis de Mn, Fe, Co, Ni, Cu y Zn disponibles se determinaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) en un Espectrómetro Marca SOLAAR 929 de UNICAM GB, perteneciente a la Unidad de Proyectos Laboratorio del Centro de Investigaciones y Desarrollo de Níquel (CEDINIQ-Moa). Las muestras fueron tamizadas en malla de 0,5 mm y alistadas para análisis. Para la extracción de los microelementos disponibles se empleó la solución de 0,005M ácido dietilentriaminopentacético (DTPA) + 0,1M de trietanolamina (TEA) + 0,01 M de CaCl₂ según la norma [ISO 14870: 2001 \(2001\)](#).

La evaluación de los factores limitativos: textura, pendiente, drenaje, erosión y salinidad se determinó a partir de la información según las Normas Metodológicas para Estudios de Suelos y Manejo Integral de la Caña de Azúcar ([INICA-Cuba, 2003](#)). La profundidad efectiva se evaluó de acuerdo con las categorías propuestas por [Arzola-Pina y Machado de Armas \(2015\)](#). La caracterización de las condiciones fisiográficas y la magnitud e intensidad de los factores limitantes en la superficie agrícola fueron evaluadas en el mapa de suelos del MINAG 1:25.000. ([Instituto de Suelos, 1975](#)).

La normalidad se comprobó con la prueba W de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de la varianza, con la prueba de Bartlett. La estadística descriptiva se usó para medir los atributos de la población. El coeficiente de variación (CV) se estimó según criterios de [Nielsen et al., 1986](#) donde valores < a 12 %, 12 - 60 % y > a 60 % son considerados de baja, media y alta variabilidad, respectivamente. La relación entre los factores limitativos de la producción y los contenidos de microelementos disponibles se determinó mediante el análisis de correlación canónica (ACC) ([Gauch Jr y Wentworth, 1976](#)). El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el software STATISTICA versión 8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la [Tabla 1](#) se presenta el estado de la fertilidad de los Vertisoles en la zona de estudio. En el horizonte superficial se encontraron valores de pH que oscilaron entre neutro y medianamente alcalino. Estos resultados concuerdan con los de [Villegas et al. \(2015\)](#) que reportan 65 % de las muestras provenientes de la base de datos nacional del SERFE entre neutras y alcalinas. El contenido de MOS mostró un nivel de abastecimiento medio, debido al equilibrio que se establece en zonas de monocultivo con caña de azúcar por más de 60 años, de acuerdo con [Socarrás et al.](#)

TABLA 1. Propiedades químicas y físico-químicas en el horizonte superficial (0 - 20 cm)

Variable	Unidad	Med.	Mín.	Máx.	DS	CV (%)
pH _{H₂O}	-log[H ⁺]	7,64	6,00	8,20	0,46	7,32
pH _{KCl}		6,80	5,10	7,32	0,49	6,14
MOS	%	2,67	1,62	4,00	0,56	20,13
Mn _{-DTPA}	mg kg ⁻¹	25,95	0,89	184,45	42,17	99,84
Fe _{-DTPA}		8,81	1,56	45,70	8,62	73,21
Co _{-DTPA}		0,43	0,06	1,52	0,32	64,91
Ni _{-DTPA}		2,58	0,18	9,05	2,06	65,59
Cu _{-DTPA}		2,79	0,08	14,41	2,39	65,86
Zn _{-DTPA}		0,65	0,18	4,53	0,68	77,63

Med. mediana; Mín. mínimo; Máx. máximo; DS. desviación estándar; CV. coeficiente de variación

(2019) en suelos trabajados intensivamente y [Marín et al. \(2015\)](#) cuando estudió los suelos de mal drenaje de Cuba.

La distribución de microelementos disponibles en el horizonte superficial evidenció alta variabilidad en todos los elementos, influenciados por las propiedades hidrofísicas desfavorables, la variación estacional de las propiedades químicas y los procesos de oxidación-reducción en un ambiente de humedad alternante, característico de los Vertisoles. Los análisis en superficie mostraron que el orden de abundancia de los microelementos fue Mn > Fe > Cu > Ni > Zn > Co.

En la [Tabla 2](#) se presenta la caracterización de las condiciones fisiográficas y la magnitud e intensidad con que se manifiestan los factores limitativos en la superficie agrícola según el Mapa de suelo 1:25 000 del MINAG ([Instituto de Suelos, 1975](#)). El escenario evaluativo donde se desarrolla la caña de azúcar sobre Vertisoles describe que la profundidad efectiva varió desde poco a medianamente profundo. Predominó la pendiente desde plano a ondulado que

propició una erosión entre leve a moderada. Prevalció una textura arcillosa con vestigios arcillo limosa, presencia de minerales esmécticos que condicionó un drenaje desde imperfecto a pobremente drenado y algunas áreas con rasgos débilmente salino.

Los resultados del Análisis de Correlación Canónica (ACC) que se exponen en la [Tabla 3](#) mostraron las correlaciones canónicas en dos ejes con altos valores de significación (0,87 y 0,79) y una baja expresión del Willk Lamda (0,04 y 0,18) que significa una mayor precisión de la relación entre las variables canónicas correlacionadas (U y V)

En Vertisuelos, los factores de mayor contribución a la varianza total en el primer eje estuvieron representados por el Ni y Co (U₁) influenciados por la salinidad, pendiente, profundidad efectiva y textura (V₁). En el segundo eje, se confirmó el drenaje, la pendiente y la salinidad (V₂) como limitativos de la producción que afectaron la disponibilidad de Zn (U₂) ([Tabla 4](#)).

Si bien una mayor profundidad efectiva favorece la concentración de microelementos disponibles, las

TABLA 2. Comportamiento de los factores edáficos limitativos en el horizonte superficial

Profundidad Efectiva			Pendiente			Erosión		
Categoría	#	%	Categoría	#	%	Categoría	#	%
Poco Profundo	60	22,90	Plano	162	61,83	Leve	149	56,87
Media. Prof.	202	77,10	Ondulado	100	38,17	Poca o moderada	113	43,13
Textura			Drenaje			Salinidad		
Categoría	#	%	Categoría	#	%	Categoría	#	%
Arcilla	216	82,44	Media. Bien Drenado	31	11,83	No Salino	184	70,23
Arcillo Limoso	46	17,56	Imperfect. Drenado	167	63,74	Débilm. Salino	78	29,77
-----	----	----	Pobrem. Drenado	64	24,43	-----	----	----

Media. Prof.: Medianamente Profundo, Media. Bien Drenado: Medianamente Bien Drenado, Imperfect. Drenado: Imperfectamente Drenado, Pobrem. Drenado: Pobremente Drenado, Débilm. Drenado: Débilmente Drenado.

TABLA 3. Análisis de correlaciones canónicas para los factores edáficos limitativos y microelementos disponibles

Valor del eje	Correlación Canónica	Wilks Lambda	Chi Cuadrada	gl	p
1	0,752	0,04	125,71	36	0,0000
2	0,617	0,18	69,22	25	0,0000

TABLA 4. Coeficientes de correlaciones canónicas obtenidas los conjuntos de variables canónicas

Primera combinación de variables				Segunda combinación de variables			
U ₁		V ₁		U ₂		V ₂	
Ni	-0.9791	Prof. efectiva	-0.4583	Ni	0.1108	Prof. efectiva	0.0704
Co	1.0192	Pendiente	-0.5030	Co	-0.3969	Pendiente	-0.5158
Fe	0.2551	Salinidad	-1.0259	Fe	-0.2194	Salinidad	0.4132
Mn	0.1980	Erosión	0.0937	Mn	0.3753	Erosión	0.2439
Zn	-0.2272	Textura	0.4667	Zn	-0.6570	Textura	-0.0488
Cu	0.3992	Drenaje	0.0342	Cu	0.2544	Drenaje	-0.7339

U= Conjunto Microelementos disponibles, V= Conjunto Factores Limitativos, Prof. Efectiva= Profundidad efectiva, Resaltadas las variables de mayor contribución en cada correlación canónica.

condiciones de pendientes relativamente llanas promueven el drenaje deficiente que causan la salinización en los Vertisuelos. Al respecto, [Guida et al. \(2017\)](#) manifestaron que la salinidad se asocia generalmente con la presencia del manto freático mineralizado, cercano a la superficie, relacionados con los problemas de mal drenaje.

En la segunda combinación de variables canónicas el comportamiento del drenaje, pendiente y salinidad asociados a las relaciones agua-suelo y la geomorfología, impactan negativamente en la disponibilidad de Zn. En la opinión de [Herrera et al. \(2011\)](#); [Marín et al. \(2015\)](#); [Cid et al. \(2016\)](#), la alta distribución de los Vertisuelos en el Valle del Cauto y en toda la Región Oriental, excepto Guantánamo, con muchas de las áreas afectadas por mal drenaje y salinidad, necesitan del beneficio del drenaje superficial, para lograr una rápida evacuación del agua en función de la demanda del cultivo, según el suelo, el clima y la topografía.

La dispersión entre los factores edáficos limitativos y los microelementos disponibles ([Figura 1](#)) se ajustó a una ecuación de regresión lineal, con un alto coeficiente de correlación canónica ($r = 0,87$) y un coeficiente de determinación $R^2 = 0,75$ por lo que se puede inferir que el 75% de la variación de los microelementos disponibles en los Vertisoles es explicado por la intensidad con que se manifiestan los factores limitativos de la producción considerados en este estudio.

Las propiedades físicas y químicas de los Vertisuelos pueden ser mejoradas o modificadas con oportunas medidas de manejo agronómico según [Torres et al. \(2016\)](#). Para ello se propone realizar labores de preparación de suelo acorde a la profundidad efectiva, priorizando la no inversión del prisma para evitar la incorporación de carbonatos a la superficie y así evitar la adsorción del Cu y Zn por los mismos. Utilizar sistemas de riego y drenaje ingeniero superficial y sub-superficial que favorezca el equilibrio de los procesos oxidación- reducción y mantenga la estabilidad de las formas disponibles de Fe y Mn. Mantener constante vigilancia sobre la calidad del agua de riego y los niveles del manto

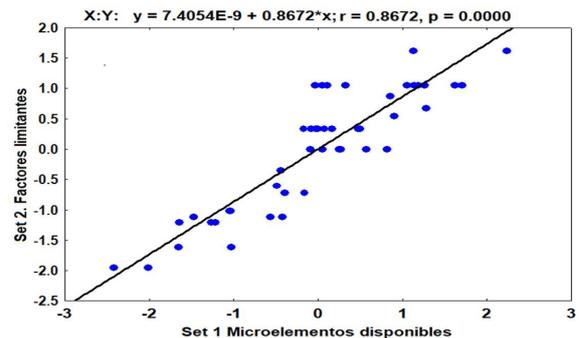


FIGURA 1. Gráfico de dispersión entre los microelementos disponibles y los factores edáficos limitativos de la producción del agrupamiento Vertisol.

freático para evitar el ascenso de sales a los horizontes de mayor predominio de las raíces.

Se considera manejar eficientemente la cobertura de residuos para incrementar la mineralización anual de la MOS que permita ceder en formas disponibles gran parte del Cu y Zn absorbido. Aplicar de forma alternativa biofertilizantes o inoculantes de origen microbianos y explotar su capacidad de movilizar nutrientes con un mínimo de recursos no renovables, acompañados de las aplicaciones racional de bioestimulantes. Establecer investigaciones integrales en los Vertisoles, que favorezcan el desplazamiento de los microelementos hacia las formas disponibles, teniendo en cuenta que no existen sistemas de fertilización a base de estos nutrimentos establecidos en caña de azúcar.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que existe una fuerte correlación entre los factores limitativos drenaje, salinidad, pendiente, profundidad efectiva y textura y la disponibilidad de Co, Ni y Zn en Vertisoles. Se recomienda aplicar prácticas agronómicas adecuadas que mejoren la fertilidad física y que favorezcan el desplazamiento hacia las formas disponibles de los microelementos en los Vertisoles.

AGRADECIMIENTOS

El colectivo de autores agradece toda la colaboración brindada por el equipo de analistas de los Laboratorios Territoriales del INICA y del Centro de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ-Moa) para el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, C.R.; RIMSKI, K.H.: *Limitativas físicas de los suelos*, Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires, Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánico ed., Argentina, 167 p., 2016.
- ARZOLA-PINA, N.C.; MACHADO DE ARMAS, J.: “La aptitud de los suelos para la producción de caña de azúcar. Parte I. Calibración en condiciones experimentales y de producción.”, *Revista Centro Agrícola*, 42(2): 33-38, 2015, ISSN: 0253-5785, ISSN: 2072-2001.
- CID, L.G.; HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.; GONZÁLEZ, R.F.: “Resultados de algunas investigaciones en suelos Vérticos de Cuba”, *Ingeniería Agrícola*, 6(2): 51-56, 2016, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- COMPANIONI, N.: *Formas de los compuestos de los microelementos de la República de Cuba donde se cultiva la caña de azúcar*, Academia de Ciencias Agrícolas, V. I. Lenin, Tesis Doctoral en Ciencias Agrícolas, URSS, 198 p., 1981.
- FALÓH, R.: *Importancia pedológica y agroquímica de los contenidos, distribución y formas del Fe, Mn, Zn y Cu en los suelos típicos de Camagüey*, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana (ISCAH), Tesis Doctoral en Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba, 189 p., 1981.
- GARBANZO-LEÓN, G.; ALEMÁN-MONTES, B.; ALVARADO-HERNÁNDEZ, A.; ARAUJO DO NASCIMENTO, C.: “Validación de modelos geoestadísticos y convencionales en la determinación de la variación espacial de la fertilidad de suelos del Pacífico Sur de Costa Rica”, *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2017(93): 20-41, 2017, ISSN: 0188-4611, DOI: [10.14350/rig.54706](https://doi.org/10.14350/rig.54706)
- GAUCH JR, H.G.; WENTWORTH, T.R.: “Canonical correlation analysis as an ordination technique”, *Vegetatio*, 33(1): 17-22, 1976, ISSN: 0042-3106. DOI: [10.1007/BF00055295](https://doi.org/10.1007/BF00055295)
- GUIDA-JOHNSON, B.; ABRAHAM, E.M.; CONY, M.A.: “Salinización del suelo en tierras secas irrigadas: perspectivas de restauración en Cuyo, Argentina”, *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(1): 205-215, 2017, ISSN: 1853-8665.
- HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.; BOSCH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.; RUIZ, J.; JAIME, E.: “Clasificación genética de los suelos de Cuba”, *Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. Ciudad de La Habana, Cuba*, 1999.
- HERNÁNDEZ, J.; PÉREZ, J.; BOSCH, I.; CASTRO, S.: *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, Inst. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ISBN 978-959-7023-77-7), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 91 p., 2015.
- HERNÁNDEZ, S.R.: *Metodología de la Investigación*, Ed. Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, 474 p., 2003.
- HERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A.; LLANES-HERNÁNDEZ, V.; LÓPEZ-PÉREZ, D.; RODRÍGUEZ-CABELLO, J.: “Características de vertisoles en áreas periféricas de La Habana”, *Cultivos Tropicales*, 35(4): 68-74, 2014, ISSN: 0258-5936.
- HERRERA-PUEBLA, J.; PUJOL-ORTIZ, R.; CIDLAZO, G.; MÉNDEZ, M.; ALARCÓN, R.: “Problemas del drenaje agrícola en Cuba”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(1): 21-32, 2011, ISSN: 2306-1545.
- INICA-CUBA: *Normas metodológicas para el Estudio de Suelos y el Manejo Integral de la Caña de Azúcar*, Ed. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba, 2003.
- INSTITUTO DE SUELOS: *Clasificación genética de los suelos de Cuba*, Inst. Instituto de Suelos, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, Cuba, 28 p., 1975.
- ISO 14870: 2001: *Calidad de suelo-Extracción de oligoelementos mediante solución tamponada de DTPA*, Inst. Oficina Nacional de Normalización, norma ISO, La Habana, Cuba, Vig de 2001.
- MARÍN, M.R.; ARCIA, P.J.; VILLEGAS, D.R.; CHINE, H.A.; PÉREZ, E.: “Criterios básicos para el agrupamiento de suelos de mal drenaje cultivados con caña de azúcar”, En: *Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo 2015*, La Habana, Cuba, 2015, ISBN: 978-959-296-039-8.
- MORENO, C.; GONZÁLEZ, M.I.; EGIDO, J.A.: “Influencia del manejo sobre la calidad del suelo”, *Ecuador es calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, 2(1): 33-40, 2015, ISSN: 2528-7850. DOI: [10.36331/revista.v2i1.8](https://doi.org/10.36331/revista.v2i1.8)
- NC- 51- 1999: *Calidad del suelo- Determinación del porcentaje de materia orgánica*, Inst. Oficina Nacional de Normalización, norma cubana, La Habana, Cuba, 9 p., Vig de 1999.

- NC- 2001-2015: *Calidad del suelo- Determinación de pH.*, Inst. Oficina Nacional de Normalización, norma cubana, La Habana, Cuba, 7 p., Vig de 2015.
- NIELSEN, D.; WARRICK, A.; MYERS, D.: “Geostatistical methods applied to soil science”, *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, 5: 53-82, 1986. DOI: [10.2136/sssabookser5.1.2ed.c3](https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c3)
- SOCARRÁS-ARMENTEROS, Y.; HERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A.; TERRY-ALFONSO, E.; GONZÁLEZ-CAÑIZARES, P.J.; SÁNCHEZ-IZNAGA, A.; DELGADO-CABRERA, O.: “Cambios en las propiedades morfológicas de suelos pardos sialíticos sometidos a diferentes manejos agrícolas en Cuba”, *Idesia (Arica)*, 37(3): 47-53, 2019, ISSN: 0718-3429. DOI: [10.4067/S0718-34292019000300047](https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000300047)
- TORRES-GUERRERO, C.A.; GUTIÉRREZ-CASTORENA, M. del C.; ORTIZ-SOLORIO, C.A.; GUTIÉRREZ-CASTORENA, E.V.: “Manejo agronómico de los Vertisoles en México: una revisión”, *Terra Latinoamericana*, 34(4): 457-466, 2016, ISSN: 0187-5779.
- VILLEGAS, R.; DE LEÓN, M.; CAMPOS, J.; FERNÁNDEZ, A.; MENÉNDEZ, A.; CABRERA, A.; PÉREZ, M.: *Manual de procedimientos del SERFE*, Ed. Publicita, INICA-MINAZ, La Habana, Cuba, 44 p., 2007.
- VILLEGAS, R.; MACHADO, I.; VIÑAS, Y.; CAMPOS, J.: “Análisis del comportamiento del pH, Fósforo y Potasio en las áreas bajo el control del Servicio de Fertilizantes y Enmiendas en Caña de Azúcar en Cuba”, En: *Memorias del Congreso de Suelos 2015*, La Habana, Cuba, 2015, ISBN: 978-959-296-039-8.

Yakelin Cobo-Vidal, Dr.C., Investigadora Auxiliar, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Holguín, Guaro s/n carretera a Mayarí, Holguín, Cuba, teléf.: 24 596262, e-mail: yakelin.cobo@inicahl.azcuba.cu

Elio Angarica-Baró, Dr.C., Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Santiago de Cuba, Los Coquito, Palma Soriano, Santiago de Cuba. Cuba. teléf.: 2250 2254, e-mail: elio.angarica@inicasc.azcuba.cu

George Martín-Gutiérrez, Ing., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín, Guaro s/n carretera a Mayarí, Holguín, Cuba, teléf.: 2459 6262. e-mail: george.martin@inicahl.azcuba.cu

Adrián Serrano-Gutiérrez, MSc., Investigador Agregado, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Holguín, Guaro s/n carretera a Mayarí, Holguín. Cuba, teléf.: 24 596262, e-mail: adrian.serrano@inicahl.azcuba.cu

Juan Alejandro Villazón-Gómez, MSc., Profesor Auxiliar, Universidad de Holguín, Sede José de la Luz y Caballero, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Holguín, Cuba, Teléf.: 24 481221, e-mail: villazon@uho.edu.cu

Alegna Rodríguez-Fajardo, MSc., Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba, e-mail: alegna.rodriguez@inicasc.azcuba.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR: **Conceptualización:** Yakelin Cobo-Vidal. **Análisis formal:** Yakelin Cobo-Vidal, George Martín-Gutiérrez, Elio Angarica-Baró. **Investigación:** Yakelin Cobo-Vidal, George Martín-Gutiérrez, Elio Angarica-Baró., Juan Alejandro Villazón-Gómez, Adrián Serrano-Gutiérrez, Alegna Rodríguez-Fajardo. **Metodología:** Yakelin Cobo-Vidal. **Supervisión:** Yakelin Cobo-Vidal, George Martín-Gutiérrez, Juan Alejandro Villazón-Gómez. **Redacción-borrador original:** Yakelin Cobo-Vidal, Alegna Rodríguez-Fajardo, George Martín-Gutiérrez. **Redacción-revisión y edición:** Yakelin Cobo-Vidal, Juan Alejandro Villazón-Gómez, Elio Angarica-Baró.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)