

INTERVENCIÓN DE LAS PROPIEDADES EDÁFICAS EN LA DISPONIBILIDAD DE MICROELEMENTOS EN SUELOS AGRÍCOLAS

INTERVENTION OF THE EDAPHIC PROPERTIES IN THE AVAILABILITY OF MICROELEMENTS IN AGRICULTURAL SOILS

Yakelin Cobo Vidal¹, Elio Angarica Baró², George Martín Gutiérrez¹, Adrián Serrano Gutiérrez¹, Yaniel Fuentes Acosta¹, Yunior Rodríguez Ortiz¹, Silvino Anache Casael¹, Alegna Rodríguez Fajardo², Carlos Espinosa Sánchez³ y Yaismari García Ricardo¹

1 Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar INICA - Holguín

2 Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar INICA- Santiago de Cuba

3 Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar INICA - Granma

email: yakelin.cobo@inicahl.azcuba.cu

Resumen

El efecto de algunos factores edáficos como el pH, la materia orgánica del suelo (MOS), los efectos sinérgicos y antagónicos pueden en ocasiones limitar la disponibilidad de microelementos en áreas agrícolas de la Región Oriental de Cuba. El objetivo del trabajo fue definir las propiedades químicas que inciden en la disponibilidad de microelementos en suelos Pardos y Vertisoles de la Región Oriental de Cuba. En muestras de suelo se determinaron los contenidos de Mn, Fe, Co, Ni, Cu y Zn pseudo-totales y disponibles por Espectrofotometría de Absorción Atómica, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , materia orgánica del suelo (MOS), bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) y capacidad de cambio de base (CCB) se realizaron según el Manual de Procedimientos para los Laboratorios de Suelo y las relaciones entre variables se explicaron por métodos multivariados. Los resultados mostraron bajos coeficientes de correlación entre pH, MOS, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ y CCB con los microelementos en suelos Pardos. En los Vertisuelos solo resultaron positivas y significativas las correlaciones entre Co, Fe y Zn pseudo-totales con Ca^{2+} , K^+ y la CCB. Las ecuaciones de regresión de las variables dependientes Mn, Ni y Zn en suelos Pardos, así como Fe y Zn en Vertisuelos presentaron bajos coeficientes de determinación. Se observó una limitada capacidad de predicción del pH, MOS y CCB con los microelementos disponibles a partir de los coeficientes de correlación. La disponibilidad se explica fundamentalmente por las relaciones entre las formas pseudo-totales y disponibles.

Palabras clave: microelementos, propiedades químicas, regresión múltiple

Abstract

The effect of some edaphic factors such as pH, soil organic matter (SOM), synergistic and antagonistic effects can sometimes limit the availability of microelements in agricultural areas. The objective of work was defining the chemical properties that affect the availability of microelements

in Brown soils and Vertisols of the Eastern Region of Cuba. In soil samples, were determined the pseudo-total and available Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn contents by Atomic Absorption Spectrophotometry (EAA). The $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , soil organic matter (SOM), exchangeable bases. (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) and base change capacity (CCB) were carried out according to the Soil Laboratory Procedures Manual. The relationships between variables were explained by multivariate methods. The results showed low correlation coefficients between microelements with pH, SOM, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ and CCB in Brown soils. In the Vertisols, only the correlations between pseudo-total Co, Fe and Zn with Ca^{2+} , K^+ and the CCB were positive and significant. The regression equations of the dependent variables Mn, Ni and Zn in Brown soils, as well as Fe and Zn in Vertisols presented low coefficients of determination. A limited ability to predict pH, SOM and CCB with the available microelements was observed from the correlation coefficients. The availability of microelements is fundamentally explained by the relationships with the pseudo-total and available forms.

Key words: *microelements, chemical properties, multiple regressions*

Introducción

Los microelementos se encuentran en la solución del suelo y en el complejo de cambio donde la cantidad disponible para las plantas depende de las características físico-químicas del medio edáfico (Blanco *et al.*, 2006). Se ha comprobado que los efectos sinérgicos y antagónicos afectan la absorción de estos elementos y en algunos casos pueden inducir deficiencias (Torri *et al.*, 2015).

La reacción del suelo es el factor más importante en el control de todas las reacciones físico-químicas implicadas en la disponibilidad de los microelementos. En suelos medianamente alcalinos es posible encontrar deficiencia de B, Cu, Fe, Mn, Zn. El pH también modifica la carga de los componentes de la fracción coloidal del suelo (arcillas, óxidos y materia orgánica humificada), que poseen carga dependiente del pH, la cual se hace más negativa a pH alcalino y más positiva a pH ácido. Por tanto, la retención de microelementos aumenta a medida que el pH sea más alcalino (Mingorance, 2010).

Los microelementos Fe, Zn, Cu, Mn y otros en formas catiónicas se adsorben normalmente con mayor facilidad a medida que aumenta el pH, lo contrario sucede con las formas aniónicas. A medida que aumenta la alcalinidad del suelo los microelementos son transformados en óxidos, hidróxidos, fosfatos y carbonatos que forman complejos insolubles poco disponibles para la nutrición de las plantas (Torri *et al.*, 2015).

El escenario que da lugar al proceso de formación sialítica en los suelos Pardos y Vertisoles en Cuba y en específico en la zona oriental conlleva a un pH alcalino. Resultados obtenidos por

Villegas *et al.* (2015) confirman que más de 65 % de las muestras de suelo provenientes de la base de datos nacional del SERFE (2004-2014) categorizan como neutras o alcalinas. El predominio de pH entre 6,5 y 7,5 se manifiesta en las capas más profundas de un perfil con el incremento en los horizontes BC y C donde la intemperización es menos intensa (Hernández *et al.*, 2018). Estas condiciones en algunas ocasiones limitan la disponibilidad de microelementos en el área de estudio.

El objetivo de este trabajo es definir las propiedades químicas y físico-químicas que inciden en la disponibilidad de microelementos en suelos Pardos y Vertisoles de la Región Oriental de Cuba.

Materiales y Métodos

La zona estudiada abarcó los suelos Pardos y Vertisoles plantados con caña de azúcar en las provincias Las Tunas, Granma, Holguín y Santiago de Cuba. Se evaluaron 170 muestras de suelo en el horizonte superficial (0-20 cm) tomadas aleatoriamente y georreferenciadas, siguiendo las Normas y Procedimientos Metodológicos del SERFE (Villegas *et al.*, 2007). Los suelos se clasificaron según la Clasificación de los suelos de Cuba propuesta por Hernández *et al.* (2015). En la determinación de los contenidos de Mn, Fe, Co, Ni, Cu y Zn pseudo-totales se empleó la solución extractiva de ácido clorhídrico + ácido nítrico (HCl - HNO₃) con una relación 3:1 (*aqua regia*) por la norma ISO 11466:1995 y 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). La forma disponible se realizó mediante la solución de 0,005M ácido dietilentriaminopentacético (DTPA) + 0,1M de trietanolamina (TEA) + 0,01 M de CaCl₂ según la norma ISO 14870:2001. Los análisis de pH_{H2O} y pH_{KCl} (NC- 2001:2015), materia orgánica del suelo (MOS) (NC-51:1999) y cationes intercambiables (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺) (NC-209: 2002) se desarrollaron según el Manual de Procedimientos para los Laboratorios de Suelo del INICA (INICA, 2014).

Se empleó el análisis multivariado para relacionar las variables. La relación entre dos variables se determinó por el coeficiente de correlación de Pearson (r) cuando siguieron una distribución normal. En los casos que al menos una de las variables no se ajustó a la normalidad se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (Rho). Se consideró una correlación moderada cuyo valor fuera $\geq 0,5$ y $< 0,7$ y alta $> 0,7$.

El modelo de regresión múltiple (paso a paso) propuesto por Rojo (2007) fue la herramienta utilizada para explicar las relaciones entre las propiedades químicas, físico-químicas y los contenidos de microelementos pseudo-totales como predictivos de las formas disponibles. La evaluación del ajuste general del modelo fue por dos vías: a) a través del coeficiente de determinación (R²) donde los valores cercanos a 1 implican que la mayor parte de la variabilidad

de Y está explicada por el modelo de regresión; b) el cálculo de la R^2 ajustada (R^2 *adj.*) que penaliza el incremento de los términos que no son útiles en el modelo según López (2013). El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el software STATISTICA versión 8 (StatSoft, 2007).

Resultados y Discusión

Las relaciones funcionales de la reacción del suelo con los microelementos pseudo-totales en el área agrícola de los suelos Pardos revelaron coeficientes de correlación negativos altamente significativos del pH_{KCl} - Co, Mn y Cu y el $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - Co y Mn, aunque con relaciones muy bajas en ambos casos, con excepción de pH_{KCl} - Co ($r = -0,55^{**}$). De igual forma en los Vertisuelos, la dependencia con el pH fue baja, solo relacionaron de forma significativa negativa el pH_{KCl} - Mn, Fe, Co y el $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - Fe y Zn.

En el análisis de la fracción disponible no se encontraron coeficientes de correlación que marcaran dependencia del pH con ninguno de los microelementos en los dos agrupamientos. De esta forma, se evidenció que los valores de pH cercanos a la neutralidad no mostraron una influencia directa sobre las reservas pseudo-totales y disponibles de algunos microelementos. Estos resultados no coinciden con algunas investigaciones que declaran altas correlaciones negativas significativas entre pH - Fe ($r = -0,64^{**}$), Zn ($r = -0,73^{**}$) (Wang *et al.*, 2018), Mn ($r = -0,63^{**}$) (Yáñez *et al.*, 2018) y Bartkowiak *et al.* (2018) que indicaron correlaciones positivas significativas del pH_{KCl} - Zn ($r = 0,97^*$) y Cu ($r = 0,98^*$).

Se ha comprobado la acción del pH sobre la participación directa en los procesos de meteorización, que dan lugar a la estabilización de las reservas de microelementos y en la regulación de su disponibilidad. La baja relación del pH con los microelementos en los suelos estudiados está asociada a la estabilidad de sus valores medios y la estrechez entre los valores máximos y mínimos que limita la reacción del suelo como variable predictiva de la disponibilidad. La MOS, al igual que el pH, no correlacionaron con las reservas pseudo-totales, sólo se destacaron Zn ($r = 0,46^{**}$) y Mn ($r = -0,54^{**}$) en Vertisuelos, que presentaron una correlación significativa negativa. A pesar de ser la MOS una fuente importante de microelementos, no se obtuvo alta correlación con ninguno de los elementos disponibles.

Las bajas correlaciones entre la MOS y las formas de los microelementos están dadas por sus valores uniformes y cercanos a un nivel medio de abastecimiento en un ecosistema de monocultivo cíclico como la caña de azúcar, que cada año mantiene el equilibrio acumulación-destrucción. Los resultados concuerdan con De Santiago *et al.* (2019) cuando definieron que en suelos minerales con contenidos de MOS cercano a 2,0 % disminuye su impacto sobre la disponibilidad de microelementos.

Este comportamiento no coincide con lo planteado por Hernández y Francisco (2017) y Wang *et al.* (2017) que indicaron el efecto positivo de la MOS en el incremento de la disponibilidad de microelementos. De esta manera, Ayele *et al.* (2014) observaron correlaciones positivas entre la MOS - Fe ($r = 0,50^*$) y Zn ($r = 0,69^*$). Yáñez (2017) obtuvo correlaciones positivas altamente significativas entre MOS - Fe ($r = 0,75^{**}$), Mn ($r = 0,69^{**}$) y Zn ($r = 0,66^{**}$).

Las bases intercambiables y los microelementos se encuentran en el complejo de cambio y en la solución del suelo producto del proceso de meteorización, estos elementos se presentan en disímiles magnitudes que, unido a la alta colinealidad dificultan la explicación de las relaciones entre ellos. Dentro de este marco, se presentaron muy bajos coeficientes de correlación entre los cationes intercambiables y la CCB con los microelementos pseudo-totales en los suelos Pardos. Las correlaciones en los Vertisuelos resultaron positivas y significativas en los casos del Co - K^+ ($r = 0,60^{**}$), Fe - K^+ ($r = 0,54^{**}$), Fe - CCB ($r = 0,58^{**}$), Zn - Ca^{2+} ($r = 0,62^{**}$), Zn - CCB ($r = 0,55^{**}$) y negativa Fe - Ca^{2+} ($r = -0,54^{**}$). Estos resultados sugieren que los cationes intercambiables Ca^{2+} , K^+ y la CCB tienen una mayor capacidad predictiva de las reservas potenciales de los microelementos bajo condiciones vérticas.

A diferencia de las correlaciones encontradas entre algunos cationes y la CCB con los microelementos pseudo-totales en Vertisuelos, en las formas disponibles las relaciones resultaron bajas en ambos agrupamientos ($r < 0,50$).

Varias investigaciones bajo condiciones y ambiente edafológico diferentes han obtenido correlaciones significativas entre CIC - Cu ($r = -0,51^*$) (Yitbarek *et al.*, 2013) y K - Cu ($r = 0,66^*$) (Ayele *et al.*, 2014). Yáñez *et al.* (2018) en Vertisuelos observaron correlaciones positivas entre K - Mn ($r = 0,72^{**}$), K - Cu ($r = 0,60^*$), CIC - Fe ($r = 0,59^*$), CIC - Mn ($r = 0,68^{**}$) y CIC - Zn ($r = 0,62^*$).

El análisis de regresión mostró los mejores modelos de ajuste o ecuaciones de predicción. En tal sentido, en suelos Pardos no se explicaron las variables dependientes Mn, Ni y Zn y en Vertisuelos Fe y Zn, debido al bajo coeficiente de determinación R^2 ajustado $< 0,30$ (Rojo, 2007 y López, 2013) (Tabla 1).

De este modo relacionaron con Zn y Cu en suelos Pardos y Co, Zn, Cu, Mn y Ni en Vertisuelos. Los que participaron como predictores se relacionaron con el Fe, Co y Ni en suelos Pardos y Co, Zn, Cu, Mn y Ni en Vertisuelos.

Tabla 1. Ecuaciones de regresión múltiples de propiedades del suelo con los microelementos disponibles

Agrupamiento Pardos	R ²	R ² aj.
$Fe_{-DTPA} = -20,033 + 13,440 * CO_{DTPA} - 9,728 * K^+ + 3,051 * pH_{H_2O} + 0,101 * Zn_T + 0,589 * Mg^{2+} - 0,167 * Cu_T$	0,50	0,42
$Co_{-DTPA} = 1,059 + 0,013 * Fe_{DTPA} + 0,072 * Ni_{DTPA} + 0,006 * Ca^{2+}$	0,53	0,47
$Cu_{-DTPA} = 8,652 - 1,945 * pH_{KCl} + 0,338 * Mg^{2+}$	0,53	0,47
Agrupamiento Vertisuelos		
$Mn_{-DTPA} = -268,641 + 6,606 * Cu_{DTPA} + 12,761 * Mg^{2+} + 43,184 * pH_{KCl} - 17,417 * MOS + 14,496 * Ca^{2+} - 13,587 * CCB - 0,086 * Ni_{-T} + 10,235 * K^+$	0,68	0,61
$Co_{-DTPA} = -2,617 + 0,275 * Ni_{DTPA} - 0,038 * Co_T - 0,010 * Zn_T$	0,77	0,73
$Ni_{-DTPA} = -0,287 + 2,077 * Co_{DTPA} - 2,432 * pH_{H_2O} + 0,003 * Mn_T - 0,185 * Cu_T + 0,652 * Cu_{DTPA} + 0,012 * Ni_T - 1,755 * Zn_{DTPA}$	0,83	0,78
$Cu_{-DTPA} = 2,773 + 0,068 * Cu_T - 0,004 * Ni_T + 0,155 * Ni_{DTPA} + 0,018 * Mn_{DTPA} + 0,826 * pH_{H_2O} + 0,019 * Zn_T$	0,72	0,66

R²: Coeficiente de determinación, R²aj: Coeficiente de determinación ajustado, (Micro_T): Micro pseudo-total

Otras propiedades resultaron predictivas de la disponibilidad asociada a la CCB, pH_{H₂O} y la MOS en Vertisuelos, así como pH_{KCl} y los cationes intercambiables Mg²⁺, K⁺ y Ca²⁺ en ambos agrupamientos.

Un estudio desarrollado por Eyherabide (2015) en suelos de la Región Pampeana Argentina, obtuvo una alta dependencia del Fe, Cu y Mn a partir del pH y la MOS, en cambio, el contenido de Zn disponible no fue pronosticado por las variables consideradas, resultados que coinciden con los del presente trabajo. Bhaskar *et al.* (2017) lograron precisar que el Cu disponible explicó la mayor varianza a partir del pH, CO, CIC, porcentaje de salinidad y de arcilla con un R² = 0,62. De acuerdo con los resultados obtenidos, la disponibilidad de microelementos estuvo explicada fundamentalmente por las relaciones con las formas pseudo-totales y disponibles. Por consiguiente, se observó una limitada capacidad de predicción del pH, la MOS y la CCB con determinados microelementos.

Es importante resaltar que el pronóstico del contenido de microelementos disponibles a partir del coeficiente de correlación, no ofreció una información precisa en términos explicativos, sin embargo, los cationes fueron más representativos dentro del escenario edafológico construido con las regresiones múltiples. Estos resultados coinciden con Silveira *et al.* (2003) que le

atribuyeron importancia a la CIC debido a la supremacía del Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al^{3+} y NH_4^+ sobre los microelementos en el complejo de cambio y la solución del suelo.

Desde esta perspectiva, Kataba-Pendias (2011) y Alvarado *et al.* (2014) consideraron que los mejores modelos de ajustes para expresar la disponibilidad de los microelementos están representados por la participación de los cationes junto al contenido y tipo de arcilla que regulan o alteran el intercambio.

Conclusiones

Se observó una limitada capacidad de predicción del pH, MOS y CCB con los microelementos disponibles a partir de los coeficientes de correlación. Con el uso de las regresiones múltiples no fueron explicadas en suelos Pardos las variables dependientes Mn, Ni y Zn disponibles y en Vertisuelos Fe y Zn, debido al bajo coeficiente de determinación. La disponibilidad de microelementos se explica fundamentalmente por las relaciones con las formas pseudo-totales y disponibles.

Agradecimientos

El colectivo de autores agradece toda la colaboración brindada por el equipo de analistas del Laboratorio de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ-Moa) para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- Alvarado, A., Mata, R. y Chinchilla, M. (2014). Arcillas identificadas en suelos de costa rica a nivel generalizado durante el período 1931-2014: I. Historia, metodología de análisis y mineralogía de arcillas en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agronomía Costarricense*. 38 (1): 75-106. ISSN:0377-9424.
- Ayele, T., Ayana, M., Tanto, T., Asefa, D. (2014). Ethiopia. Evaluating the Status of micronutrients under irrigated and rainfed agricultural soils in Abaya Chamo Lake Basin, South-west Ethiopia. *Journal of Scientific Research and Reviews*. Vol. 3 (1): 18-27.
- Bartkowiak, A., Lemanowicz, J., Breza, B., Zieliński, A. (2018). Assessment of the Effect of Uncontrolled Landfill Sites on the Content of Available Forms of Selected Macro and Microelements in Forest Soil. *International Journal of Environmental Research*, 12: 901–907. <https://doi.org/10.1007/s41742-018-0144-5>
- Bhaskar, B., P., Tiwari, G., Prasad, J. (2017). Pedogenic influence on profile distribution of total and DTPA - extractable micronutrients in rice growing hydric soils of Majuli river island, Assam, India. *Spanish Journal of Soil Science*. SJSS, 7 (1): 59-85.
- Blanco, M., C., Amiotti, N., M., Paoloni, J., D. (2006). Control de los materiales parentales en la distribución de micronutrientes en suelos de la Pampa subhúmeda-semiárida. *Congreso Argentino de Ciencia del Suelo*, Salta, Actas, 495 p.

De Santiago, A., Recena, R., Perea, T., F., Moreno, M.,T., Carmona, E., Delgado, A. (2019). Relationship of soil fertility to biochemical properties under agricultural practices aimed at controlling land degradation. *Land Degrad Dev.* 1–9. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/ldr.3298>.

Eyherabide, M., B. (2015). *Cambios en la disponibilidad de cinc, cobre, hierro y manganeso por la agricultura en suelos de la Región Pampeana*. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina, 71 pp.

Hernández, G., M., M., Francisco, B., D., A. (2017). Estimación de la fertilidad en suelos volcánicos (Tenerife, España) para el cultivo de trigo por medio de teledetección y SIGSJSS. *Spanish Journal of Soil Science*, 7 (3): 201-221. DOI: 10.3232/SJSS.V7. N3.04.

Hernández, J., A., Pérez, J., J., M., Bosch, I.,D., Castro, S., N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba. 91 p. ISBN 978-959-7023-77-7.

Hernández, J., A., Terry, A., E., Llanes, H., V., Carnero, L., G. (2018). El cambio de la reacción del suelo Pardo (cambios de pH) debido a la erosión. En: *Memorias del IX Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo 2018*. Instituto de Suelos. La Habana.

INICA. (2014). *Manual de Procedimientos para los Laboratorios de Suelo*. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Ed. Publica. 171 pp.

ISO 11466:1995. *International Organisation for Standardisation. Soil quality: Extraction of trace elements soluble in aqua regia*, ISO, Geneva.

ISO 14870 (2001). Calidad de suelo- Extracción de oligoelementos mediante solución tamponada de DTPA.

Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants*. 4ta ed., edit. CRC Press, 2010, 407 p. ISBN 978-1-4200-9368-1.

López, P. (2013). Análisis de Regresión para la Estimación del Secuestro de Carbono Orgánico en Suelos. *Tesis para obtener el título de: Lic. en Matemáticas Aplicadas*. Universidad Autónoma de Puebla. 64 pp.

Mingorance, Á. (2010). *El suelo, regulador fisicoquímico de elementos traza para las plantas. C4 y CAM. Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas*: Homenaje del doctor Julio López Gorgé. 108: 277-283.

NC- 2001 (2015). Calidad del suelo- Determinación de pH. Ciudad de La Habana. 7 p.

NC- 209 (2002). Calidad del suelo- Determinación de los aniones y cationes solubles en los extractos suelo-agua y el porcentaje de saturación. NC 209:02. Ciudad de La Habana. 10 p.

NC- 51(1999). Calidad del suelo- Determinación del porcentaje de materia orgánica. NC 51:99. Ciudad de La Habana. 9 p.

Rojo, A. (2007). *Regresión lineal múltiple*. Instituto de Economía y Geografía. Madrid. 31 p.

StatSoft, Inc. (2007). *STATISTICA (Data Analysis Software System)*, version 8.0. www.statsoft.com.

Torri, S., Urricariet, S., Lavado, R. (2015). *Microelementos y Elementos Traza*. En Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Balcarce. Segunda Edición–INTA-IPNI: García, F. O., Echeverría H., p.189-203. 525 p. Recuperado de <https://www.researchgate.Net/publication/283492275>.

Villegas, R., de León, M. E., Fernández, J. A. Menéndez, Cabrera, A., Pérez, M. (2007). *Manual de Procedimientos del SERFE*. Editorial: Publinica. 44 p.

Villegas, R., Machado, I., Viñas, Y., Campos, J. (2015). 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. En CD-ROM ISBN: 978-959-296-039-8.

Wang, R., Wang, X., Jiang, Y., Cerdà, A., Yin, J., Liu, H., Feng, X., Shi Z., Dijkstra, F., A., He, M. L. (2018). Soil properties determine the elevational patterns of base cations and micronutrients in the plant–soil system up to the upper limits of trees and shrubs. *Biogeosciences*, 15: 1763–1774. <https://doi.org/10.5194/bg-15-1763>.

Yáñez, D. (2017). *Caracterización ecopedológica en Vertisoles bajo cuatro sistemas de uso de suelo*. Tesis doctoral en Ciencias con Orientación en Manejo de Recursos Naturales. Nuevo León, México, 128 pp.

Yitbarek, T., Gebrekidan, H., Kibret, K., Beyene, S. (2013). Impacts of Land Use on Selected Physicochemical Properties of Soils of Abobo Area, Western Ethiopia. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 2 (5): 177-183. Doi: 10.11648/j.aff.20130205.11.