



ORGANIC MATTER AND PH IN AGRICULTURAL SOIL NEAR THE QUITASOL DUMP, ABANCAY, APURÍMAC, PERU

MATERIA ORGÁNICA Y PH EN EL SUELO AGRÍCOLA PRÓXIMO AL BOTADERO DE QUITASOL, ABANCAY, APURÍMAC, PERÚ

Braulio Pérez-Campana^{1*}; Juan Alarcón-Camacho¹ & George Argota-Pérez²

¹ Escuela Profesional de Agronomía. Facultad de Ingeniería. Universidad Tecnológica de los Andes (UTEA). Abancay-Apurímac, Perú. brapecam@hotmail.com / jalrconcamacho@yahoo.com

² Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Perú. george.argota@gmail.com

* Corresponding author: brapecam@hotmail.com

Braulio Pérez-Campana:  <https://orcid.org/0000-0003-3640-1175>

Juan Alarcón-Camacho:  <https://orcid.org/0000-0002-4911-7440>

George Argota-Pérez:  <https://orcid.org/0000-0003-2560-6749>

ABSTRACT

The inadequate treatment of urban waste in landfills represents an environmental risk for agricultural soils where their edaphological properties can be modified. The study aimed to evaluate organic matter and pH in agricultural soil in front of the Quitasol dump in the city of Abancay, Apurímac, Peru. Three sampling points (PM1, PM2, PM3) of the agricultural soil where organic matter (OM) and pH were determined were selected using random probability sampling. The results were: PM1 (MO = 1.69%; pH = 7.05), PM2 (MO = 1.12%; pH = 7.06) and PM3 (MO = 0.30%; pH = 7.26). The percentage of OM ranged from the medium to low range where there were statistically significant differences between the three sampling points. The pH values were on the neutral scale. It is concluded that the use value of the agricultural land near the Quitasol dump is

Este artículo es publicado por la revista Paideia XXI de la Escuela de posgrado (EPG), Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.



limited according to the organic matter and the pH outside the interchangeable range of majority and minority elements for productivity.

Keywords: environmental impact – physical-chemical parameters – productivity – solid waste

RESUMEN

El tratamiento inadecuado de los desechos urbanos en los botaderos representa un riesgo ambiental para los suelos agrícolas donde sus propiedades edafológicas pueden modificarse. El objetivo del estudio fue evaluar la materia orgánica (MO) y el pH en suelo agrícola ante el botadero de Quitasol en la ciudad de Abancay, Apurímac, Perú. Se seleccionó mediante un muestreo probabilístico aleatorio, tres puntos de muestreo (PM1, PM2, PM3) del suelo agrícola donde se determinó, la MO y el pH. Los resultados fueron: PM1 (MO = 1,69%; pH = 7,05), PM2 (MO = 1,12%; pH = 7,06) y PM3 (MO = 0,30%; pH = 7,26). El porcentaje de la MO varió desde el rango medio a bajo donde hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tres puntos de muestreo. Los valores de pH estuvieron en la escala neutro. Se concluye, que el valor de uso del suelo agrícola próximo al botadero de Quitasol, es limitado según la MO y el pH fuera del rango intercambiable de elementos mayoritarios y minoritarios para la productividad.

Palabras clave: impacto ambiental – parámetros fisico-químicos – productividad – residuos sólidos

INTRODUCCIÓN

La gestión de los residuos se puede combinar las dos visiones temporales de desarrollo sustentable. Primero, la de corto y mediano plazo, caracterizada por reciclar para disminuir las cantidades posibles a llegar hasta los sitios de disposición final; residuos; y la segunda, a largo plazo que persigue reducir la producción de residuos y la transformación de los hábitos de consumo de la población (Bernache, 2015). Uno de los principales problemas ambientales para el

tratamiento de los residuos sólidos urbanos en los botaderos radica en sus diversos enfoques, pues se indica que deberá considerarse, el ciclo temporal utilitario (Güereca *et al.*, 2015; Stamou & Antizar, 2016), las tecnologías de aprovechamiento que permitan la reutilización de materiales disponibles (Safar *et al.*, 2016), la caracterización del tipo de relleno sanitario de acuerdo a las producciones locales para correlacionar los impactos ambientales, según la eficiencia del relleno sanitario (Zhang *et al.*, 2011;

Gallego *et al.*, 2016) y el análisis de estrategias sobre los escenarios de movilidad y recambio para que los residuos sólidos urbanos no muestren cargas contaminantes dispuestas (Wilson *et al.*, 2015; Podtar *et al.*, 2016).

Los botaderos y rellenos sanitarios, generan biogás que se aprovecha con diferentes fines (Karak *et al.*, 2013; Vera *et al.*, 2015). Por otra parte, se producen lixiviados que ocasionan efectos perjudiciales de contaminación a los suelos y las aguas superficiales (Ay *et al.*, 2010), siendo la disponibilidad de metales pesados, una de las consecuencias ambientales más preocupantes (Dixit *et al.*, 2015). Por ejemplo, los metales pesados modifican la materia orgánica (MO) y el pH del suelo (Olea *et al.*, 2002;

Usma *et al.*, 2013), y ello significa un desequilibrio irreparable sobre las propiedades funcionales edafológicas en los suelos agrícolas (Raison & Rab, 2001; Calderón *et al.*, 2003; Qadir & Malik, 2011).

El objetivo del estudio fue evaluar la MO y el pH en el suelo agrícola ante el botadero de Quitasol en la ciudad de Abancay, Apurímac, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó, la MO y el pH del suelo agrícola cercano al botadero de residuos sólidos (altitud de 2159 msnm y coordenadas en UTM: E 72,55.40, N 84.13.39.00 / de acuerdo al datum WGS-84) de la Comunidad Campesina de Quitasol, ciudad de Abancay, Apurímac, Perú (figura 1).

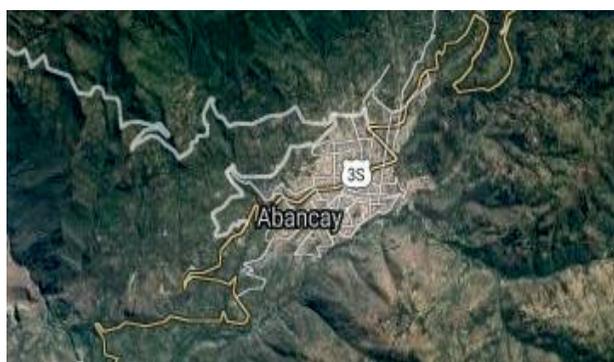


Figura 1. Imagen satelital / botadero de residuos sólidos Quitasol, Abancay, Perú.

Se seleccionó mediante un muestreo probabilístico aleatorio, el suelo agrícola como matriz ambiental. Las muestras se obtuvieron, a través de un muestreador manual seleccionándose la capa arable a dos profundidades (0-10 cm y 15-30 cm), según el sistema radicular de las plantas (Aquino *et*

al., 1989). Una vez seleccionadas las muestras en los puntos de exposición se depositaron en bolsas de polietileno previa identificación de los puntos de muestreo (PM1, PM2 y PM3), homogenizándose y luego obtenerse 1 kg para su análisis.

La MO se evaluó, por el método de Walkley-Black (1934), donde se consideró, un estado de humedad con factor igual a 1,72 pudiendo asumirse que el 58 % de la MO del suelo fue carbono orgánico.

- 1) Se pesó 1,0 g de muestra de suelo y depositó a un Erlenmeyer de 500 mL.
- 2) Se añadió 20 mL de $K_2Cr_2O_7$ (1N) cubriendo toda la muestra sin salpicaduras.
- 3) Se añadió con probeta 20 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- 4) Se agitó y dejó reposar durante 30 min.
- 5) Se añadió 200 mL de agua destilada, agitó y dejó reposar durante 1 hora.
- 6) Se filtró la suspensión y se cercioró no presentarse turbidez en el filtrado.
- 7) Se leyó en espectrofotómetro a una $\lambda = 590$ nm utilizando el patrón 0.00 para el ajuste del equipo: MO (%) = $(A \times 100 \times 1,72) / (m \times P)$.
 $m =$ Pendiente ($m = y / x$); $y =$ Valor de la absorbancia; $x =$ Valor de la concentración de carbono (%); $A =$ Absorbancia; $P =$ Peso de la muestra en G; 1,72 = Factor de conversión del C a MO (1/ 0,58).

Para la determinación del pH en el suelo agrícola, el procedimiento fue lo siguiente:

- 1) Se pesó 10 g de suelo y se añadió 25 ml de agua destilada.
- 2) Se agitó vigorosamente con agitador magnético durante 5 min.
- 3) Se dejó reposar durante 30 min para que la solución se equilibre.
- 4) Finalmente, se agitó las muestras antes de tomar la lectura en condiciones de laboratorio.

La medición fue con el uso del instrumento Hanna HI 9828. Los resultados de la MO y el pH fueron comparados con la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (RECNAT, 2000) dado, que en el Perú la norma regulatoria identificada por el Decreto Supremo No. 011-2017 MINAM (MINAM, 2017). Estándares de Calidad para Suelo, no mencionan el valor clasificado para la MO y el pH.

Se utilizó el programa estadístico profesional Statgraphics Centurion versión 18 para el análisis de los datos. La prueba de normalidad (distribución normal de Gauss) de las mediciones para cada variable fue mediante el test de bondad de ajuste: distribución del estadístico Kolmogorov-Smirnov. Se comparó la diferencia de significancia entre las fuentes de variación según los valores promedios de cada variable en estudio. Para diferenciar los promedios de grupos, se utilizó la prueba de contraste múltiple de rango mediante el Test de Tukey HSD. Los resultados se consideraron significativos a un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$).

Aspectos éticos:

En este estudio, la teoría obedeció a la información contrastable donde se cumplió con el adecuado parafraseo y no existió, manipulación en el análisis y procesamiento de los datos para cumplir con el objetivo del estudio.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los valores de MO y el pH en los puntos de exposición del suelo agrícola cercano al botadero

de residuos sólidos de Quitasol donde la MO se encontró desde el rango de porcentaje medio a bajo. Se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) ($F = 14647$; $p < 0,00$) donde la prueba de Múltiple

Rangos (Tukey HSD) indicó, que el porcentaje de la MO fue diferente en los tres puntos de muestreo. Los valores de pH estuvieron en la escala neutro.

Tabla 1. Materia orgánica (MO) (%) y pH en el suelo agrícola.

Punto de muestreo	Materia orgánica	pH		
1	1,69	7,05		
2	1,12	7,06		
3	0,30	7,26		
	Muy baja	< 0,5	Fuertemente ácido	< 5,0
	Baja	0,6-1,5	Moderadamente ácido	5,1-6,5
	Media	1,6-3,5	Neutro	6,6-7,3
Referencia	Alta	3,6-6,0	Medianamente alcalino	7,4-8,5
	Muy alta	> 6,0	Fuertemente alcalino	> 8,5

DISCUSIÓN

Las características del suelo agrícola juegan un papel preponderante en reducir o aumentar la toxicidad de los metales en el suelo (Potdar *et al.*, 2016). Se plantea, que la distribución de los metales pesados en los perfiles del suelo, así como su disponibilidad está controlada por parámetros como propiedades intrínsecas del metal y características de los suelos donde puede mencionarse, por ejemplo, la capacidad de retención, MO, textura y el pH.

Por muy favorables que sean las características del suelo, es evidente que la capacidad depuradora no es ilimitada. El suelo no puede asimilar, inmovilizar, inactivar y degradar todos los contaminantes que recibe y por ello, en un determinado momento, cuando se superan los umbrales críticos, puede transferir los contaminantes a

otros medios e incorporarlos en las cadenas tróficas. La combinación de la capacidad de retención del suelo, por un lado, y la entrada de productos químicos al mismo, determina el tipo de respuesta medioambiental. Una buena planificación ambiental debe considerar, dos factores: la capacidad de almacenamiento del suelo y la limitación de entrada de ciertos químicos (García & Dorronsoro, 2005).

Durante un estudio que se realizó en Campeche (México) se observó que el incremento de la MO de 3,6 % a 5,66 % mejoró de forma significativa, la edad de los árboles y el rendimiento de cultivos de mangos. Se observó que, la MO presente desde 0 a 20 cm de profundidad en el tiempo fue aumentando con previo al cultivo de maíz y hortalizas (Medina *et al.*, 2017). Los resultados obtenidos de 0,30 a 1,69 % fueron comparativamente

menor a los porcentajes encontrados en el estudio que se refirió.

Otro estudio que se realizó en La Habana (Cuba) sobre carbono lábil como un indicador de cambios en dos suelos bajo diferentes usos, observó que las concentraciones de carbono en mgCKg-suelo^{-1} en los suelos variaron entre $226,14 \pm 43,99$ y $546,72 \pm 36,31$, donde estos valores dependen del tipo de uso del suelo (Ginebra *et al.*, 2015). En la presente investigación, no se midió el carbono lábil, pero se sugiere que su contenido pudo estar bajo, ante la limitación de vegetación y plantaciones agrícolas.

Asimismo, se realizó un estudio sobre las propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos (Ecuador) donde se midió el porcentaje de MO en presencia de un bosque, maíz, cacao, pasto y palma aceitera. La MO se registró a seis intervalos de profundidades (0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5 y 0,5-0,6). Se encontró diferencias estadísticamente significativas en el cuarto y sexto nivel de profundidad donde los mayores porcentajes de la MO se midieron en la parte superficial y en presencia del suelo con pasto. El porcentaje de la MO varió entre 13,6 % y 25,0 % (Novillo *et al.*, 2018). A pesar que, el suelo estudiado se caracterizó como agrícola, no se observó rendimiento de cultivos.

Raison & Rab (2001) indican que, la MO es un componente fundamental en los procesos edáficos de modo que, cualquier variación produce efecto negativo hacia la productividad

del suelo como sistema agrícola. Asimismo, este bajo contenido, dificultó la formación de agregados lo cual se interpretó como disminución sobre posibles flujos de agua, aire y calor hacia la composición del propio suelo, tal y como lo señala Alvarado *et al.* (2009).

El contenido de MO en suelos agrícolas es el resultado del balance entre las adiciones de residuos orgánicos y su tasa de mineralización (Galvis, 2000). Aunque en este estudio no se evaluaron las condiciones de temperatura y humedad del medio, contenido de elementos nutritivos, tipo y cantidad de coloides, condiciones de aireación del suelo y la composición de los residuos orgánicos, según Strahm & Harrison (2008) estos parámetros pueden afectar la productividad del suelo.

Ante las condiciones aerobias favorables del suelo, una fracción del carbono se mineraliza siendo acumulado como humus estable (FAO, 2007) lo cual, condiciona a la interacción de la fauna edáfica y, por ende; al metabolismo de las raíces de las plantas que en el suelo se desarrollan. Cualquier carencia de partículas asociadas de arcilla e inestabilidad química por compuestos altamente tóxicos pueden descomponer a la MO. En este estudio, no se observó que la MO estuviera afectada.

Ante los resultados hallados las diferentes capas de perfil del suelo presentaron óptima calidad con relación a la MO lo que denotó, fracción participativa de la biota en los procesos de descomposición y transformación

lo que contribuyó a la estabilidad del suelo agrícola. En tal sentido, puede interpretarse la existencia de una fracción húmica muy estable que pudo estar constituida por ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas aunque, no se determinaron en este proyecto de investigación.

En el caso de la fracción húmica constituyen el principal componente (aproximadamente el 50 %) de la MO y dado que el valor estuvo dentro de lo recomendado, puede indicarse alto contenido de sustancias húmicas en el suelo agrícola.

Uno de los parámetros influyentes a la calidad productiva y estable del suelo es el pH, pues el mismo, determina el potencial de oxidación-reducción, textura y estructura, la capacidad de intercambio catiónico, regula las actividades del suelo, además, de la movilidad de los metales. Cuando el valor del pH se encuentra en la clase neutra, el suelo agrícola no presenta consecuencias negativas para su valor de uso.

Durante un estudio (Colombia) sobre la relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes se observó que, elevar el pH de 5,5 a 6,0 requirió la aplicación de materiales escalantes donde se disminuyó los niveles de Al y Fe, pero sin afectar elementos esenciales como el N y K (Rosas *et al.*, 2017). A pesar, que el pH en el estudio se encontró en la neutralidad, se desconoció las concentraciones de elementos metálicos que pueden influir de forma negativa en la calidad del suelo agrícola.

Otro estudio sobre la calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco (México) se observó que, los valores de pH en suelo y agua se presentaron en un rango de 7,1 a 8,5 (Medina *et al.*, 2016) lo cual, coincidió con los valores de la escala neutra en esta investigación. Se mencionó en el estudio que, si bien fue aceptado este valor, se requirió modificar algunas prácticas para aumentar las concentraciones de N, P, K y la MO cuya finalidad fue mejorar la fertilidad del suelo como recurso.

Aunque los suelos agrícolas presenten valores de MO y pH acorde a las normativas reguladoras ambientales, no significa que su uso sea totalmente adecuado, pues sus constantes cambios modifican los procesos vitales.

Se concluye, que el porcentaje bajo de la MO con el valor del pH en la clase neutra, indicaron que estos parámetros físico-químicos son limitantes en el suelo agrícola, y por ende, en el rendimiento de los cultivos.

Author contribution: CRediT (Contributor Roles Taxonomy)

BPC = Braulio Pérez-Campana

JAC = Juan Alarcón-Camacho

GAP = George Argota-Pérez

Conceptualization: BPC, JAC, GAP

Data curation: BPC, JAC

Formal Analysis: BPC, JAC

Funding acquisition: GAP

Investigation: BPC, JAC

Methodology: BPC, JAC, GAP

Project administration: GAP

Resources: BPC, JAC**Software:** GAP**Supervision:** GAP**Validation:** BPC, JAC**Visualization:** GAP**Writing – original draft:** GAP**Writing – review & editing:** GAP**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alvarado, F.J., Cantero, M.C., Lopez, M.V., Paustian, K., Deneff, K., Stewart, C.E., & Arru, J.L. (2009). Soil aggregation and soil organic carbon stabilization: effects of management in semiarid mediterranean agroecosystems. *Soil Science Society of American Journal*, 73, 1519–1529.
- Aquino, R., Camacho, M., & Llanos, G. (1989). *Métodos para análisis de agua, suelos y residuos sólidos*. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC).
- Ay, R.F.A., Brinckmann, W.E., & Ayllón, T.M.T. (2010). Disposición final de residuos sólidos en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en Quintana Roo. *Ingeniería*, 14, 197–207.
- Bernache, P.G. (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales, Sociedad y ambiente, México. *El Colegio de la Frontera Sur*, 1, 72–101.
- Calderón, J., Ortiz, P.D., Yáñez, L., & Díaz, B.F. (2003). Human exposure to metals. Pathways of exposure, biomarkers of effect, and host factors. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56, 93–103.
- Dixit, R., Wasiullah, M.D., Pandiyan, K., Singh, U.B., Sahu, A., Shukla, R., Singh, B.P., Rai, J.P., Kumar, S.P., Lade, H., & Pau, D. (2015). Bioremediation of heavy metals from soil and aquatic environment: An overview of principles and criteria of fundamental processes. *Sustainability*, 7, 2189–2212.
- FAO. (2007). *Land evaluation. Towards a revised framework*. FAO Land and Water Discussion Paper 6, 101p.
- Gallego, E., Roca, F.J., Perales, J.F., Guardino, X., Gadea, E., & Garrote, P. (2016). Impact of formaldehyde and VOCs from waste treatment plants upon the ambient air nearby an urban area (Spain). *Science of The Total Environment*, 568, 369–380.
- Galvis, S.A. (2000). Propuesta para generar indicadores sobre la productividad de los suelos agrícolas. En: R. Quintero-Lizaola *et al.* (Eds), *La edafología y sus perspectivas al siglo XXI*. Tomo I. CP-UNAM-UACH. (pp. 351–368).
- García, I., & Dorronsoro, C. (2005). Contaminación por metales pesados. En: *Tecnología de Suelos*. Universidad de Granada. <http://www.edafologia.org.es/conta/tema15/introd.htm>
- Ginebra, A.M., Rodríguez, A.M., Calero, M.B., Ponce de León, D., & Font, V.L. (2015). Carbono lábil como un indicador de cambios en dos suelos bajo diferentes usos. *Cultivos Tropicales*, 36, 64–70.

- Güereca, L.P., Ochoa, S.R., Haley, E.G., & Suppen, R.N. (2015). Life cycle assessment in Mexico: overview of development and implementation. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20, 311–317.
- Karak, T., Bhattacharyya, P., & Das, T. (2013). Non-segregated municipal solid waste in an open dumping ground: A potential contaminant in relation to environmental health. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10, 503–518.
- Medina, M.J., Volke, H.V., Galvis, S.A., Cortés, F.J.I., & Santiago, C.M.J. (2017). Incremento de la materia orgánica del suelo y rendimiento de mango en Luvisoles, Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana*, 28, 499–508.
- Medina, V.E.K., Mancilla, V.O.R., Michel, L.M., Guevara, G.R.D., Olguín, L.J.L., & Barreto, G.O.A. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. *Idesia (Arica)*, 34, 51–59.
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>
- Novillo, E.I.D., Carrillo, Z.M.D., Cargua, C.J.E., Moreira, V.N., Albán, S.K.E., & Morales, I.F.L. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23, 177–187.
- Olea, N., Fernández, M.F., Araque, P., & Olea, S.F. (2002). Perspectivas en disrupción endocrina. *Gaceta Sanitaria*, 16, 250–256.
- Potdar, A., Singh, A., Seema, U., Naik, N., Naik, M., Nimkar, I., & Patil, V. (2016). Innovation in solid waste management through clean development mechanism in developing countries. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 193–200.
- Qadir, A., & Malik, R.N. (2011). Heavy metals in eight edible fish species from two polluted tributaries (Aik and Palkhu) of the river Chenab, Pakistan. *Biological Trace Element Research*, 143, 1524–1540.
- Raison, R.J., & Rab, M.A. (2001). Guiding concepts for the application of indicators to interpret change in soil properties and processes in forests. In: R.J. Raison *et al.* (ed.), *Criteria and indicators for sustainable forest management*. Vol. 7. CAB International and International Union of Forestry Research Organizations, (pp. 215–258).
- RECNAT. (2000). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y de clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis*. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Rosas, P.G., Puentes, P.Y.J., & Menjivar, F.J.C. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18, 529–541.
- Safar, K.M., Rasool, B.M., & Aslam, U.M. (2016). Optimization of waste to energy routes through biochemical and thermochemical treatment options

- of municipal solid waste in Hyderabad, Pakistan. *Energy Conversion and Management*, 124, 333–343.
- Stamou, L., & Antizar, L.b. (2016). A life cycle assessment of the use of compost from contaminated. *Journal of Cleaner Production*, 135, 884–891.
- Strahm, B.D., & Harrison, R.B. (2008). Controls on the sorption, desorption and mineralization of low-molecular-weight organic acids in variable-change soils. *Soil Science Society American Journal*, 72, 1653–1664.
- Usma, J.I., Gutiérrez, O.D., Gil, M.J., & Soto, A.M. (2013). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción Más Limpia*, 7, 52–73.
- Vera, R.I., Estrada, J.M., Martínez, R.J., & Ortiz, S.A. (2015). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte II: residuos sólidos urbanos. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 16, 471–478.
- Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38.
- Wilson, D.C., Rodic, L.M.J., Cowing, C.A., Velis, A.D., Whiteman, A.D., Scheinberg, A., Vilches, R., Masterson, D., Stretz, J., & Oelz, B. (2015). Wasteaware benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. *Waste Management*, 35, 29–342.
- Zhang, T., Fiedler, H., Gang, Y., Solorzano, O.G., & Carroll, F.W.Jr. (2011). Emissions of unintentional persistent organic pollutants from open burning of municipal solid waste from developing countries. *Chemosphere*, 84, 994–1001.

Received March 2, 2023.

Accepted May 13, 2023.