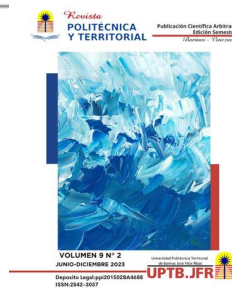




Vol. 9, Núm. 2, Julio- Diciembre 2023/ Revista Científica Multidisciplinaria/  
ISSN: 2542-3037 <https://revistapt.edublogs.org/>



## CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE SUELOS CULTIVADOS CON CAÑA DE AZÚCAR

### Physical and chemical characterization of soils cultivated with sugar cane

Dr. Humberto Pérez-Figueredo, Profesor Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ) ([humbertoperezf@gmail.com](mailto:humbertoperezf@gmail.com)) (<https://orcid.org/0000-0002-5788-2003>)

### Resumen

Este trabajo se realizó a partir del análisis de 205 muestras compuestas de suelo en 1.071,98 ha, con el objetivo de caracterizar desde el punto de vista físico y químico el suelo cultivado con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), en 4 poblados del Sistema de Riego Rio Boconó, periodo 2015-2019. Se evaluó a través de un análisis de varianza unifactorial completamente aleatorizado, aplicando la prueba de Tukey ( $p \leq 0,01$ ), utilizando el Software Statistix 8.0. Las variables analizadas fueron: contenido de fósforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica, reacción, salinidad, densidad aparente y textura. Los resultados indicaron una variación textural de suelos francos, franco-arcilloso, arcillo-limoso, densidad aparente  $1,35 \text{ g/cm}^3$ , pH ligeramente ácido, materia orgánica baja, no salinos, potasio, fósforo, calcio y magnesio de bajo a medio. Se concluye que la baja disponibilidad de nitrógeno es la principal limitante para el cultivo de la caña de azúcar; por lo tanto, se requieren planes de fertilización y manejo adecuado de este nutriente.

### Palabras clave

Nutrientes del suelo, *Saccharum officinarum*, Sistema de Riego Rio Boconó, química de suelo, física de suelo.

Recibido: 2023-10-05 /Revisado: 2023-11-12/ Aceptado: 2023-12-21/  
Publicado: 2024-02-25 / Páginas 239-251



## PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF SOILS CULTIVATED WITH SUGAR CANE

### Abstract

This work was carried out based on the analysis of 205 composite soil samples in 1,071.98 ha, with the objective of characterizing, from a physical and chemical point of view, the soil cultivated with sugar cane (*Saccharum officinarum* L.), in 4 towns. of the Bocono River Irrigation System, period 2015-2019. It was evaluated through a completely randomized univariate analysis of variance, applying the Tukey test ( $p \leq 0.01$ ), using Statistix 8.0 Software. The variables analyzed were: phosphorus, potassium, calcium, magnesium, organic matter, reaction, salinity, apparent density and texture content. The results indicated a textural variation of loam, clay-loam, silty-clay soils, apparent density  $1.35 \text{ g/cm}^3$ , slightly acidic pH, low organic matter, non-saline, low to medium potassium, phosphorus, calcium and magnesium. It is concluded that the low availability of nitrogen is the main limitation for the cultivation of sugarcane; Therefore, fertilization plans and adequate management of this nutrient are required.

### Key words

Oil nutrients, *Saccharum officinarum*, Bocono River Irrigation System, soil chemistry, soil physics.



## Introducción

En el Sistema de Riego Rio Boconó (SRRB), ubicado en Sabaneta, estado Barinas, Venezuela, de las 5.537,32 ha que lo conforman, se han sembrado 2.941,07 ha con caña de azúcar, que representa un 53,11% de su superficie, en 279 parcelas, el mismo número de productores, con promedio de 10,54 ha y 16 variedades cultivadas: B 74-118, B 80-408, C 266-70, C 323-68, CP 74-2005, CR 74-250, JA 60-5, PR 1013, PR 61-632, PR 69-4, RB 73-9735, RB 85-5546, SP 70-1284, V 75-6, V 84-8 y CR 87-339. Las cepas varían desde soca 1 hasta soca 10 incluyendo algunas en plantilla, en un periodo de 10 años (2005-2015).

El rendimiento promedio obtenido es de 69,93 toneladas de caña por hectárea (TCH), y 7,47 toneladas de azúcar por hectárea (TAH), los cuales resultan bajos comparados con el promedio nacional, según los registros del Complejo Agroindustrial Azucarero Ezequiel Zamora, S. A. (CAAEZ, SA), adscrito a la Corporación Venezolana Agrícola-Azúcar (CVA-Azúcar), donde se registra un promedio anual de 215.895,63 toneladas de caña (Pérez-Figueredo, 2021). Es probable que la causa de este bajo rendimiento se deba al empobrecimiento paulatino del suelo dado a la extracción de nutrimentos provocados por cultivos anteriores. Esto puede obedecer a causas naturales o según Andrade *et al.* (2014), a actividades antrópicas, debido a que los productores se han enfocado a suministrar los nutrientes primarios N, P y K, en dosis que se consideran no adecuadas para el cultivo.

Además, la caña de azúcar es un cultivo que requiere del uso intensivo de maquinaria agrícola, la cual tiende a modificar las características físicas del suelo (Porta *et al.*, 2003; Ribón *et al.*, 2003). En tal sentido, la densidad aparente tiende a aumentar, lo que reduce el espacio poroso y, por consecuencia, la aireación, el intercambio gaseoso, el drenaje del suelo y aumenta la resistencia a la penetración de las raíces al suelo (Retureta *et al.*, 2020). Por ello, es necesario definir las



características del suelo en su condición original, lo que permitirá fijar el patrón ideal en el cual el mismo debería permanecer bajo una condición de uso y cobertura adecuada, garantizando con ello su utilización prolongada de manera sostenida en el tiempo y el espacio, con un grado mínimo de deterioro (Jaiyeoba, 2003, citado en Pascual-Córdova *et al.*, 2018).

En este sentido, Retureta *et al.* (2020), la definen como el conjunto de relaciones existentes entre determinados componentes químicos y la planta. Esta concepción contempla los procesos de absorción, transporte, utilización y eliminación de los nutrimentos. Es por estas razones que este trabajo tiene como objetivo determinar la caracterización físico y química del suelo cultivado con caña de azúcar en 4 localidades del Sistema de Riego Rio Boconó, periodo 2015-2019. Dando un aporte al conocimiento a la ciencia del suelo en relación a su caracterización física y química para determinar sus limitantes en la producción en el cultivo de caña de azúcar. Para ello se formuló la interrogante ¿Cuáles son las limitantes en los suelos de los distintos centros poblados del Sistema de Riego Rio Boconó, para el cultivo de caña de azúcar?

### **Materiales y Métodos**

La investigación se realizó durante el periodo 2015-2019, en el Sistema de Riego Rio Boconó, parroquia Sabaneta, municipio Alberto Arvelo Torrealba, al norte del estado Barinas, en plantaciones establecidas del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), con una mezcla varietal diversa, encontrándose en el área de estudio las variedades RB 73-9735, RB 85-5546, V 75-6, V 84-8, B 80-408, B 74-118, CR 74-250, SP 70-1284, PR 61-632, CP 74-2005, PR 1013, C 266-70 y C 323-68. Una variación de cepas desde soca 1 a 10, incluyendo algunas plantillas. Las condiciones climáticas según Pérez-Figueredo (2020), son: precipitación anual 1.415,02 mm, temperatura media 23,10°C con tendencia a aumentar +1,14°C anual, evaporación anual 1.896,41 mm, humedad relativa 76,39%. El clima corresponde al de Bosque Seco Tropical según la nomenclatura



de Holdridge (1971), y Subhúmedo Cálido según Thornthwaite (1948), con dos periodos bien definidos (húmedo y seco), apto para el cultivo de caña de azúcar.

Los muestreos fueron realizados en zigzag en forma aleatoria, con barrenos, a 0-0,20 y 0,20-0,40 m., y se recolectaron muestras compuestas de 1 kg a partir de 10 submuestras. En total se obtuvieron 205 muestras en 1.071,98 ha, distribuidas en 4 centros poblados del SRRB. La distribución de las muestras fue: poblado 1: 304,42 ha, 58 muestras compuestas, poblado 2: 176,79 ha, 34 muestras compuestas, poblado 3: 89,12 ha, 17 muestras compuestas, poblado 4: 501,65 ha, 96 muestras compuestas, lo cual representa aproximadamente 1 muestra cada 5 ha. Se analizaron en el laboratorio de suelos del INIA, Barinas.

Se siguió la metodología de Gilabert *et al.* (2015): contenido de materia orgánica (%), según el método de Walkley y Black; fósforo (mg/kg), y potasio (mg/kg), método Olsen; calcio (mg/kg), y magnesio (mg/kg), método Morgan modificado; distribución del tamaño de partículas del suelo (%), método Bouyoucos; reacción del suelo (pH), método potenciométrico conductividad eléctrica (dS/m a 25°C), método conductimétrico, textura con el triángulo textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2017), y la densidad aparente del suelo, con el método del cilindro de volumen conocido, según la metodología presentada por Agostini *et al.* (2014).

Para evaluar los resultados se utilizó el Software Statistix 8.0, a través de un diseño experimental completamente aleatorizado, se utilizó un análisis de varianza. en caso de significación se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0,01$ ), se considerarán como fuentes de variación los 4 centros poblados del SRRB. Las variables evaluadas fueron: contenido de fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), materia orgánica (MO), reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica (CE), densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ), textura (% arena, % limo, % arcilla).



## Resultados y Discusión

En el Cuadro 1, se muestran los promedios estadísticos de las características físicas resultantes de los análisis de suelos de las 1.071,98 ha muestreadas, por centro poblado, en el SRRB. En sentido general, se observa que son suelos francos, franco-arcilloso y arcillo-limoso, encontrándose en los poblados 2 y 4 franco con densidad aparente 1,38 g/cm<sup>3</sup> y 1,37 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, mientras que en el poblado 1 la textura promedio es franco-arcilloso con densidad aparente 1,36 g/cm<sup>3</sup>; a pesar de las distintas texturas no existe diferencia significativa en la densidad del suelo de los poblados 1, 2 y 4, mientras que el poblado 3, presentó textura arcillo-limosa con densidad aparente 1,26 g/cm<sup>3</sup>.

Según las investigaciones realizadas por CONADESUCA (2015), las condiciones ideales de suelo para el cultivo de caña de azúcar con densidad aparente de 1,10 a 1,20 g/cm<sup>3</sup>, con un adecuado equilibrio entre los poros de distintos tamaños; mientras que los investigadores de Netafim (2017), consideran una densidad aparente de 1,0 a 1,0 g/cm<sup>3</sup>, con el mismo adecuado equilibrio entre los poros. En base a los resultados obtenidos, se considera que la densidad aparente en el SRRB es aceptable (1,35 g/cm<sup>3</sup>), en sentido general. Sin embargo, entre los poblados 1, 2 y 4, no hay variación significativa manteniéndose dentro de los parámetros reportados por CONADESUCA (2015), pero el poblado 3, presenta diferencia significativa con los anteriores.

**Cuadro 1. Características físicas del suelo del Sistema de Riego Río Boconó cultivado con caña de azúcar durante el periodo 2015-2019.**

Poblado	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Textura
Poblado 1	39,00 a	31,00 b	29,00 c	1,36 a	FA
Poblado 4	32,00 b	23,00 c	45,00 a	1,37 a	F
Poblado 2	31,00 b	25,00 c	44,00 a	1,38 a	F
Poblado 3	18,00 c	41,00 a	41,00 b	1,26 b	AL
R <sup>2</sup>	0,78	0,83	0,74	0,80	



CV	42,42	29,21	43,13	23,63	
DE	17,79	14,13	19,31	0,19	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,01$ ).

Con relación a estos resultados, CENGICAÑA (2017), consideró que cualquier suelo es apto para caña de azúcar en tanto sea profundo y tenga buen drenaje. Sin embargo, Chinea-Horta y Rodríguez-Izquierdo (2021), afirmaron que se prefieren los suelos franco y franco-arcilloso con una buena capacidad de retención de agua. Es probable que, en el SRRB la textura del suelo no presentó mucha influencia en los rendimientos de caña, posiblemente por el manejo del mismo, aunque estos fueron en promedio 69,93 t caña/ha con 7,47 t azúcar/ha, está por debajo del promedio nacional e influenciados, quizás por la fertilidad presente.

En referencia a las características químicas del suelo (Cuadro 2), según la escala de pH en la que se encuentre el suelo (5,75 a 6,45), ligeramente ácido, los elementos nutritivos pueden estar o no en condiciones de disponibilidad para la planta, e incluso afectar su grado de toxicidad. De acuerdo con Porta *et al.* (2003), el valor de pH óptimo para caña de azúcar está en el intervalo de 6,0 a 7,5, que corresponden a moderadamente ácido y ligeramente alcalino, respectivamente; además, estableció una tolerancia en la reacción del suelo de 4,5 a 8,5, en el cual la caña de azúcar puede tener rendimientos satisfactorios.

En este sentido, para presentar de forma sencilla la incidencia del pH del suelo en los nutrientes, Alejo-Santiago *et al.* (2012), consideran que cuando el pH del suelo está entre 6,1 a 6,6 es cuando se encuentra la disponibilidad máxima de nutrientes para las plantas. Esto significa que el pH presente en cada centro poblado del SRRB se encuentra dentro de estos niveles (5,75 a 6,45), por lo tanto, hay disponibilidad de nutrientes para las plantas de caña de azúcar, aun cuando el poblado 3 presentó el nivel de pH más bajo (5,75), y en los restantes no existe diferencias significativas en la reacción del suelo.





En cuanto a la CE, el valor que presenta el suelo, influye en gran medida en el esfuerzo que tiene que realizar la raíz de la planta para absorber los nutrientes de la solución del suelo. De manera general, CONADESUCA (2015), consideró que a valores de CE menores a 0,8 dS/m, la salinidad es baja y es adecuada para el desarrollo del cultivo de caña de azúcar. Por tanto, si se encuentra por encima de este valor, la planta tendrá que esforzarse en mayor medida para extraer los nutrientes. Lo que conlleva un gasto adicional de energía que influirá negativamente en el rendimiento productivo. En los suelos estudiados, el promedio se encuentra en 0,11 dS/m, de hecho, existen diferencias significativas en los valores de CE (0,04 a 0,23 dS/m), en los suelos de los centros poblados, no presentando problemas de salinidad para el cultivo de caña como se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Características químicas del suelo del Sistema de Riego Río Boconó, cultivado con caña de azúcar, durante el periodo 2015-2019.**

Ubicación	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	MO (%)	pH (1:2,5)	CE (dS/m)
Poblado 4	45,37 a	88,85 a	198,21 d	127,42 c	1,68 a	6,45 a	0,08 b
Poblado 3	41,72 a	97,13 a	254,97 a	239,86 a	1,70 a	5,75 b	0,10 b
Poblado 1	15,21 b	71,23 b	210,73 c	197,76 b	1,69 a	6,29 a	0,04 c
Poblado 2	16,55 b	68,29 b	231,12 b	137,45 c	1,66 a	6,41 a	0,23 a
R <sup>2</sup>	0,81	0,83	0,84	0,8	0,82	0,85	0,82
CV	46,82	39,31	53,33	37,63	39,91	5,6	22,55
DE	7,79	14,13	89,31	27,9	0,64	0,23	0,09

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,01$ ).

En relación a la materia orgánica, Andrade *et al.* (2014), presentaron valores donde detallan los niveles según la clase textural del suelo y ésta en relación a los suelos de las cuatro localidades estudiadas, no presentan diferencias, encontrándose en niveles bajos, según su textura como se presenta en el Cuadro 2: poblado 4 (1,68% bajo, textura F), poblado 3





(1,70% bajo, textura AL), poblado 1 (1,69% bajo, textura FA), poblado 2 (1,66% bajo, textura F), el cual no presenta diferencias significativas entre sus valores.

De acuerdo con Julca-Otiniano *et al.* (2006), los suelos con menos de 2% tienen bajo contenido de MO, y de 2 a 5% es un contenido medio, siendo deseable que el valor sea superior a 5%. Sin embargo, para Chinea-Horta y Rodríguez-Izquierdo (2021), el nivel deseable de MO en los suelos arcillosos es del 2%, pudiendo descender a 1,65% en suelos pesados y llegar a un 2,5% en los arenosos. De acuerdo a estas afirmaciones, podría decirse que los suelos estudiados, están por encima de este nivel, aun cuando es bajo, podrían considerarse adecuados.

A pesar que, el valor promedio de MO encontrado en los cuatro poblados está ubicado en la categoría bajo con un promedio de 1,68%, siendo esta la restricción encontrada. En este sentido, Alejo-Santiago *et al.* (2012), señalaron que el contenido de MO es uno de los indicadores de la fertilidad de los suelos, por lo que se consideran importante mantener un nivel óptimo de 5,0%, para el mejor funcionamiento del sistema de producción. Sin embargo, afirman que hasta el 1,2% de MO, es un nivel aceptable de forma general para la mayoría de cultivos.

En cuanto al contenido de fósforo y potasio, según la prueba de medias presentados en el Cuadro 2, el poblado 4 (45,37 mg/kg P y 88,85 mg/kg K), y poblado 3 (41,72 mg/kg P y 97,13 mg/kg K), son estadísticamente iguales y difieren del resto porque presentan los mayores valores. Así mismo, el poblado 1 (15,21 mg/kg P y 71,23 mg/kg K), y poblado 2 (16,55 mg/kg P y 68,29 mg/kg K), son estadísticamente iguales y difieren del poblado 4 y 3 por presentar valores más bajos en de estos elementos. Sin embargo, según Gilabert *et al.* (2015), el potasio se encuentra con niveles bajo, debido a que los niveles más adecuados en suelo están entre 150 y 250 mg/kg de potasio asimilable, mientras que los niveles óptimos de fósforo están entre 35 y 70 mg/kg, esto significa que en



los poblados 1 y 2, es bajo y en los poblados 3 y 4, están en el rango del nivel óptimo.

En las muestras analizadas sobre el contenido de calcio y magnesio se aprecia que existen diferencias significativas entre los 4 poblados estudiados, en donde el poblado 3 presenta estadísticamente el mayor valor (254,97 mg/kg Ca y 239,86 mg/kg Mg), mientras que en el poblado 4 se aprecian los valores promedios más bajos (198,21 mg/kg Ca y 127,42 mg/kg Mg), En el poblado 1 las muestras analizadas presentaron contenidos de calcio y magnesio medios (210,73 mg/kg Ca y 197,76 mg/kg Mg), mientras que en el poblado 2 los análisis de laboratorio arrojaron valores medio en calcio y bajos en magnesio (231,12 mg/kg Ca y 137,45 mg/kg Mg). Es probable que el bajo rendimiento agrícola de la caña de azúcar, en los cuatro poblados del SRRB, este influenciado más por las características químicas del suelo que por las físicas, es decir por la fertilidad.

### **Conclusiones**

La principal limitante en los suelos estudiados en los distintos centros poblados del Sistema de Riego Rio Boconó para el cultivo de caña de azúcar, es la materia orgánica baja. Registrando un valor promedio general de 1,68%, indicando una baja disponibilidad de nitrógeno. Por lo tanto, se requieren planes de fertilización y manejo adecuado para el cultivo de caña de azúcar, bajo las recomendaciones de los análisis de rutina del suelo. No obstante, es importante realizar análisis de muestras de suelos individuales, antes de aplicar fertilizantes en la producción de caña de azúcar. es importante destacar que las recomendaciones de fertilización, generalmente, no reemplazan estos análisis, por lo tanto, es necesario realizarlos a nivel de parcela y, de ser posible, a nivel de tablón, y debe procurarse efectuar los mismos siempre que sea posible.

A pesar de que los productores de caña de azúcar han desestimado la corrección de la fertilidad del suelo en el SRRB y su resistencia a invertir



en el análisis de suelo con fines de fertilidad, el suelo ha respondido satisfactoriamente en la producción de caña de azúcar, el mismo mostró sus bondades como almacenador de nutrientes, tomando en cuenta que la fertilidad es relativamente baja, por lo que se ameritan planes manejo adecuado de fertilización del cultivo de caña de azúcar para que sea amigable con el ambiente, con la salud de los seres humanos, los animales y el suelo como protagonista en el proceso agroalimentario para la preservación de la especie humana.

### **Agradecimientos**

El autor agradece a la Corporación Venezolana Agraria (CVA-Azúcar); al Complejo Agroindustrial Azucarero Ezequiel Zamora, S.A. (CAAEZ, S.A.); a la Red de Productores y Productoras Libres y Asociados (REPLA); a los Técnicos de Campo adscritos a la Gerencia Agrícola del CAAEZ, S.A., por su valiosa colaboración en esta investigación.

### **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación está dedicado al Ingeniero Agroindustrial Ángel Montilla (†), quien se desempeñó como Coordinador de Agronomía en la Gerencia Agrícola del Complejo Agroindustrial Azucarero Ezequiel Zamora, S. A. (CAAEZ, SA), y Asesor en el Sistema de Riego Río Boconó (SRRB), durante el periodo 2008-2015.

### **Referencias**

- Agostini, M., Monterubbianesi, M., Studdert, G. y Maurette, S. (2014). Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. *Ciencia del suelo*, 32(2), 171-176.
- Alejo-Santiago, G., Salazar-Jara, F., García-Paredes, J., Arrieta-Ramos, B., Jiménez-Meza, V., y Sánchez-Monteón, A. (2012). Degradación físico-química de suelos agrícolas en San Pedro Lagunillas, Nayarit. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15, 323-328.



- Andrade, O., Arrieche, I., y León, M. (2014). Diagnóstico de la fertilidad de suelos agrícolas del estado Yaracuy basado en análisis de laboratorio. *Venesuelos* 22, 5-15.
- CENGICAÑA (2017). Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en caña de azúcar. CENGICAÑA Guatemala.
- Chinea-Horta, A., y Rodríguez-Izquierdo, L. (2021). Comportamiento geoespacial de algunas propiedades del suelo en el cultivo de la caña de azúcar. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(1), 3-8.
- CONADESUCA. (2015). Nutrición del cultivo de caña de azúcar y uso eficiente de fertilizantes. Boletín Técnico Informativo del sector de la caña de azúcar. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA). México.
- Gilabert, J., Arrieche, I., M. León, M., López, I. (2015). Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencia. INIA-CENIAP. Maracay, Venezuela.
- Holdridge, L. (1971). Forest environments in tropical life zones. A Pilot Study. New York, USA: Pergamon Press.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., y Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia*, 24(1), 49-61.
- NETAFIM. (2017). Caña de Azúcar. Netafim Latinameric. Israel.
- Pascual-Córdova, G., Obrador-Olán, J., Carrillo-Ávila, E., García-López, E., Sánchez-Soto, S., Guerrero-Peña, A., y Ortiz-García, C. (2018). Indicadores de calidad del suelo en el agroecosistema caña de azúcar (*Saccharum* spp.) *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 35: 1-25.
- Pérez-Figueredo, H. (2020). Evaluación de la variación de temperatura en Barinas: Periodo 2000-2015. *Ambientellania*, 3(1), 21-30.



- Pérez-Figueredo, H. (2021), Factores limitantes del suelo en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L). Revista Politécnica y Territorial, 7(1), 79-99.
- Porta, J., M. López-Acevedo, M., y C. Roquero (2003). Edafología para la agricultura y el ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Retureta, A., Hernández, E., Salazar Gómez, A., Tinoco, C., Vázquez, D., y Carmona, G. (2020). Fertilidad y producción de caña de azúcar en Hueyapan Ocampo, Veracruz, México. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan, 8(2), 118-127.
- Ribón, M., Salgado, S., Palma-López, D., y Lagunes-Espinoza, L. (2003). Propiedades químicas y físicas de un vertisol cultivado con caña de azúcar. Interciencia, 28(3), 154-159.
- Thorntwaite, C. (1948). An approach toward a rational classification of climate. The Geographical Review. 39(1), 55-93.
- USDA. (2017). The Soil Survey Manual. USA: United States Department of Agriculture.