

Orinoquia, Julio-Diciembre 2019;23(2):123-129
ISSN electrónico 2011-2629.
ISSN impreso 0121-3709.
<https://doi.org/10.22579/20112629.575>

El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento

Composting, an alternative for the use of organic residues In the supply centers

Compostagem, uma alternativa para o uso de resíduos orgânicos no suprimento central

Oscar I Vargas-Pineda^{1}, Juan M Trujillo-González^{2*}, Marco A Torres-Mora^{3*}*

¹ Ingeniero agroindustrial, (c)MSc

² Ingeniero agrónomo, MSc, PhD

³ Biólogo, PhD

* Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana ICAOC, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Campus Barcelona Villavicencio, Colombia. Grupo de Investigación en Gestión Ambiental Sostenible -GIGAS

Email: oscar.vargas@unillanos.edu.co

Recibido: 18 de octubre de 2018

Aceptado: 27 de septiembre de 2019

Resumen

La pérdida de alimentos a lo largo de la cadena de suministro se ha convertido en un tema de gran interés en el mundo, debido a que afecta la seguridad alimentaria de la sociedad. Uno de estos eslabones de la cadena de distribución de alimentos son las centrales de abasto local, donde diariamente se pierden importantes cantidades de alimentos especialmente por carencia de protocolos de poscosecha. El objetivo del presente estudio consistió en analizar la pérdida de alimentos en la central de abastos del municipio de Acacias, Colombia y evaluar el sistema de compostaje como alternativa de gestión ambiental. Se realizó mediante el método de cuarteo la estimación de la cantidad y tipo de residuos desperdiciados, que posteriormente se sometieron al proceso de compostaje donde se evaluó la calidad del producto. En conclusión, los residuos orgánicos son un problema ambiental que requiere de alternativas como el compostaje, que permite reducir la cantidad y aprovechar el contenido nutricional de la fracción orgánica, generando subproductos con alto valor agregado.

Palabras clave: Residuo orgánico; compostaje; gestión de residuos; producción limpia

Abstract

The loss of food along the supply chain has become a topic of great interest in the world, because this affect to the food security of society. One of these stages in the food distribution chain are the local supply centers, where important quantities

Como Citar (Norma Vancouver):

Vargas-Pineda OI, Trujillo-González JM, Torres-Mora MA. El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. Orinoquia, 2019; 23(2):123-129. DOI:<https://doi.org/10.22579/20112629.575>

of food are often lost, especially due to the lack of post-harvest protocols. The objective of this study was to analyze the loss of food in the supply center of the municipalities of Acacias, Colombia and evaluate the composting system as an alternative for environmental management. It was carried out by means of the quartering method the estimation of the quantity and type of residues lost, and subsequently, the composting process, where the quality of the product is evaluated. In conclusion, organic residues is an environmental problem that requires alternatives such as composting, which allows to reduce the amount and take advantage of the nutritional content of organic matter, generating by-products with high added value.

Key words: Organic residues; composting; management of residues; clean production

Resumo

A perda de alimentos ao longo da cadeia de fornecimento converteu-se em um tema de grande interesse no mundo, como isto afeta a segurança alimentar da sociedade. Um destes elos da cadeia de distribuição de alimentos são as centrais de abastecimento locais, onde diariamente se perdem importantes quantidades de alimentos especialmente por carência de protocolos de pós-colheita. O objetivo do presente estudo consistiu em analisar a perda de alimentos na central de abastecimento do município de Acacias, Colômbia e avaliar o sistema de compostagem como alternativa de gerenciamento ambiental. Realizou-se mediante o método de cuarteo a estimativa da quantidade e tipo de resíduos perdidos, que posteriormente se submetem ao processo de compostagem onde se avaliou a qualidade do produto. Em conclusão, os resíduos orgânicos são um problema ambiental que requer de alternativas como o compostagem, que permite reduzir a quantidade e aproveitar o conteúdo nutricional da fração orgânica, gerando subprodutos com alto valor agregado.

Palavras chave: Resíduos orgânicos; compostagem; gestão de resíduos; produção limpa

Introducción

La pérdida o desperdicio de alimentos a través de la cadena de suministro, es un tema que cada vez tiene mayor relevancia en el mundo (Cerdea *et al.*, 2018), teniendo en cuenta que esta situación altera negativamente la disponibilidad local de alimentos y compromete así la seguridad alimentaria de la sociedad (Basso *et al.*, 2016). Según reportes de la FAO (2011), anualmente se desperdician 1.300 billones de toneladas de alimentos en el mundo, lo que representa el 33% de la oferta de alimentos disponible para consumo humano, de los cuales el 50% son productos hortofrutícolas, 30% cereales y 20% productos pecuarios (Marmolejo *et al.*, 2010; Caicedo y Ibarra, 2016), alimentos que finalmente se convierten en residuos orgánicos, material que al no ser valorizado, disminuye su valor económico en el mercado comercial (Vargas *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2018). De acuerdo a Sepúlveda (2006), en Colombia el 18% de estos residuos son generados en las centrales de abastecimiento de mercado y tienen como destino final los rellenos sanitarios, donde se disminuye el potencial de aprovechamiento y valor agregado de otros residuos sólidos, a la vez que aumentan la tasa de lixiviados y acortan el tiempo de uso de éstos (López, 2009; Muñoz y Sánchez, 2013; Herrera, 2015). Por esta razón, se han desarrollado estrategias que están enmarcadas en la economía verde que procuran mejorar la gestión de los residuos orgánicos, fomentando su reducción a lo largo de la cadena de suministros (prácticas agrícolas, poscosecha, comercialización y consumo final) (Vargas *et al.*, 2017), además de esta manera disminuir las pérdidas y desperdicio, así como la implementación de acciones

de manejo de los residuos orgánicos generados, con la intención de aportar un valor agregado desde un enfoque ambiental y económico (Tapia, Laines y Sosa, 2016; Niño *et al.*, 2017).

El compostaje es una tecnología de bajo costo, que garantiza que los residuos orgánicos vinculen sus componentes en el ciclo de la cadena de producción primaria, además permite mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y aumenta la productividad de los cultivos (Jaramillo y Zapata, 2008; Otterpohl *et al.*, 2016; Martínez *et al.*, 2016; Pinzón 2017). En este sentido, teniendo en cuenta la problemática originada por los residuos orgánicos en centrales de abasto en Colombia, se planteó para este estudio los siguientes objetivos: I) Estimar los residuos orgánicos y su composición generados en la central de abastecimiento del municipio de Acacias Colombia, II) Evaluar la calidad del compostaje generado a partir de estos residuos como una alternativa de gestión ambiental, que permita mitigar los posibles efectos originados por la acumulación de residuos orgánicos provenientes de alimentos en el ambiente.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en la central de abastecimiento de mercado ubicada en el municipio de Acacias, Meta, Colombia. La central cuenta con 352 establecimientos, de los cuales 185 se dedican a diferentes actividades comerciales como: venta de frutas y verduras,

tubérculos, carne vacuna, pollo y pescado, comidas preparadas y viveres en general; todos responsables de generar residuos orgánicos de acuerdo a la actividad que realizan.

Caracterización de los residuos

Mediante el método de cuarteo propuesto por Montoya (2012), se realizó la caracterización de los residuos orgánicos procedentes de alimentos en la central de abastecimiento de mercado. Para esto se tomaron como muestra 20 establecimientos a los que se les dotó con bolsas plásticas para la recolección de los residuos generados en los días de mayor comercialización en la central (martes, sábado y domingo). Posteriormente se realizó un cuarteo donde se clasificó y se procedió al pesaje de cada tipo de residuos.

Proceso y evaluación del compostaje

El material orgánico que se llevó a compostaje se distribuyó en tres (3) pilas de 24 Kg, separados a una distancia de un (1) metro con una cubierta plástica para obtener condiciones óptimas de temperatura y prevenir el aumento de la humedad del material por precipitación, de tal modo que se desarrollara el proceso de fermentación aerobio adecuado, además permitiera registrar la temperatura de las pilas en su diferentes etapas durante los tres (3) meses de estudio.

El rendimiento del compost se determinó considerando la relación residuos Vs compost obtenido; para tal fin se utilizó la ecuación 1, donde, R es rendimiento porcentual del compost que se produce (%), PF es el peso final del compost generado (kg), PI es el peso inicial del material orgánico que entra en el proceso de compostaje (kg).

$$R = \frac{PF}{PI} \times 100\% \quad [1]$$

Análisis químico del compost

Para evaluar la calidad del nutricional del compost se realizaron los siguientes análisis de laboratorio: el pH se midió con potenciómetro en relación 1:1 compost : agua; la materia orgánica se determinó por el método de Walkley-Black; los macronutrientes como el fósforo mediante el método Bray II, el potasio y magnesio por el método de espectrofotometría de absorción atómica (IGAC, 2006). Los resultados de análisis del compost obtenido (Tabla 3), se evaluaron teniendo en cuenta los valores propuestos por Munévar (2004) en la guía básica de interpretación de resultados sobre análisis de suelos y la Norma Técnica Colombiana NTC 5167.

Resultados y discusión

Cuarteo de los residuos orgánicos

La central de abastecimiento de mercado en estudio, dispone para su actividad comercial de 352 establecimientos, de los cuales 185 generan residuos orgánicos de origen vegetal, animal, de alimentos frescos y procesados. A partir de los datos obtenidos en el cuarteo (Tabla 1), se evidencia que se genera una cantidad importante de residuos orgánicos tanto los días ordinarios, como los típicos de mercado.

Los residuos de un establecimiento de la central de abastecimiento que manipula productos orgánicos para su actividad comercial, generan en promedio 14.3 kg/día, con un máximo de 16.5 Kg los días de mercado y un mínimo de 11.8 kg/día los días ordinarios. El cuarteo permitió determinar que los establecimientos de venta de hortalizas y los restaurantes aportaron en su correspondiente orden el 82% y 18% de los residuos orgánicos generados en la central de abastecimiento de mercado. Considerando que en este tipo de comercialización, los procesos de poscosecha de los productos agrícolas es inadecuado y el re-

Tabla 1. Cuarteo de residuos orgánicos de la central de abastecimiento de mercado.

Día	Tipo de local comercial	Número de locales	Residuos generados (Kg)	Total residuos (Kg/día)
Sábado	Restaurantes	4	42	235
	Venta de hortalizas	16	193	
Martes	Restaurantes	4	54.6	293.6
	Venta de hortalizas	16	239	
Domingo	Restaurantes	4	58.8	329
	Venta de hortalizas	16	270.2	

siduo orgánico es un material de fácil deterioro natural (Ali *et al.*, 2014). Tanto así, que el 60% de los residuos orgánicos generados en el mundo se disponen en los rellenos sanitario sin tratamiento, contribuyendo a un impacto ambiental, generado por bacterias y hongos que incuban patógenos (Martínez *et al.*, 2016; Porras y González, 2016), motivo éste que debe conducir a plantear alternativas para su aprovechamiento. Sin embargo, los residuos deben ser caracterizados por lo menos una vez al año para dimensionar el problema y determinar su potencial uso (Taboada *et al.*, 2009; Montoya, 2012).

Proceso de compostaje

El proceso de compostaje se desarrolló durante 90 días, tiempo que según Bohorquez *et al.*, (2016), es el adecuado para obtener una alta transformación y baja humedad del material orgánico, como resultado de un eficiente desarrollo de las cuatro (4) etapas del proceso. Así, en la Figura 1, se observa el comportamiento de la temperatura durante estas etapas. En la primera etapa ocurre una fermentación mesófila, que se caracteriza por un aumento en la temperatura del compostaje de 40 °C, la presencia de microorganismos mesófilos que crecen entre los 15 °C a 35 °C y que consumen inicialmente los carbohidratos presentes en la materia orgánica (Sánchez *et al.*, 2017). Las tres muestras analizadas alcanzaron temperaturas de 44.6, 44.6 y 43.3 °C respectivamente. Además, se observó una disminución significativa del volumen de las pilas y una descomposición de los residuos orgánicos, sin presentar olor desagradable.

La segunda etapa es la fermentación termófila que inicia cuando la actividad metabólica microbiana genera reacciones exotérmicas aumentando la temperatura entre los 40 °C a 60 °C (Insam y de Bertoldi, 2007). Los compostajes que se realizaron alcanzaron temperatu-

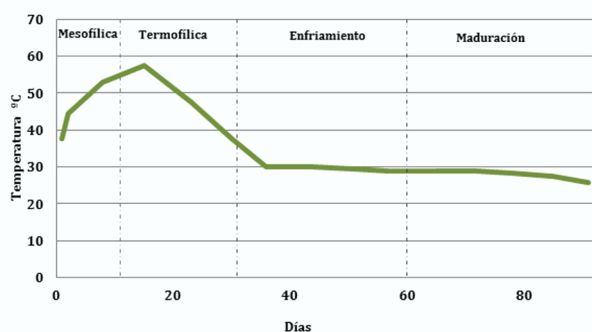


Figura 1. Temperatura promedio del proceso de fermentación aerobia en las fases de compost.

ras de 59.2, 56.5 y 54.4 °C respectivamente, durante la semana dos y tres. Esta condición reduce la actividad de los microorganismos mesófilos mientras aumenta la de los microorganismos termófilos que contienen enzimas que degradan compuestos complejos como las proteínas, además en esta etapa se eliminan organismos patógenos (Neklyudov *et al.*, 2008).

La tercera etapa es el enfriamiento, que inicia con la disminución de temperatura hasta alcanzar la temperatura ambiente, esto ocurrió desde el día 22 hasta el día 90, donde se registraron temperaturas de 28.3, 28.3 y 28.1 °C, como se observa en la Figura 1. Esta disminución se genera por la reducción de energía en el compost y reactivación de los microorganismos mesófilos que descomponen los azúcares restantes (Zeng *et al.*, 2010). Por último, en la etapa de maduración, donde los compostajes alcanzaron temperaturas de 25.9, 25.8 y 26.3 °C, se reduce la actividad metabólica. Sin embargo, los compuestos menos degradables se descomponen y surgen los precursores de sustancias húmicas (Vélez-Sánchez-Verín *et al.*, 2008), además de la disminución en un 40% aproximadamente, del volumen de las pilas.

Asimismo, la materia orgánica presentó una descomposición total, de tal manera que el tamaño de partícula se conformó homogéneo, presentó textura y color similar al suelo, características que indicaron que el proceso del compostaje se desarrolló en condiciones de temperatura, pH y humedad adecuadas, debido principalmente a la correcta aireación que se realiza mediante el volteo de las pilas (Acosta *et al.*, 2012; Montoya *et al.*, 2016). La producción de compost por establecimiento en la central de abastecimiento de mercado fue de 0.75 kg/día, el rendimiento promedio de la producción de compost fue del 61.7 % con respecto al peso inicial, lo cual concuerda con huerta *et al.*, (2008) y Navia *et al.*, (2013) que expresan un rango de rendimiento entre 50 - 60%; se considera que el residuo orgánico restante se emite a la atmósfera en forma de vapor de agua y CO₂ (Muñoz *et al.*, 2015). El rendimiento de la prueba de manera detallada se presenta en la Tabla 2.

Análisis químico del compost

El compost óptimo para su aprovechamiento agrícola requiere de parámetros como el pH, materia orgánica, fósforo, magnesio y potasio entre otros, que dimensionan la calidad del producto obtenido del proceso de compostaje (Soliva y Lopez, 2004). Los resultados de análisis del compost obtenido se evidencia en la Tabla 3.

Tabla 2. Rendimiento en peso de la producción de compostaje obtenido.

Ensayo	Peso residuos frescos (kg)	Peso compost (kg)	Rendimiento (%)
1	24	14.8	61.6
2	24	14.2	59.1
3	24	15.5	64.5
Promedio	24	14.8	61.7

El pH que se obtuvo en el compost en promedio fue de 5.6 clasificado como “alto”, esto indica que el pH contribuye a la dinámica de los nutrientes en el compost, teniendo en cuenta que este parámetro se vincula con la disponibilidad de nutrientes (González *et al.*, 2016). pH ácidos (pH < 5.5) indican que las condiciones aerobias no fueron óptimas por deficiencias en la aireación o la humedad y se disminuye el contenido de P, N, y cationes (Ca, K). Por otro lado, pH básicos (pH > 7.3) indican el contenido en nitrógeno amoniacal y carbonatos solubles que disminuye la cantidad de micronutrientes (B, Al, Mg, Fe, Co y Zn). En cuanto a la materia orgánica que contiene el compost obtenido fue del 27 %, clasificado como “medio”. Este parámetro depende de la capacidad de descomponer los materiales orgánicos y su porcentaje en el compost, permite mejorar las propiedades fisicoquímicas y biológicas que contribuye a la estabilidad estructural del suelo (Julca *et al.*, 2006). El fósforo en promedio que se obtuvo fue de 119 ppm, es un alto contenido de este nutriente que se requiere para el adecuado desarrollo microbiano (Campitelli *et al.*, 2010). El potasio en promedio alcanzó un 3.9 meq/ 100 g clasificado como “medio”, no obstante su concentración es aceptable, considerando que es de los nutrientes minerales de mayor requerimiento

por parte de la planta en altas concentraciones para su óptimo crecimiento, porque activa enzimas fundamentales en los procesos de fotosíntesis (Becerra *et al.*, 2007; Ansorena *et al.*, 2014). Por último, el magnesio que se registró en el compost fue de 1.26 meq/100 g clasificado como “alto”, este nutriente no es asimilado por la planta de manera inmediata; sin embargo, contribuye al cambio en las condiciones del suelo posteriormente (Rodríguez *et al.*, 2010). Finalmente se encontró que las características químicas del compostaje tienen condiciones de calidad adecuadas para mejorar los sistemas de producción agrícola.

Conclusiones

Los residuos orgánicos que se generan en la central de abastecimiento de mercado del municipio de Acacias - Meta, tienen un potencial de uso agrícola con la transformación de este material a través del compostaje, para lo cual se debe realizar una cuantificación y cualificación en su origen, de tal manera que permita determinar la cantidad y calidad del material orgánico generado para su aprovechamiento. El compostaje se desarrolló adecuadamente teniendo en cuenta la temperatura que se registró en las cuatro etapas del proceso, lo que demostró que las variables de humedad y aireación en el proceso fueron apropiadas, de tal manera que garantizaron un comportamiento aceptable en las cuatro etapas del proceso. Finalmente, la caracterización fisicoquímica del compost obtenido presentó una calidad y rendimiento aceptable, que permite la aplicación de este producto como un abono orgánico en actividades agrícolas, infiriendo así, el compostaje como una herramienta para la gestión ambiental de este tipo de residuos orgánicos.

Tabla 3. Resultado de análisis de caracterización del compost obtenido.

Muestra	Parámetros				
	pH	M.O (%)	P (ppm)	Mg (meq/100g)	K (meq/100g)
1	5.8	32	144	2.30	5
2	5.4	22	100	0.70	2.6
3	5.5	28	114	0.80	4
Promedio	5.6	27	119	1.26	3.9
Calificación	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio

Referencias

- Acosta Y, Zárraga A, Rodríguez L, El Zauahre M. Cambios en las propiedades fisicoquímicas en el proceso de compostaje de lodos residuales. *Multiciencias*. 2012;12:18-24.
- Ali A, Zahid N, Manickam S, Siddiqui Y, Alderson P. Double layer coatings: New technique for maintaining physicochemical characteristics and antioxidants properties of dragon fruit during storage. *Food Bioprocess Technol*. 2014;7(8):2366-2374.
- Ansorena J, Batalla E, Merino D. 2014. Propiedades fisicoquímicas del compost de residuos de alimentos y su empleo como componente de sustratos. *ACTAS DE HORTICULTURA n° 67 XI JORNADAS DE SUSTRATOS*. Pp.18.
- Basso N, Brkic M, Moreno C, Pouiller P, Romero A. Valorem los alimentos, evitemos pérdidas y desperdicios. *Diaeta*. 2016;34(155):25-32.
- Becerra-Sanabria LA, Navia-de Mosquera SL, Núñez-López CE. Efecto de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar 'Criolla Guaneña' en el departamento de Nariño. *Rev Latinoam Papa*. 2007;14(1):51-60.
- Bohórquez A, Puentes YJ, Menjivar JC. Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Corpoica. Cienc Tecnol Agropecuaria*. 2014;15(1):73-81.
- Campitelli P, Aoki A, Gudelj O, Rubenacker A, Sereno R. Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Ciencia del suelo*. 2010;28(2):223-231.
- Caicedo NBM, Ibarra AAR. 2017. Estado actual de los niveles de desperdicio de las cadenas de abastecimiento de alimentos. In *Memorias de Congresos UTP*(pp. 202-209).
- Cerda A, Artola A, Font X, Barrena R, Gea T, Sánchez A. Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresour Technol*. 2018;248(Parte A):57-67.
- González A, Szostak J, Morel J, Ishiwata T. Efecto de rotaciones de cultivos en la evolución del contenido de cationes y el pH de suelos arcillosos bajo siembra directa, en el Distrito de Capitán Miranda-Paraguay. *Tecnología Agraria*. 2016;1(1):51-56.
- Herrera LA. 2015. *¿La realidad actual de la ciudad de Villavicencio permitiría la adecuada implementación del decreto 2981 de 2013 en su acápite de separación en la fuente de residuos sólidos ordinarios?* (Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada).
- Huerta O, López M, Soliva M, Zaloña M. 2008. Compostaje de Residuos Municipales—Control del proceso, rendimiento y calidad del producto. *Agència de Residus de Catalunya. CD*.
- ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2004. Norma Técnica Colombiana. Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo (pág. 43). Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- Insam H, Bertoldi M. 2007. Microbiology of the composting process. In: Diaz, L. F., de Bertoldi, M., Bidlingmaier, W., Golueke, C. (Eds.), *Compost Science and Technology*. Elsevier. pp. 25-48.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2006. *Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos*, 6th ed.; IGAC: Bogotá, Colombia, p. 648.
- Jaramillo G, Zapata L. 2008. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. *Monografía para optar el título de Especialistas en Gestión Ambiental. Medellín*. Colombia.
- Julca-Otiniano A, Meneses-Florián L, Blas-Sevillano R, Bello-Amez S. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*. 2006;24(1):49-61.
- López NC. 2009. *Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado de Cereté-Córdoba* (Master's thesis).
- Martínez K, Sánchez J, Raga Y, Mármol Z, Arenas E, Mazzarri CA. Cuantificación y caracterización de los residuos de alimentos del comedor central estudiantil de la Universidad del Zulia. *Revista Tecnocientífica URU*. 2016;8:57-67.
- Marmolejo LF, Madera CA, Torres P. Gestión de los residuos sólidos en hospitales locales del norte del Valle del Cauca, Colombia. *Rev Fac Nac Salud Pública*. 2010;28(1):56-63.
- Montoya A. Caracterización de Residuos Sólidos. *Cuaderno Activa*. 2012;4:67-72.
- Montoya A, Soto O, Brieve J. Cinética de aireación para la elaboración de un compost/Aeration kinetics for the preparation of compost. *Revista Estudiantil URU*. 2016;(2):75-85
- Munévar F. Criterios agroecológicos útiles en la selección de tierras para nuevas siembras de palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas*. 2004;25(especial):148-159.
- Muñoz AFZ, Sánchez CEZ. Un método de gestión ambiental para evaluar rellenos sanitarios. *Gestión y Ambiente*. 2013;16(2):105-120.
- Muñoz JM, Muñoz JA, Rojas CM. Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayan, Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial (BSAA)*. 2015;13(1):73-82.
- Navia CA, Zemanate Y, Morales S, Prado FA, Albán OÉ. Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate (*solanumlycopersicum*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial (BSAA)*. 2013;11(spe):165-173.
- Neklyudov AD, Fedotov GN, Ivankin AN. Intensification of composting processes by aerobic microorganisms: a review. *Appl Biochem Microbiol*. 2008;44:6-18.
- Niño-Torres Á, Trujillo-González J, Niño-Torres A. Gestión de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Villavicencio. Una mirada desde los grupos de interés: empresa, estado y comunidad. *Revista Luna Azul*. 2017;44:177-187.
- Otterpohl R, Grottker M, Lange J. 2016. Gestión sostenible del agua y de los residuos en zonas urbanas. *Boletín CF+ S*. (2).

- Pinzón-Casas RD. Producción, recolección y disposición de residuos sólidos urbanos, análisis del sistema de gestión en el municipio de Puerto Asís, Putumayo.
- Porras ÁC, González AR. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Academia y Virtualidad*. 2016;9(2):90-10. DOI: <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Rodríguez-Torres MD, Venegas-González J, Angoa P, Montañez-Soto JL. Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. *Rev Mexicana Cienc. Agric*. 2010;1(2):133-147.
- Sepúlveda L. 2006. Aprovechamiento de residuos reciclables en Colombia y en el valle de Aburrá, Cali. OCCIDENTE
- Sánchez ÓJ, Ospina DA, Montoya S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Manage*. 2017; 69:136-153.
- Soliva M, López M. 2004. Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso. *En Formación de técnicos para el tratamiento y gestión de lodos de depuradora*. Pp.1-20.
- Taboada PA, Armijo C, Aguilar Q, Ojeda S, Aguilar, X. 2009. Métodos para la determinación de generación de residuos en comunidades rurales. In *Proceedings of the II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, REDISA*, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Pp. 554-560.
- Tapia-Gómez A, Laines-Canepa J, Sosa-Olivier J. Digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos generados en las cafeterías de la DACBiol. *Kuxulkab'*. 2016;22(42):5-12.
- Vargas-Pineda ÓI, Trujillo-González JM, Torres-Mora MA. Análisis de la inclusión de aspectos ambientales en microempresas agroindustriales de la ciudad de Villavicencio, Colombia. *Producción+ Limpia*. 2017;12(1):115-123.
- Vargas-Pineda ÓI, Trujillo-González JM, Torres-Mora MA. La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA)*. 2017;8(2):175-186.
- Vélez-Sánchez C, Pinedo-Álvarez C, Viramontes-Oliva O, Ortega C, Melgoza-Castillo A. Bio-tecnologías ambientales para el tratamiento de residuos ganaderos (Environmental biotechnologies for treatment of livestock waste, in Spanish). *Creativ Desarr Tecnol*. 2008;2:131-144.
- Xu F, Li Y, Ge X, Yang L, Li Y. Anaerobic digestion of food waste—Challenges and opportunities. *Bioresour Technol*. 2018;247:1047-1058.
- Zeng GY, Chen M, Huang Y, Zhang D, Huang J, Jiang H, Yu R. Effects of inoculation with *Phanerochaete chrysosporium* at various time points on enzyme activities during agricultural waste composting. *Bioresour Technol*. 2010;101:222–227.

Oscar Vargas: <https://orcid.org/0000-0002-6462-4264>
 Juan Trujillo: <https://orcid.org/0000-0001-9612-4080>
 Marco Torres: <https://orcid.org/0000-0002-3824-5412>