

# EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DEGRADACIÓN DEL SUELO EN DOS SISTEMAS PRODUCTIVOS EN LA DEPRESIÓN DE QUÍBOR. I. ANÁLISIS MULTIVARIADO

Ingrid Acevedo<sup>1</sup>, Aymara Sánchez<sup>1</sup> y Betty Mendoza<sup>1</sup>

## RESUMEN

En la zona hortícola de Quíbor, estado Lara, Venezuela, se ha aplicado como sistema de manejo convencional el cultivo de cebolla con riego por surcos, aunque actualmente se están implementando cambios en la producción hortícola como es el paso hacia el sistema convencional del cultivo de maíz súper dulce que pueden repercutir en el suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el nivel de degradación que pudiera existir en el suelo de los dos sistemas productivos utilizando análisis multivariado. Se aplicó un experimento de parcelas grandes mediante muestreos en cuadrícula 10 x10 en los suelos bajo el sistema convencional-maíz súper dulce y convencional-cebolla. En cada punto de muestreo se tomaron muestras de suelo en tres estratos (0-5, 5-18 y 18-50 cm de profundidad) y se determinaron los siguientes atributos: químicos (pH, CE, contenido de macronutrientes, CIC y nitrógeno total; físicos (textura, distribución de tamaño de partícula, densidad aparente, porosidad total, macro y microporosidad, conductividad hidráulica saturada y estabilidad de los agregados); y biológicos (respiración basal, biomasa microbiana, coeficiente metabólico y la relación carbono microbiano-carbono orgánico). El análisis de componentes principales permitió definir los atributos químicos, físicos y biológicos que mejor reflejaron las condiciones de degradación en cada suelo. Se encontraron condiciones importantes de degradación en ambos suelos las cuales están relacionadas con las características intrínsecas y de manejo en cada sistema productivo.

**Palabras-clave adicionales:** Cebolla, fertirriego, maíz súper dulce, manejo del suelo

## ABSTRACT

### **Evaluation of the level of soil degradation in two productive systems in the Quibor depression. I. Multivariate analysis**

In the horticultural zone of Quíbor, Lara State, Venezuela, cultivation of furrow irrigated onion has been applied as a conventional management system, although changes are currently being implemented in horticultural production, such as the move towards the conventional system of cultivation of super sweet corn, which could affect the soil. The objective of this work was to evaluate, using multivariate analysis, the level of degradation that might exist in the soil of the two productive systems. A large-plot experiment was applied by sampling in a 10 x 10 grid in the soils of both production systems. At each sampling point, soil samples were taken in three strata (0-5, 5-18 and 18-50 cm deep) and we measured the following attributes: chemical (pH, EC, macronutrient content, CEC and total nitrogen); physical (texture, particle size distribution, apparent density, total porosity, macro and micro-porosity, saturated hydraulic conductivity and aggregate stability), and biological (basal respiration, microbial biomass, metabolic coefficient and the microbial carbon-organic carbon ratio). The principal component analysis allowed to define the chemical, physical, and biological attributes that best reflected the degradation conditions in each soil. Important degradation conditions were found in both soils, which are related to the intrinsic and management characteristics of each productive system.

**Additional keywords:** Fertilization, onion, soil management, super sweet corn

## INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo es un proceso que afecta negativamente la biofísica interna del suelo para soportar vida en un ecosistema, incluyendo aceptar, almacenar y reciclar agua, materia orgánica y nutrientes.

La actividad agrícola convencional tiene una gran responsabilidad en el empobrecimiento de la vegetación que a su vez conlleva a la degradación del suelo y la desaparición de los cursos de agua (Mogollón et al., 2016).

Entre otras causas, la degradación del suelo puede ocurrir por el deterioro de la estructura del

Recibido: Enero 3, 2020

Aceptado: Septiembre 28, 2020

<sup>1</sup> Dpto. Química y Suelos, Decanato de Agronomía, Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado. Apdo. 400. Barquisimeto, Venezuela. e-mail: [ingridacevedo@ucla.edu.ve](mailto:ingridacevedo@ucla.edu.ve); [aymaras@ucla.edu.ve](mailto:aymaras@ucla.edu.ve); [bettymendoza@ucla.edu.ve](mailto:bettymendoza@ucla.edu.ve)

suelo (degradación física), cambios químicos y degradación biológica, resultado de un desequilibrio en la actividad biológica en el suelo, incluida la pérdida del banco de semillas y microorganismos de importancia en procesos de fertilidad y descontaminación (Cotler et al., 2007).

Ocurre cuando el suelo pierde importantes propiedades como consecuencia de una inadecuada utilización lo que disminuye su calidad; ésta se puede definir como su capacidad para sostener la productividad biológica manteniendo la calidad ambiental y promover la salud de la flora y la fauna (Ochoa et al., 2007; Villarreal et al. 2013). Su medición requiere de indicadores basados en las propiedades o procesos que en él ocurren (Pla, 1983; Duval et al., 2016).

Los indicadores de calidad al no ser universales son elegidos en función del tipo de ambiente y suelo de la región en estudio (Jiménez y Quiñonez, 2006; Cantú et al., 2007), dentro de un contexto de las características climáticas del sitio o se utilizan indicadores previos establecidos en la zona (Prieto et al., 2013; Estrada et al., 2017).

La zona hortícola de Quíbor, Venezuela, presenta indicadores de calidad en suelo de textura fina generados en el sistema de manejo convencional del cultivo de cebolla de trayectoria en la zona, con riego por gravedad, aunque actualmente se está desarrollando el cultivo de maíz súper dulce con riego por goteo, en suelo de textura franca (Mendoza et al., 2014; Torres et al., 2017). Por esto, resulta importante verificar la aplicabilidad de sus atributos como indicadores en otras condiciones temporales, de manejo y de uso.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el nivel de degradación que pudiera existir en el suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quíbor luego de definir diferentes atributos físicos, químicos y biológicos mediante el uso del análisis multivariado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación del área bajo estudio.** La investigación se realizó en dos suelos de la serie Quíbor, ubicados en la hacienda “El Caujaral”, municipio Jiménez, estado Lara, Venezuela, en las coordenadas 9°56' N y 69°38' W, a una altitud de 600 msnm, con precipitación de 400-500 mm anuales y temperatura media de 25,5 °C.

**Descripción de los manejos en los sistemas de producción.** Los sistemas productivos estudiados fueron convencional-maíz súper dulce y convencional-cebolla. Ambos sistemas productivos se desarrollaron en suelo representativo de la serie Quíbor descrito como un Typic Haplocambids arcilloso, isohipertérmico, mixto, calcáreo (Pérez et al., 1995). El sistema de producción del cultivo de maíz súper dulce se aplica en suelo con textura franco arcillo limoso, con un monocultivo de dos ciclos al año y una duración del cultivo de 75 a 85 días cada uno, intercalados por dos meses entre ciclos y cinco meses de descanso. Para la preparación del suelo se utiliza rastreo, nivelación y conformación de ligeros surcos, donde se colocan las cintas de riego por goteo. Las plántulas se transplantan de forma manual en hilera simple al lado de la cinta de riego, a una distancia de 0,27 m entre plantas y 0,80 m entre hileras. El riego se realiza seis veces por semana, con una frecuencia de tres a cuatro veces por día y el fertirriego se realiza cinco veces por semana hasta los 55 días después de la siembra empleando ácido nítrico, fórmula completa 13-3-43, fosfato monoamónico, urea y sulfato de magnesio en 800 L de agua, lo cual representa aproximadamente 290 kg·ha<sup>-1</sup> de N, 130 kg·ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 280 kg·ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y 150 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO. Este sistema productivo se ha utilizado desde el año 2016.

El sistema de producción del cultivo de cebolla se ha aplicado durante 16 años en un suelo con textura arcillo limosa y se caracteriza por permitir un tiempo de descanso del suelo de seis a 10 meses entre cosechas. La preparación incluye rastreo, nivelación y conformación de surcos para el riego. La fertilización consistió en aplicaciones de 600 kg·ha<sup>-1</sup> de fosfato diamónico, 1500 kg·ha<sup>-1</sup> de sulfato de amonio y 300 kg·ha<sup>-1</sup> de sulfato doble de potasio y magnesio. También se aplicaron 15-20 Mg·ha<sup>-1</sup> procedente de la mezcla de estiércol de gallina (55 %), estiércol bovino (40 %), estiércol de caballo (5 %) y polienzimas (0,25 g·L<sup>-1</sup>).

**Muestreo del suelo.** Se seleccionó al azar un área de suelo en ambos sistemas productivos y se muestrearon nueve puntos distribuidos en cuadrículas equidistantes de 10 m entre ellos. El muestreo y los análisis de laboratorio del sistema convencional-cebolla se realizaron en el año 2010 y en el manejo convencional maíz súper dulce en el 2018. En ambos casos, el muestreo de suelo se

realizó después de la cosecha en la zona radical. En cada punto se tomaron muestras de suelo simples (no disturbadas) y muestras compuestas (disturbadas) en tres estratos (0-5, 5-18 y 18-50 cm de profundidad). Estos estratos se definieron por la conformación del terreno (surcos), donde el primero fue desde el nivel donde se cultivó la cebolla hasta los primeros 5 cm, luego de 5 cm al fondo del surco y el tercer estrato fue hasta 50 cm de profundidad por cambio de color en el perfil a ese nivel.

Para las muestras de suelo no disturbadas se tomaron tres réplicas por punto en las profundidades indicadas utilizando cilindros y un muestreador tipo Uhland para determinar las propiedades físicas del suelo (porosidad, densidad aparente y conductividad hidráulica). Las muestras compuestas se conformaron por siete submuestras tomadas un área de 1 m<sup>2</sup> en cada punto en las tres profundidades. La muestra compuesta fue dividida en dos porciones, una para análisis químico (secado al aire y tamizados a 2 mm) y otra para determinaciones biológicas, la cual fue trasladada en cavas, conservando la humedad del campo (aproximadamente 24 %). Estas muestras húmedas se pasaron por un tamiz 2 mm después de colocadas a secar en condiciones de laboratorio hasta la humedad aproximada de 19 %, y se guardaron refrigeradas 4 °C por un tiempo no mayor de tres meses.

**Variables evaluadas.** Se evaluaron los atributos químicos y físicos en tres estratos del suelo, y los biológicos sólo en los dos primeros estratos.

- **Atributos físicos:** La porosidad total (PT), macroporosidad (Mac), microporosidad (Mic) y densidad aparente (Da) se determinaron por la metodología de Pla (1983). Para la estimación de la conductividad hidráulica saturada (Ks) se utilizó un permeámetro con carga constante. También se determinó la distribución de tamaño de partículas y textura del suelo por el método de Bouyoucos con hidrómetro (Pla, 1983) y se calculó el índice de separabilidad de las partículas minerales del suelo (ISP) a partir de la siguiente fórmula (Florentino, UCV. Datos no publicados):

$$ISP = \frac{\% \text{ Arcilla}}{(\% \text{ Limo} + \% \text{ Arena muy fina} + \% \text{ Arena fina})}$$

El porcentaje de agregados estables al agua (AE) se evaluó utilizando agregados de 2-4 mm, con humedecimiento lento y tamizado en húmedo, con un equipo Eikelkampe, el cual separa los

agregados estables mayores a 250 µm (Kemper y Rosenau, 1986).

- **Atributos químicos:** El pH y la conductividad eléctrica (CE) se determinaron en suspensión suelo:agua 1:1, mediante un potenciómetro y un conductímetro, respectivamente (López y López, 1985). Para la estimación de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) disponible se utilizó la solución extractora de Mehlich 1. El carbono orgánico (CO) se determinó por el método de la combustión húmeda de Walkley y Black. La capacidad de intercambio catiónico se midió por el método del acetato de sodio a pH 8,2 (ICA, 1989). El nitrógeno total (NT) se determinó por la metodología de Bremner (1996).

- **Atributos biológicos:** Se evaluó la respiración basal por el método colorimétrico descrito por Alef (1995). El carbono microbiano (CBm) por el método de fumigación-extracción modificado de Vance et al. (1987).

En total, se seleccionaron 29 atributos físicos, químicos y biológicos del suelo con el sistema convencional-maíz súper dulce y convencional-cebolla en el primer y segundo estrato, y 24 atributos físicos y químicos del tercer estrato (18 - 50 cm). Luego se aplicó un análisis de componentes principales (ACP) en conjunto a los resultados de estos atributos utilizando el paquete estadístico InfoStat versión 2008 (Di Rienzo et al., 2008) y se tomaron como indicadores aquellos atributos que resultaron correlacionados en más del 80 % con el componente que explicó la mayor variación (Torres et al., 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de componente principales (ACP) de los atributos físicos, químicos y biológicos para los tres estratos estudiados se muestran en la Figura 1. Se destaca que los atributos con los valores más altos en el segundo y tercer estrato se presentaron en el sistema convencional cebolla, a diferencia de lo que ocurrió en el estrato más superficial

**Primer estrato:** El análisis del ACP en conjunto para los atributos del suelo con el sistema convencional-maíz súper dulce y convencional-cebolla reveló dos componentes principales con un 69,3 % de la variabilidad total de los datos, donde el componente principal 1 (CP1) explicó el 52 % y el componente principal 2

(CP2) el 13,7 % de la variabilidad total (Figura 1a).

Se observa que el CP1 separó claramente el sistema convencional-maíz súper dulce del convencional-cebolla, lo cual indica que este componente discrimina el efecto del sistema productivo sobre los atributos. Por otra parte, el CP2 denota la presencia de alta variación en los valores en el suelo bajo el sistema convencional-maíz súper dulce en la zona de muestreo, lo cual sugiere alta variabilidad espacial del suelo, que no es producto del manejo y el tipo de uso.

En este primer estrato, los atributos con correlación positiva al CP1 (superior al valor de 0,80) fueron el contenido de arena, limo, potasio, relación C/N, CO/A y Ca/Mg, los cuales representan valores altos para el sistema convencional-maíz súper dulce (Cuadro 1). Esto muestra el predominio del contenido de arena y limo (la textura es franco arcillo-limosa) que influye en los valores altos en la relación CO/A. Además este sistema productivo ha favorecido la disponibilidad de potasio, aunque con detrimento de la disponibilidad de magnesio y nitrógeno, por presentar alta relación calcio/magnesio y carbono /nitrógeno.

Por el contrario, los atributos con correlación negativa al CP1 superior a 0,80 representan los valores altos para la condición de suelo bajo sistema convencional-cebolla (Cuadro 1), los cuales corresponden a la porosidad total, contenido de arcilla, pH, contenido de magnesio, fósforo, nitrógeno total, relación Ca/K e ISP. Esto refleja que el suelo presentó predominio en el contenido arcilla (la textura es arcillo-limosa), lo cual influye en los valores altos del ISP y porosidad total. Así mismo, el sistema productivo convencional-cebolla se relacionó con mayor de pH, contenido de magnesio, fósforo, nitrógeno total y relación Ca/K, en comparación al suelo bajo el sistema convencional-maíz súper dulce, lo cual se atribuye al plan de fertilización.

Con respecto al CP2, el cual discrimina el comportamiento de los puntos de muestreo, refleja que los atributos con correlación positiva superior a 0,80 fueron el contenido de calcio y la relación Ca/MO (Cuadro 1).

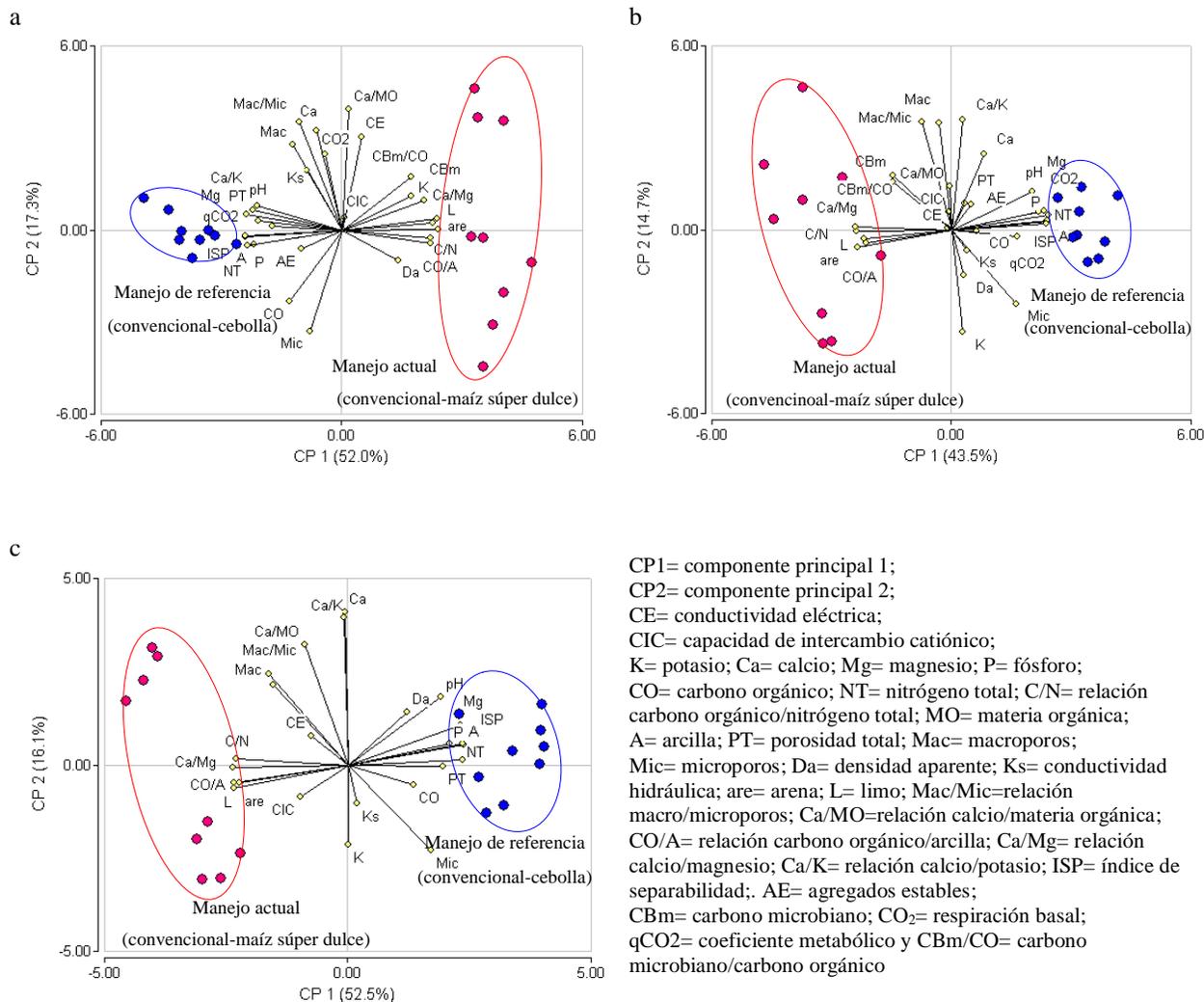
**Segundo estrato:** El ACP explicó el 58,2 % de la variación de los datos, representado por un 43,5 % del CP1 y un 14,7 % CP2 (Figura 1b). De igual modo que en el primer estrato, el análisis reflejó que el CP1 distingue claramente el sistema

convencional-maíz súper dulce del convencional-cebolla, lo cual indica que este componente discrimina el efecto del sistema productivo sobre los atributos. Así mismo, el CP2 denota alta variabilidad espacial de los atributos del suelo bajo el sistema convencional-maíz súper dulce, a diferencia del sistema convencional-cebolla, el cual muestra puntos mucho más concentrados en la Figura.

Los atributos con correlación positiva al CP1 superior a 0,80 en el segundo estrato fueron el contenido de arcilla, pH, contenido de magnesio, fósforo disponible, nitrógeno total, índice de separabilidad de partículas y respiración basal (Cuadro 1), que representan valores altos para la condición del suelo bajo el sistema convencional-cebolla, lo cual está asociado a la textura del suelo (arcillo limosa) y que influye en el ISP. Los valores altos de la respiración basal indican una mayor actividad microbiana del suelo en este sistema atribuido a la adición permanente y continua de fuentes exógenas de materia orgánica lábil al suelo y la subsecuente estimulación de los microorganismos heterotróficos (Okur et al., 2015; Paolini, 2017). Resultados comparativos fueron hallados por Mendoza et al. (2014) en este tipo de suelo. Además, el mayor contenido de Mg, P, NT y actividad microbiana del sistema convencional-cebolla pueden estar asociados a la fertilización potásica y fosfórica.

Por el contrario, el suelo bajo el sistema convencional-maíz súper dulce presentó valores altos de contenido de arena, relación C/N, CO/A y Ca/Mg, que representan los atributos con correlación negativa al CP1. Los atributos con correlación positiva al CP2 superior a 0,80 fueron el porcentaje de macroporos, relación macroporos/microporos y Ca/K (Cuadro 1).

**Tercer estrato:** Los componentes principales generados de 24 atributos explican el 68,6 % de la variación de los datos, representado por un 52,5 % del CP1 y un 16,1 % el CP2 (Figura 1c). Igual al primer y segundo estrato, el CP1 distingue claramente el sistema convencional-cebolla del convencional-maíz súper dulce, lo cual indica que este componente discrimina el efecto del sistema de manejo y tipo de uso sobre los atributos. Así mismo, el CP2 denota alta variación que se atribuye a la variabilidad espacial del suelo bajo estudio.



**Figura 1.** Representación gráfica de los atributos químicos, físicos y biológicos de los suelos en el primer estrato (a), segundo estrato (b) y tercer estrato del suelo (c) en dos sistemas productivos de la depresión de Quíbor, estado Lara, Venezuela

Los atributos con correlación positiva al CP1 (superior al 0,80) en el tercer estrato fueron el contenido de arcilla, contenido de magnesio, fósforo, nitrógeno total e índice de separabilidad de partículas (Cuadro 1), los cuales presentaron valores altos en el suelo bajo el sistema convencional-cebolla, por presentar textura arcillo limosa y el aporte de fertilizantes minerales. En cambio los atributos con correlación negativa al CP1, que representan altos valores para el suelo bajo el sistema convencional-maíz súper dulce, fueron el contenido de arena, limo, relación C/N, CO/A y Ca/Mg, asociados a la textura del suelo (franco arcillo- limosa), así como bajo contenido

de magnesio. Para el CP2, los atributos con correlación positiva fueron el contenido de calcio, la relación Ca/K (Cuadro 1), los cuales reflejan que los puntos de muestreo presentaron variabilidad en los contenidos de cationes en el suelo.

**Total de estratos:** Los atributos químicos, físicos y biológicos con correlación superior a 0,80 a los componentes principales generados en al menos un estrato que se seleccionaron como indicadores fueron la PT, pH, P, NT, C/N, Mac/Mic, CO/A, Ca/Mg, Ca/K, Ca/MO, ISP, CBm y qCO<sub>2</sub>, ya que se consideraron las variables que no estuvieran contenidas en otras y aportarían mayor

información. También se incluyó como indicador biológico la CBm por ser muy dinámica y sensible a los cambios en el manejo (Navarrete et al., 2011).

**Cuadro 1.** Correlaciones de los atributos químicos, físicos y biológicos con los componentes principales generados en los tres estratos estudiados en los suelos de la depresión de Quíbor, estado Lara, Venezuela

Atributos	Estrato 1		Estrato 2		Estrato 3	
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
Porosidad total (PT)	-0,84	0,07	0,14	0,20	0,80	-0,01
Macroporos (Mac)	0,50	0,66	-0,12	0,83	-0,64	0,49
Microsporos (Mic)	-0,32	-0,78	0,67	-0,57	0,70	-0,52
Densidad aparente (Da)	0,58	-0,23	0,12	-0,35	0,50	0,32
Conductibilidad hidraulica (Ks)	-0,35	0,45	0,16	-0,16	0,07	-0,24
Porcentaje de arena (are)	0,98	0,01	-0,96	-0,13	-0,96	-0,14
Porcentaje de limo (L)	0,98	0,08	-0,97	-0,02	-0,97	-0,11
Porcentaje de arcilla (A)	-0,98	-0,06	0,97	0,06	0,98	0,12
pH	-0,86	0,19	0,83	0,30	0,79	0,41
CIC	0,03	0,09	-0,03	0,14	-0,40	-0,20
Conductibilidad eléctrica (CE)	0,20	0,71	-0,04	0,01	-0,31	0,18
Contenido de potasio (K)	0,84	0,23	0,11	-0,79	4,8E-03	-0,59
Contenido de calcio (Ca)	-0,43	0,83	0,34	0,58	-0,02	0,94
Contenido de magnesio (Mg)	-0,97	0,12	0,99	0,11	0,95	0,24
Contenido de fósforo (P)	-0,89	-0,11	0,94	0,14	0,86	0,13
Nitrogeno total (NT)	-0,96	-0,12	0,97	0,07	0,98	0,03
Carbono orgánico (CO)	-0,53	-0,55	0,26	-0,01	0,56	-0,12
C/N	0,90	-0,06	-0,89	-0,03	-0,94	0,04
Macro/ microsporos (Mac/Mic)	-0,26	0,76	-0,30	0,83	-0,67	0,55
CO/A	0,91	-0,11	-0,86	-0,11	-0,92	-0,11
Calcio/magnesio (Ca/Mg)	0,93	0,05	-0,98	0,02	-0,97	-0,02
Calcio/potasio (Ca/K)	-0,90	0,15	0,12	0,85	-0,03	0,90
Calcio/MO (Ca/MO)	0,07	0,92	-0,02	0,34	-0,36	0,74
Índice de separabilidad (ISP)	-0,98	-0,05	0,97	0,05	0,97	0,13
Agregados estables (AE)	-0,41	0,14	0,20	0,19	-	-
Carbono microbiano (CBm)	0,70	0,26	-0,60	0,42	-	-
Respiración basal (CO <sub>2</sub> )	-0,17	0,58	0,89	0,14	-	-
Coefficiente metabólico (qCO <sub>2</sub> )	-0,71	0,03	0,68	-0,05	-	-
CBm/CO	0,71	0,41	-0,60	0,37	-	-

CIC: Capacidad de intercambio catiónico; C/N: Carbono orgánico/nitrógeno; CO/A: Carbono orgánico/arcilla

## CONCLUSIONES

Los atributos físicos, químicos y biológicos utilizados reflejan condiciones importantes de degradación de los suelos en los sistemas convencionales de cebolla y maíz super dulce en la depresión de Quíbor relacionadas a sus características intrínsecas y de manejo.

## LITERATURA CITADA

1. Alef, K. 1995. Soil respiration. *In*: Alef, K., P. Nannipieri. (eds.). *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press. Harcourt Brace y company Publishers. Orlando, FL. pp. 214-217.
2. Bremner, J. 1996. Nitrogen-total. *In*: D. L.

- Sparks (ed.). *Methods of Soil Analyses. Part 3. Chemical Methods*. ASA, SSS América, CSSA INC. Wisconsin, USA. pp. 1085-1121.
3. Cantú, M., A. Becker, J. Bedano y H. Schiavo. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *CI. Suelo (Argentina)* 25(2): 173-178.
  4. Cotler, H., E. Sotelo, J. Domínguez, M. Zorrilla, S. Cortina y L. Quiñones 2007. La conservación de suelos como un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica* 83: 5-71.
  5. Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. Robledo. 2008. *InfoStat versión 2008*, Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
  6. Duval, M., J. Galantini, J. Martínez y J. Iglesias. 2016. Comparación de índices de calidad de suelos agrícolas y naturales basados en el carbono orgánico. *Ciencia del suelo (Argentina)* 34(2): 197-209.
  7. Estrada-Herrera, I., C. Hidalgo-Moreno, R. Guzmán-Plazola, J. Almaraz, H. Navarro-Garza, J. Etchevers-Barra. 2017. Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia* 51: 813-831.
  8. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 1989. *Manual de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Manual de Asistencia Técnica N° 47*. ICA. Bogotá. 236 p.
  9. Jiménez, B. y V. González-Quñones. 2006. La calidad de suelos como medida para su conservación. *Edafología* 13 (3): 125-138.
  10. Kemper, W. y R. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. *In: A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. Agron. Monogr. No. 9*. ASA-SSSA, Madison, WI, USA. pp. 425-461.
  11. López, R. y M. López. 1985. *El diagnóstico de suelo y plantas (Métodos de campo y laboratorio)*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
  12. Mendoza, B., A. Florentino, M. Henríquez y O. Rodríguez. 2014. Atributos biológicos de dos suelos de Quíbor bajo diferentes uso y manejo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ) Supl. 1*: 644-655.
  13. Mogollón, J., W. Rivas, P. Alvizu, E. Márquez, M. Colmenares, L. Lemus, S. Hernández y A. Martínez. 2016. Calidad de la vegetación como indicador de desertificación en la península de Paraguaná, Venezuela. *Ágora de Heterodoxias* 2(2): 72-97.
  14. Navarrete, A., G. Vela, J. López y M. Rodríguez. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *Contactos* 80: 29-37.
  15. Ochoa, V., B. Hinojosa, B. Gómez-Muñoz y R. García-Ruiz. 2007. Actividades enzimáticas como indicadores de calidad del suelo en agroecosistemas ecológicos. *Ini. Inv.* 2: 1-10.
  16. Okur, N., H. H. Kayikcioglu, F. Ates y B. Yagmur. 2015. A comparison of soil quality and yield parameters under organic and conventional vineyard systems in Mediterranean conditions (west Turkey). *Biol. Agric. Hort.* 32: 1-12.
  17. Paolini, J. E. 2017. Actividad microbiana y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos. *Terra Latinoamericana* 36: 13-22.
  18. Pérez, J. R., R. Schargel, J. M. Gómez y C. Ohep. 1995. Estudio semidetallado de suelos a nivel de series del valle de Quíbor. Barquisimeto: Sistema Hidráulico Yacambú-Quíbor, Venezuela. 78 p.
  19. Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Revista de la Facultad de Agronomía, Alcance*. 32: 1- 90.
  20. Prieto-Méndez, J., F. Prieto-García, O. Acevedo-Sandoval, M. Méndez-Marzo. 2013. Indicadores e índices de calidad de los suelos (ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo, México. *Agronomía Mesoamericana* 24(1):83-91.
  21. Torres, D., A. Florentino y M. López. 2006. Indicadores e índices de calidad del suelo en un Ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservacionista en Guárico, Venezuela. *Bioagro* 18(2): 83-91.
  22. Torres, D., J. Alvarez, J. Contreras, M. Henríquez, W. Hernández, J. Lorbes y J. Mogollón. 2017. Identificación de potencialidades y limitaciones de suelos agrícolas del estado Lara, Venezuela. *Bioagro*

- 29(3): 207-218.
23. Vance, E., P. Brookes y D. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.
24. Villarreal-Núñez, J., I. Pla-Sentis, L. Agudo-Martínez, J. Villaláz-Pérez, F. Rosales y L. Pocasangre. 2013. Índice de calidad del suelo en áreas cultivadas con banano en Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 24(2):301-315.