

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICASociedad Colombiana
de la Ciencia del Suelo**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE UN HUERTO URBANO EN XALAPA, MÉXICO.****De la Cruz-Elizondo, Yadeneyro¹ ✉, Fontalvo-Buelvas, Juan Camilo¹**¹ Universidad Veracruzana,
Facultad de Biología
Campus Xalapa.✉
ydelacruz@uv.mx**RESUMEN**

Los suelos de las ciudades tienen una historia de formación particular, lo que hace que tengan propiedades variables que deben ser ajustadas cuando se tiene la intención de darles un uso agrícola. En este trabajo evaluamos la calidad del suelo de un área verde urbana en Xalapa, Veracruz (México), previo a la implementación de un huerto universitario, a través de la determinación rápida de algunas propiedades físicas, químicas y biológicas. Se tomaron muestras de suelo mediante la técnica descrita por la NOM-021 RECNAT-2000 y el método de TSBF. Los resultados obtenidos mostraron que el suelo evaluado es de color café y de textura franco arenosa, con agregados de pobre estabilidad, la densidad aparente (DA) fue de (2.52 g/cm³), la capacidad de campo (CC) fue de 49.04 %, su pH es óptimo para el cultivo de hortalizas (6.58) y la materia orgánica (MO) es de clase media (6.45 %). A nivel biológico, la densidad de lombrices fue de 67.2 ind/m² y el número grupos edáficos (5) por metro cuadrado resultó ser pobre. La cantidad de hojarasca en el mantillo (118.4 g/m²) y la profundidad de las raíces (30.3 cm) fue moderadamente buena; además, la respiración microbiana y los miligramos de glomalina mostraron indicios de que los procesos enzimáticos se están desarrollando eficientemente. La calidad del suelo evaluado fue de condición moderada; sin embargo, es necesario establecer un plan de manejo integral del suelo para mejorar algunas propiedades y fortalecer otras de forma sinérgica

PALABRASpropiedades,
ciudades, agrícola, manejo.**CLAVES:**edáficas,
manejo.**EVALUATION OF THE SOIL QUALITY OF AN URBAN ORCHARD IN XALAPA, MEXICO.****KEY WORDS::** properties,
edaphic, cities, agriculture,
management.**ABSTRACT**

The soils of the cities have a history of particular formation, which means that they have variable properties that must be adjusted when they are intended to be used agriculturally. In this work we evaluate the soil quality of an urban green area in Xalapa, Veracruz (Mexico), prior to the implementation of a university orchard, through the rapid determination of some physical, chemical and biological properties. Soil samples were taken using the technique described by NOM-021 RECNAT-2000 and the TSBF method. The results obtained showed that the soil evaluated is brown and sandy franc texture, with aggregates of poor stability, the apparent density (DA) was (2.52 g/cm³), the field capacity (CC) was 49.04 %, the pH is optimal for growing vegetables (6.58) and organic matter (MO) is of middle class (6.45 %). On a biological level, the density of worms was 67.2 ind/m² and the number of edaphic groups (5) per square meter turned out to be poor. The amount of leaf litter in the mulch (118.4 g/m²) and the depth of the roots (30.3 cm) was moderately good; In addition, microbial respiration and glomalin milligrams showed signs that enzyme processes are developing efficiently. The soil quality evaluated was moderate condition; however, it is necessary to establish a comprehensive soil management plan to improve some properties and strengthen others synergistically

SUELOS
ECUATORIALES
49 (1 y 2): 29-37ISSN 0562-5351
e-ISSN 2665-6558Rec.: 17.11.2019
Acep.: 03.12.2019

INTRODUCCIÓN

El suelo desempeña un rol importante en los agroecosistemas, ya que es esencial para promover la biodiversidad y la producción agrícola (Ding *et al.*, 2013). La calidad del suelo se manifiesta en el pleno funcionamiento de los servicios ambientales que este puede tener en un tiempo determinado (Karlen *et al.*, 1997). La manera más fiable que permite tener una noción acerca de la calidad del suelo es evaluando sus propiedades, esto a través de los parámetros físicos, químicos y biológicos (Cruz *et al.*, 2004). Por ello, cuando se desean adoptar prácticas agrícolas en espacios urbanos, es importante evaluar la salud del suelo, especialmente en términos de fertilidad (Delgado, 2015). Lo anterior, es posible haciendo una caracterización en la que se correlacionan los parámetros físicos, químicos y biológicos con las funciones del suelo. La dinámica de las propiedades del suelo es transcendental para la productividad de los cultivos; por ejemplo, la disminución de la biota edáfica afecta la disponibilidad de la MO y retrasa los procesos de mineralización, aspecto esencial para la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas (Cantú *et al.*, 2007).

Un alto número de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y bioquímicos son responsables de la fertilidad del suelo (Andrades y Martínez, 2001). Sin embargo, por la dificultad que representa considerarlos todos, resulta útil y práctico seleccionar los más informativos y confiables (Gil-Sotres *et al.*, 2005). En general, los parámetros fisicoquímicos son de escasa utilidad como indicadores, ya que se modifican a menudo cuando los suelos están sujetos a perturbaciones o han tenido una historia edafológica drástica, como es el caso de los suelos urbanos (Filip, 2002). Por lo que la selección de algunos indicadores estrechamente relacionados puede ofrecer información relevante sobre la calidad del suelo y su posible manejo futuro (De la Cruz y Fontalvo, 2019). Estos indicadores, deben ser una medida que proporcione información confiable y fácil de interpretar, para que sea funcional al momento de tomar decisiones de

manejo (Arshad y Martin, 2002). Por lo anterior, el objetivo principal de este estudio fue evaluar la calidad del suelo de un área verde urbana para verificar su aptitud para el uso agrícola como huerto universitario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este trabajo se desarrolló en el Huerto Agroecológico, un espacio de enseñanza-aprendizaje (De la Cruz *et al.*, 2018) en la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana (Xalapa, México). La cual se encuentra georreferenciada en la latitud 19°30'54.17"N y longitud -96°55'5.35"O y comprende cerca de 330m². El clima en esta zona es templado húmedo y variado, se clasifica como Cfb por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual se encuentra a 18.2 °C y la precipitación es de 1,587 mm al año (INEGI, 2017).

Diseño de muestreo

Las muestras se tomaron mediante la técnica descrita por la Norma Mexicana NOM-021 RECNAT-2000. Se realizó un transecto lineal de 20m, se marcaron cinco puntos cada 5m con cuadrantes de 25x25cm y 30cm de fondo. Las muestras fueron procesadas y analizadas en el Laboratorio de Química de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana.

Evaluación de propiedades del suelo

Se evaluó la Capacidad de Campo (CC) con base en el método de Richards y Weaver (1944), la textura del suelo se efectuó mediante el procedimiento de Bouyoucos (1962) y los agregados del suelo se valoraron tomando como referencia la Guía técnica de campo para la evaluación visual de los suelos (Frutícola, 2008). La Densidad Aparente (DA) se determinó utilizando parafina a través del método AS-03 de la NOM-021 RECNAT-2000 y el color se determinó según la Carta Munsell (1975). El pH se determinó mediante el método electrométrico y el porcentaje de Materia Orgánica (MO) se obtuvo siguiendo el método de

Walkley y Black (1934). La tasa potencial de mineralización del carbono (respiración microbiana) se realizó de acuerdo con la técnica de Coleman *et al.*, (1978); la prueba de glomalina se realizó mediante la técnica de glomalina fácilmente extraíble (Wright y Upadhyaya, 1998). La densidad de lombrices y de otros grupos edáficos, junto con la profundidad de raíces y la prueba de hojarasca del suelo se realizaron siguiendo el método TSBF (Anderson e Ingram, 1993).

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a análisis descriptivos,

básicamente se calcularon promedios para cada uno de los valores cuantitativos obtenidos, usando Microsoft Excel versión 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad del suelo del Huerto Agroecológico es moderada, presentó en general propiedades bioquímicas sobresalientes y óptimas para el uso agrícola (Tabla 1), por lo que los esfuerzos de manejo deben centrarse en las propiedades físicas, entiendo que la dinámica del suelo favorece procesos sinérgicos.

Tabla 1. Valores e interpretación de las propiedades evaluadas para determinar la calidad del suelo del Huerto.

Propiedad evaluada	Valor	Interpretación
Capacidad de campo	49.04 % de H ₂ O/100g _{ss}	Condición buena
Textura	Franco arenosa	Condición buena
Agregados	CV:1	Condición moderada
Densidad Aparente	2.52 g/cm ³	Condición inadecuada
Color	Café	Condición moderada
pH	6.58	Moderadamente ácido
Materia Orgánica	6.45 %	Condición moderada
Profundidad de las raíces	8.3 cm	Condición inadecuada
Hojarasca	118.4 g/m ²	Condición moderada
Lombrices	67.2 ind/m ²	Condición moderada
Número de grupos edáficos	5	Condición moderada
Respiración Microbiana	4.8 mg C-CO ₂ /100 g ⁻¹ /día ⁻¹	Condición moderada
Glomalina	12.70 mg/g ⁻¹	Condición moderada

Propiedades físicas

La CC para el suelo evaluado fue de 49.04 %, una buena condición según la NOM-021, un valor óptimo para la siembra de hortalizas. Esta medida es muy útil para calcular la dosis de riego de los cultivos y ofrece una noción muy real acerca de las características hídricas del suelo. A pesar de la alta densidad aparente, la capacidad de retención de agua sigue siendo buena por la presencia de limos y arcillas, y por la presencia de organismos edáficos que siguen haciendo galerías y favorecen

la porosidad. La CC es vital para la retención de agua, la disolución de nutrientes para las plantas y para crear microhábitats de microorganismos (Cassel y Nielsen, 1986).

La textura del suelo fue franco arenosa, óptima para el cultivo de hortalizas. Este resultado mantiene concordancia con un estudio desarrollado por Logsdon y Sauer (2017) en suelos urbanos de Ames (Iowa, EE.UU.), donde hallaron que la mayoría de los suelos evaluados eran de textura franca, franco arcillosa y en un sólo sitio fue franco arenosa. La

textura del suelo es el resultado de los procesos pedogenéticos propios de cada región y en el caso de los suelos urbanos se complementa con una alta influencia antrópica. Generalmente, en las urbes ocurren introducciones y extracciones dinámicas de materiales que van configurando texturas variables, resultado en su mayoría suelos arenosos o derivados. En los suelos urbanos predominan los suelos francos con amplia tendencia hacia lo arenoso, debido a la incorporación de arenas provenientes de escombros y otros materiales de construcción.

El suelo del Huerto presentó agregados moderados ($V=1$) esto indica que el suelo presenta una proporción significativa (cerca del 60%) de terrones grandes y firmes con formas angulares y subangulares, y en menor proporción (40%) se encuentran los agregados friables y finos (en su mayoría arena). Esta distribución de los agregados hace que se pierdan fácilmente los nutrientes del suelo cuando ocurren las precipitaciones. La dinámica de los agregados cumple un papel trascendental en la salud del suelo, ya que regulan la aireación, el intercambio gaseoso, el movimiento y almacenamiento de agua, la temperatura, la penetración y desarrollo de las raíces, movilización de nutrientes, resistencia a la degradación estructural y la erosión (Rillig *et al.*, 2017). Es recomendable incorporar materia orgánica para controlar la estabilidad de los agregados y recuperar otras propiedades básicas del suelo para su aprovechamiento agrícola (Annabi *et al.*, 2007).

El suelo evaluado tuvo una DA de 2.52g/cm^3 , propio de suelos arenosos (mayores a 1.32g/cm^3) según la NOM-021. Este valor alto responde a la fuerte compactación generada por el tránsito humano y es la problemática principal de los suelos urbanos. Burghardt (1994) estudiando suelos urbanos de Alemania reportó DA máximas de 3.19g/cm^3 , lo cual guarda similitud con este estudio. La compactación inadvertida del suelo en espacios urbanos es un aspecto que reduce las tasas de infiltración, lo que puede conducir a una mayor escorrentía de aguas pluviales (Gregory *et al.*, 2006). En este caso, es necesario realizar un

proceso de descompactación o arado manual de los primeros 30 cm del suelo, antes de hacer cualquier práctica agrícola.

El suelo estudiado presentó un Value 4, Chroma 3 y Brown 4.3, propio de color café, este color puede estar dado por la cantidad de MO clase media, el humus o el manganeso presente, estando a menudo este último en el estado de bióxido (MnO_2), o también por los sulfuros de hierro (Rucks *et al.*, 2004). El color del suelo depende de las características físicas, químicas, biológicas y de la estrecha relación que guarda con sus principales componentes sólidos: MO, textura, composición mineral y morfología (Domínguez *et al.*, 2011). Se debe tener en cuenta, que el color del suelo indirectamente afecta la temperatura, la humedad y la evapotranspiración de este, teniendo todo este conjunto efecto directo sobre otras propiedades básicas. Por otro lado, el color café también puede estar vinculado a suelos con un potencial tóxico (Cortés *et al.*, 2015), por lo que se hace necesario la determinación de presencia de metales pesados.

Propiedades químicas

El pH del suelo evaluado fue de 6.58, esto es moderadamente ácido con gran tendencia a la neutralidad; este valor es óptimo para la salud del suelo y el uso agrícola. Schindelbeck y colaboradores (2008) encontraron pH de 7 y 7.2 en suelos urbanos de New York (EE.UU), cercanos a los de este estudio. El pH es una de las características más influyentes en la fertilidad del suelo, ya que interviene directamente en la disponibilidad de nutrientes, en la regulación de las poblaciones microbianas y por lo tanto, en la meso y macrofauna, teniendo esto efectos importantes sobre la descomposición de la MO y el flujo de energía (FAO, 2013). Este tipo de pH propicia reacciones químicas, asimilación de nutrientes por las raíces y por ende el crecimiento vegetal.

La MO del suelo fue de 6.45 %, una buena condición según la NOM-021 y eficiente para el cultivo de hortalizas de autoconsumo. Valores cambiantes de MO como 2.3 y 5.4 % han sido registrados en suelos urbanos (Schindelbeck *et al.*,

2008). Estas diferencias de MO para suelos en ciudades responden a un conjunto de procesos y características específicas (el sellado del suelo, la zonificación funcional, el historial de asentamientos, la cobertura vegetal, la densidad de biota edáfica, etc.) que influyen en la dinámica de la MO y su variabilidad espacial (Vasenev *et al.*, 2013). La fertilidad del suelo está dada en gran parte por la cantidad de MO, ya que esta contribuye a la estabilización de los agregados, aumenta la capacidad de retención de agua, promueve el intercambio catiónico, actúa como agente amortiguador de pH y es fuente de elementos nutritivos para las plantas (Bae y Ryu, 2015).

Propiedades biológicas

La profundidad promedio de las raíces evaluadas para pasto del género *Bromus* fue de 8.5 cm, esta característica refleja una condición inadecuada del suelo. Diferentes estudios describen que los pastos de este género en estado maduro tienen raíces que superan los 10 cm de largo (Hernández *et al.*, 1992). La poca profundidad de las raíces podría estar correlacionada con la alta densidad del suelo (2.52 g/cm^3), el alto grado de compactación evita el crecimiento y desarrollo radicular. Por otro lado, es importante tener en cuenta otras variables radiculares como lo son el número de raíces por planta, la relación tallo-raíz, diámetro radicular, peso seco y húmedo (García *et al.*, 2001); todo esto, con la intención de tener indicadores más fiables. En todo caso, es recomendable que para fines de horticultura, el espacio a descompactar sea entre los 30 y los 60 cm, según se trate de camas de una o doble excavación (Cásseres, 1980); este proceso permitirá a las hortalizas tener un mayor aprovechamiento de nutrientes y por lo tanto, tener un mejor establecimiento radicular.

La hojarasca presente en el suelo estudiado fue de 118.4 g/m^2 . Debido a la relación de Hojarasca-MO y el valor de la MO de clase media se infiere que la presencia y cantidad de hojarasca es igualmente un valor de condición moderada; este valor también podría relacionarse con la densidad de organismos, específicamente la densidad de lombrices que influyen sobre la dinámica de la MO del suelo.

Argañaraz y Lorenz (2010) dan importancia a la relación Hojarasca-Materia Orgánica y recomienda evitar la recolección y quema de hojarasca con el fin de aumentar la MO en suelos urbanos. De igual manera, Carchi (2016) registra una importancia en el valor de hojarasca para un buen nivel de MO y productividad en suelos urbanos de Machala, Ecuador. La descomposición de la hojarasca beneficia la regeneración de la comunidad vegetal y es un cuello de botella crítico para determinar el flujo de nutrientes del ecosistema y, por lo tanto, la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Monk y Day, 1988). La hojarasca es un sitio importante de incorporación de nutrientes en el suelo, al tiempo que proporciona hábitat y recursos para hongos simbióticos, bacterias y pequeños invertebrados de la detritósfera (Seastedt y Crossley, 1983; De la Cruz y Fontalvo, 2019).

Se halló una densidad de lombrices de 62.2 ind/m^2 , lo cual es un valor de condición moderada según la guía de evaluación visual para suelos (Frutícola, 2012). La mayoría de las lombrices fueron individuos del género *Amyntas*. En un estudio similar (Baker *et al.*, 1997), en suelos de jardines urbanos en Australia, la densidad de lombrices fue más alta (140 ind/m^2). Esta densidad de clase media puede estar relacionada con la cantidad de MO calculada para este estudio. Las lombrices tienen efectos positivos en la dinámica de la MO del suelo y la estructura de suelos urbanos (Amossé *et al.*, 2015). Asimismo, las lombrices pueden jugar un papel importante en las áreas urbanas al mejorar los procesos de ciclado de nitrógeno y compensar así los efectos de la contaminación de la calidad del aire y descomposición de la hojarasca (Steinberg *et al.*, 1997). Por otro lado, se hallaron cinco grupos para la fauna del suelo (Coleoptera, Diplopoda, Formicidae, Isoptera y Oligoqueta), lo cual es de condición moderada. En suelos urbanos de Sao Paulo (Brasil), se han registrado grupos similares como Coleoptera y Oligoqueta; además de grupos como Chilopoda y Aranea (Patucci *et al.*, 2017), los cuales no estuvieron presentes en este estudio. Las lombrices junto con otros grupos de fauna edáfica resultan importantes en la fisiología del suelo, la

descomposición de la MO, el flujo de energía e influyen en las propiedades fisicoquímicas (Moreira *et al.*, 2012).

El promedio de la tasa de mineralización de carbono fue de 4.8 mg C-CO₂/100 g⁻¹/día⁻¹, esto ofrece una noción acerca de la producción de CO₂ por gramos de suelo al día por parte de microorganismos del suelo. Teniendo en cuenta la densidad de lombrices (62.2 ind/m²), el peso seco de la hojarasca (118.4 g/m²) y la cantidad de MO (6.45%), es posible decir que hay una tasa regular de mineralización del carbono para el suelo evaluado. Kaye y colaboradores (2005) hicieron comparaciones de la respiración microbiana en suelos urbanos y agrícolas, la tasa diaria para la urbe (Colorado, EE.UU.) fue de 5.97g de CO₂/cm²/día, un valor de 2.5 a 5 veces mayor a la respiración microbiana en suelos agrícolas; ellos sugieren que la urbanización de los ecosistemas áridos y semiáridos conduce a tasas mejoradas de ciclos de C. Mientras más estable es la MO, la emisión de CO₂ y la actividad microbiana son menores (Ayuso *et al.*, 1996); ya que se han encontrado variaciones importantes en la descomposición de la MO derivados de los cambios de la actividad microbiana (Acosta *et al.*, 2006).

La glomalina determinada fue de 12.70 mg/g⁻¹, una condición moderada que representa buena salud del suelo (Rillig, 2004). La glucoproteína glomalina presente en hifas de hongos micorrízicos arbusculares y la aparente recalcitrancia de este material, sugieren una relación entre la concentración de glomalina y la estabilidad de los agregados del suelo (Borie *et al.*, 2000). Estos hongos juegan un papel crucial en la nutrición mineral de las plantas, ya que a través de las hifas que colonizan el suelo, participan en la adquisición de elementos esenciales, fundamentalmente los de lenta movilidad, tales como P, K, Cu y Zn (Bolan, 1991) y, alternativamente, reducen la captación de elementos altamente fitotóxicos como Mn (Bethlenfalvay y Franson, 1989) y Al (Siqueira y Moreira, 1997). Adicionalmente, las hifas

extraradicales son importantes en la conservación de suelos al contribuir significativamente a la formación de agregados estables (Miller y Jastrow, 1992).

CONCLUSIÓN

La calidad del suelo evaluado tuvo una condición moderada y con potencial para uso agrícola como huerto universitario. Si embargo es necesario un plan de manejo integral del suelo que conciba el enfoque agroecológico, en el que se incorpore MO a través de abonos provenientes de compostaje o lombricompostaje y se realice labranza manual acompañada de acolchado del primer horizonte, con la intención de mejorar las condiciones del suelo. Este tipo de evaluación previa del suelo resulta ser útil y práctica para tomar decisiones favorables en cuanto al manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas. Una evaluación holística permite tener una noción más amplia acerca de la calidad y la salud del suelo; por eso la valoración de más propiedades permitirá tener un diagnóstico cada vez más acertado. Sin embargo, el uso de pruebas sencillas que evalúan propiedades interrelacionadas permite conocer la vocación del suelo antes de destinarlos al uso agrícola urbano a pequeña escala, una práctica cada vez más común en las instituciones educativas y las áreas comunitarias ciudades mexicanas.

REFERENCIAS

ACOSTA, Y., CAYAMA, J., GÓMEZ, E., REYES, N., ROJAS, D., & GARCÍA, H. (2006). Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. *Multiciencias*, 6(3): 220-227.

AMOSSÉ, J., TURBERG, P., KOHLER-MILLERET, R., GOBAT, J. M., & LE BAYON, R. C. (2015). Effects of endogeic earthworms on the soil organic matter dynamics and the soil structure in urban and alluvial soil materials. *Geoderma*, 243: 50-57.

ANDERSON, J. M., & INGRAM, J. S. I. (1993). Soil

organic matter and organic carbon. *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*, Wallingford, UK, CAB Internationals, 237p.

ANDRADES, R. M., & MARTÍNEZ, M. (2001). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 328p.

ANNABI, M., HOUOT, S., FRANCOU, C., POITRENAUD, M., & BISSONNAIS, Y. L. (2007). Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Science Society of America Journal*, 71(2): 413-423.

ARGAÑARAZ, J. P., & LORENZ, G. (2010). Contribución de las áreas verdes urbanas a la regulación del balance de agua en Santiago del Estero, Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 31(3): 231-242.

ARSHAD, M. A., & MARTIN, S. (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2):153-160.

AYUSO, M., PASCUAL, J. A., GARCÍA, C., & HERNÁNDEZ, T. (1996). Evaluation of urban wastes for agricultural use. *Soil science and Plant nutrition*, 42(1): 105-111.

BAE, J., & RYU, Y. (2015). Land use and land cover changes explain spatial and temporal variations of the soil organic carbon stocks in a constructed urban park. *Landscape and Urban Planning*, 136, 57-67.

BAKER, G. H., THUMLERT, T. A., MEISEL, L. S., CARTER, P. J., & KILPIN, G. P. (1997). "Earthworms Downunder": A survey of the earthworm fauna of urban and agricultural soils in Australia. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(3), 589-597.

BORIE, F. R., RUBIO, R., MORALES, A., & CASTILLO, C. (2000). Relación entre densidad de hifas de hongos micorrizógenos arbusculares y

producción de glomalina con las características físicas y químicas de suelos bajo cero labranza. *Revista chilena de historia natural*, 73(4), 749-756.

BOUYOUCOS, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465.

BURGHARDT, W. (1994). Soils in urban and industrial environments. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 157(3): 205-214.

CANTÚ, M. P., BECKER, A., BEDANO, J. C., & SCHIAVO, H. F. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del suelo*, 25(2), 173-178.

CARCHI, T. (2016). Determinación de la mezcla óptima para compostaje aerobio a partir de residuos sólidos orgánicos urbanos (Tesis de licenciatura). Ecuador: Unidad académica y de ciencias químicas y de la salud. Universidad de Machala.

CASSEL, D. K., & NIELSEN, D. R. (1986). Field capacity and available water capacity. *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods*, (methodsofsoilan1), 901-926.

CÁSSERES, E. (1980). *Producción de hortalizas* (No. 42). Bib. Orton IICA/CATIE, 386p.

COLEMAN, S. W., NERI-FLORES, O., ALLEN, R. J., & MOORE, J. E. (1978). Effect of pelleting and of forage maturity on quality of two sub-tropical forage grasses. *Journal of Animal Science*, 46(4), 1103-1112.

CORTÉS, J. L., BAUTISTA, F., QUINTANA, P., AGUILAR, D., & GOGUICHAISHVILI, A. (2015). The color of urban dust as an indicator of contamination by potentially toxic elements: the case of Ensenada, Baja California, Mexico. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21(3), 255-266.

CRUZ, A. B., BARRA, J. E., DEL CASTILLO, R. F., & GUTIÉRREZ, C. (2004). La calidad del suelo y

sus indicadores. *Revista ecosistemas*, 13(2), 90-97.

DELGADO, P. D. M. (2015) Programa de desarrollo para una agricultura sostenible en áreas urbana y peri-urbana de la ciudad de Machala (examen complejo). Ecuador, Machala: UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Sociales.

DE LA CRUZ, E. Y., & FONTALVO, B. J.C. (2019). *Biología del suelo*. México: Códice Taller Editorial, 146p.

DE LA CRUZ, E. Y., FONTALVO, B. J.C., & VALDIVIA, R. N. (2019). La huerta ecológica: un escenario de enseñanza y aprendizaje sin fronteras. *Journal CIM*, 6 (1): 2183-2190.

DING, G. C., PICENO, Y. M., HEUER, H., WEINERT, N., DOHRMANN, A. B., CARRILLO, A., & SMALLA, K. (2013). Changes of soil bacterial diversity as a consequence of agricultural land use in a semi-arid ecosystem. *PLOS one*, 8(3), e59497.

DOMÍNGUEZ, S. J. M., ROMÁN, G. A. D., PRIETO, G. F., & ACEVEDO, S. O. (2011). Evaluación de color en suelos del Cerro de Denganthza, municipio de Francisco I. Madero, Hidalgo. *Acta Universitaria*, 21(4): 92-100.

FAO (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. ISBN 978-92-5-307783-0. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf>.

FILIP, Z. (2002). International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 169-174.

FRUTÍCOLA, P. (2016). Guía técnica de campo para la evaluación visual de los suelos. Disponible en:

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/12/14/guia-tecnica-de-campo-para-la-evaluacion-visual-de-los-suelos/>.

GARCÍA, M., WATSON, C., & SALCEDO, F. (2001). Evaluación de métodos para determinar resistencia al Acame de raíces en maíz dulce (*Zea*

mays L.). *Bioagro*, 13(1), 22-31.

GIL-SOTRES, F., TRASAR-CEPEDA, C., LEIRÓS, M. C., & SEOANE, S. (2005). Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(5), 877- 887.

GREGORY, J. H., DUKES, M. D., JONES, P. H., & MILLER, G. L. (2006). Effect of urban soil compaction on infiltration rate. *Journal of soil and water conservation*, 61(3), 117-124.

HERNÁNDEZ, A. J., PASTOR PIÑEIRO, J., URCELAY, A., & ESTALRICH, E. (1992). Características radicales de pastos oligotrofos con *Agrostis*. XXXII Reunión Científica de la S.E.E.P, 140-145.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI) (2017). *Perspectiva Estadística Veracruz de Ignacio de la Llave*. México: INEGI, 95p.

KARLEN, D. L., MAUSBACH, M. J., DORAN, J. W., CLINE, R. G., HARRIS, R. F., & SCHUMAN, G. E. (1997). Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4-10.

KAYE, J. P., MCCULLEY, R. L., & BURKE, I. C. (2005). Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems. *Global Change Biology*, 11(4), 575-587.

LOGSDON, S. D., & SAUER, P. (2017). Improved or Unimproved Urban Areas Effect on Soil and Water Quality. *Water*, 9(4), 1-6.

MILLER, R. M., & JASTROW, J.D. (1992). The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. En: Bethlenfalvay, J. G. & Linderman, R.G. (eds). *Micorrhizas in sustainable agriculture*. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy, Special Publication N° 54: 29-44.

- MONK, C. D. & DAY, F. P. (1988). Biomass primary production, and selected nutrient budget for an undisturbed hardwood watershed. In: Swank, W.T. & Crossley, D.A. (eds). *Forest hydrology and ecology at Coweeta*. New York, SpringerVerlag, pp. 151–161.
- MOREIRA, F; HUISING, E.J. & BIGNELL, D.E. (2012). *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. México. Instituto Nacional de Ecología, 350p.
- MUNSELL. (1975). Standard soil color charts.
- NOM-021-RECNAT (2001) Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreo y Análisis. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, México, 88p.
- PATUCCI, N. N., OLIVEIRA, F. L. C. I., DE OLIVEIRA, D., BARETTA, D., BARTZ, M. L. C., & BRESCOVIT, A. D. (2017). Inventário de fauna edáfica como instrumento na avaliação de qualidade e biodiversidade de solos urbanos: estudo de caso do parque CienTec. *Boletim Paulista de Geografia*, (96), 66-90.
- RICHARDS, L.A. & WEAVER, L.R. (1944). Moisture retention by some irrigated soils as related to soil moisture tension. *Journal of Agricultural Research*, 69: 215–235.
- RILLIG, M. C. (2004). Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian Journal of Soil Science*, 84(4), 355-363.
- RILLIG, M. C., MULLER, L. A., & LEHMANN, A. (2017). Soil aggregates as massively concurrent evolutionary incubators. *The ISME Journal*, 11, 1943–1948.
- RUCKS, L., GARCÍA, F., KAPLÁN, A., PONCE DE LEÓN, J., & HILL, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Uruguay: Universidad de la República, Facultad de agronomía, 68p.
- SCHINDELBECK, R. R., VAN ES, H. M., ABAWI, G. S., WOLFE, D. W., WHITLOW, T. L., GUGINO, B. K., & MOEBIUS-CLUNE, B. N. (2008). Comprehensive assessment of soil quality for landscape and urban management. *Landscape and Urban Planning*, 88(2), 73-80.
- SEASTEDT, T. R., & CROSSLEY, D. A. (1983). Nutrients in forest litter treated with naphthalene and simulated throughfall: a field microcosm study. *Soil Biology and Biochemistry*, 15(2), 159-165.
- SIQUEIRA, J.O., & MOREIRA, F.M.S. (1997). Microbial populations and activities in highly weathered acidic soils: Highlights of the Brazilian research. En: Moniz, A.C et al., (eds). *Plant Soil Interactions at Low pH*. Brasil, Brazilian Soil Science Society, pp. 139-156.
- STEINBERG, D. A., POUYAT, R. V., PARMELEE, R. W., & GROFFMAN, P. M. (1997). Earthworm abundance and nitrogen mineralization rates along an urban-rural land use gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(3), 427-430.
- VASENEV, V. I., STOOORVOGEL, J. J., & VASENEV, I. I. (2013). Urban soil organic carbon and its spatial heterogeneity in comparison with natural and agricultural areas in the Moscow region. *Catena*, 107, 96-102.
- WALKLEY, A., & BLACK, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.
- WRIGHT, S. F., & UPADHYAYA, A. (1998). A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and soil*, 198(1), 97-107.