

# APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA LA ELABORACIÓN DE VERMICOMPOSTA Y DIGESTATO, UNA REVISIÓN

Angélica Romero-Rodríguez\* María Myrna Solís Oba, Daniel Santos Ubaldo y José Agustín Pacheco Ortiz.  
Centro de investigación en Biotecnología Aplicada (CIBA-IPN), Tlaxcala, México.

\*Autor de correspondencia Email: [aromeror1000@alumno.ipn.mx](mailto:aromeror1000@alumno.ipn.mx)

## RESUMEN

Por mucho tiempo se consideraba que el alcance de la biotecnología sólo era el uso de la tecnología para modificar o mejorar parcial o totalmente un sistema o procesos biológicos para el bienestar industrial y del humano. Sin embargo, actualmente y gracias a los avances en la ciencia, los beneficios que trae la biotecnología también son al ambiente, enfocados a resolver los problemas como el cambio climático, aprovechamiento de residuos, restauración de aguas y suelos contaminados, entre otros. Específicamente el manejo adecuado y aprovechamiento de los residuos agroindustriales como materia prima, pueden emplearse partir de procesos de transformación con microorganismos para la obtención de biocombustibles; producción de alto valor agregado como son las enzimas, vitaminas, antioxidantes, alimentos para animales, antibióticos y fertilizantes orgánicos como la vermicomposta y el digestato. Este aprovechamiento de los residuos puede ayudar a reducir los costos de producción y la carga de contaminación al medio ambiente. El presente escrito es una revisión bibliográfica que tiene como objetivo conocer un poco más sobre la vermicomposta y el digestato que se obtienen a partir de residuos agroindustriales y las características que hacen que estos productos puedan ser utilizados en la agricultura.

Palabras clave: Agroindustrial, Residuos, Fertilizante.

## ABSTRACT

For a long time it was considered that the scope of biotechnology was only the use of technology to partially or totally modify or improve a biological system or processes for industrial and human well-being. However, currently and thanks to advances in science, the benefits that biotechnology brings are also to the environment, focused on solving problems such as climate change, waste management, restoration of contaminated water and soil, among others. Specifically, the proper management and use of agro-industrial waste as raw material, can be used from transformation processes with microorganisms to obtain biofuels; production of high added value such as enzymes, vitamins, antioxidants, animal feed, antibiotics and organic fertilizers such as vermicompost and digestate. This use of waste can help reduce production costs and the pollution load on the environment. This paper is a bibliographical review that aims to learn a little more about vermicompost and digestate that are obtained from agro-industrial residues and the characteristics that make these products usable in agriculture.

Keywords: Agroindustrial, Waste, Fertilizer.

## I. INTRODUCCIÓN

Los residuos son aquellos materiales o productos que son desechados y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso, comúnmente se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final (SEMARTNAT 2006).

Específicamente, las industrias basadas en la agricultura producen una gran cantidad de residuos orgánicos anualmente, éstos al ser liberados al ambiente, sin un procedimiento de eliminación adecuado, causan contaminación ambiental, gastos económicos y efectos nocivos para la salud de diferentes organismos en los ecosistemas. Las practicas para la eliminación o manejo de estos residuos por lo regular son la quema, vertimiento a relleno sanitario no planificado (Sadh et al. 2018). Sin embargo, los residuos orgánicos no sólo representan un riesgo para el ambiente y la salud cuando no se disponen adecuadamente, también son una fuente en gran medida, de proteínas, azúcares y minerales debido a su composición nutricional, además pueden aprovecharse como materias primas para la producción y desarrollo de otros productos de base biológica como por ejemplo biocombustibles, enzimas, alimentos para animales, biofertilizantes, etcétera; donde su uso puede además, ayudar a reducir el costo de producción (Cortez y Ligabue-Braun 2021).

En general se pueden considerar dos tipos de residuos agroindustriales, los residuos agrícolas y los residuos industriales (provenientes del procesamiento de alimentos). Además los residuos agrícolas se pueden dividir en residuos de campo y residuos de proceso (Figura 1) (Sadh et al. 2018). Las características o composición química y biológica de los residuos agroindustriales dependen del proceso de transformación y de la materia prima utilizada; sin embargo, la mayoría son materiales lignocelulósicos y contienen en mayor porcentaje celulosa, hemicelulosa y lignina (Alonso et al. 2012).

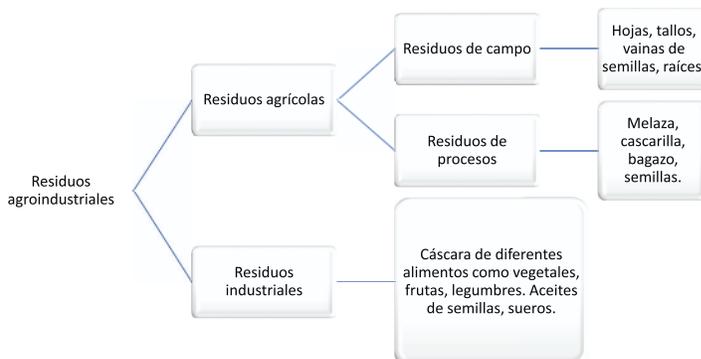


Figura 1. Residuos agroindustriales (Sadh et al. 2018)

El presente artículo es una revisión bibliográfica de la obtención de fertilizantes orgánicos (vermicomposta y digestato) a partir de residuos agroindustriales, que es una

de las aplicaciones que se ha dado para el aprovechamiento de dichos residuos.

## 2. FERTILIZANTES ORGÁNICOS

Un fertilizante es cualquier producto, ya sea de origen natural o sintético, que se aplica al suelo o a los tejidos de las plantas para suministrar uno o más de los nutrientes esenciales para el crecimiento de los organismos vegetales. La mayoría de los fertilizantes empleados en la agricultura, son comerciales y proporcionan los tres nutrientes principales de las plantas el nitrógeno, fósforo y potasio (Larramendy y Soloneski 2019).

Específicamente, los fertilizantes orgánicos representan un amplio grupo de materiales derivados de subproductos agrícolas e industriales; cada uno de ellos tiene un proceso de degradación diferente, ya sea por parte de macro y microorganismos (anélidos, artrópodos, bacterias, hongos, actinomicetos, etc.), en procesos aeróbicos o anaeróbicos. Los fertilizantes de fuentes orgánicas son esenciales para la microbiota del suelo que descomponen la materia del fertilizante para crecer y liberan los nutrientes al suelo, beneficiando así a las plantas que se encuentran en ese medio (Pratap 2012). El uso de residuos para su obtención reduce los costos de producción, además, se sabe que los nutrientes que incorporan al suelo se mantienen por más tiempo, tienen un impacto menor al medio ambiente, aumentan el contenido de materia orgánica del suelo y son económicos para los agricultores que producen a baja y mediana escala (Gómez et al. 2011). Entre los fertilizantes orgánicos más empleados destacan las vermicompostas y el digestato.

## 3. VERMICOMPOSTA

El vermicompostaje se refiere a un proceso de compostaje realizado por diferentes especies de lombrices de tierra, una de las más utilizadas es *Eisenia fetida*, que tienen una capacidad natural de degradar residuos orgánicos, al descomponerlos mecánicamente, aumentando así el área de superficie del sustrato y, con ello, aumenta la actividad microbiana externa y dentro del intestino de la lombriz (Atiyeh et al. 2000). Prácticamente cualquier material de origen biológico y de naturaleza biodegradable puede ser utilizado como material sustrato para el proceso de vermicompostaje, siempre que no contenga ninguna sustancia potencialmente tóxica para las lombrices. Dado que los residuos del procesamiento agroindustrial son el subproducto o producto final del procesamiento de materiales agrícolas, ofrecen oportunidades potenciales para ser utilizados como sustrato para las lombrices de tierra y los microorganismos.

La vermicomposta tiene muchos beneficios, funciona como promotor y protector del crecimiento de las plantas,

tienen cantidades altas de macroelementos como N, K y P, micronutrientes, microorganismos beneficiosos del suelo como bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo, también libera enzimas como amilasa, lipasa, celulasa y quitinasa que continúan descomponiendo la materia orgánica en el suelo para liberar los nutrientes y ponerla a disposición de las raíces de las plantas. Le confiere al suelo alta porosidad, drenaje y capacidad de retención de agua; de igual forma se conoce que la liberación de nutrientes se lleva a cabo en un período de tiempo más largo y funciona como “fertilizante de liberación lenta”. Por otro lado, la vermicomposta también protege a las plantas contra diversas plagas y enfermedades, ya que las lombrices de tierra bioacumulan y biodegradan sustancias tóxicas y matan a los patógenos en el medio en el que habitan (Pratap 2012; Ghoreishy et al. 2018; Mupambwa y Mnkeni 2018).

Entre los trabajos realizados para la obtención de vermicomposta a partir de los residuos agroindustriales, Nogales et al. (2005) reportaron que el principal residuo de la actividad vitivinícola es el sarmiento producido durante la poda de la vid. El potencial de estos residuos en el vermicompostaje ha sido investigado utilizando *Eisenia andrei*. La biomasa de lombrices y la actividad enzimática siguió durante 16 semanas de vermicompostaje en un experimento en laboratorio. Los cambios en las enzimas hidrolíticas y las actividades microbianas en general durante el proceso de vermicompostaje indicaron la descomposición de los residuos. El resultado fue la obtención de un material estable que puede ser utilizado como fertilizante, su caracterización mostró una relación C:N óptima (menor a 20), con una conductividad eléctrica ligeramente salina, sin evidencia que fuera fitotóxico, con altas cantidades de materias húmicas y el contenido de nutrientes como el nitrógeno y el potasio fue superior después del proceso de vermicompostaje (el nitrógeno aumentó un 53% y el potasio aumentó un 73%), por último el pH se estabilizó en 7. Dichos resultados mostraron que el valor agronómico de estos residuos es alto, ya que no afectó el proceso de las lombrices para su degradación y además dadas las características del producto final, éste puede ser empleado como fertilizante.

Por otro lado, Palma et al. (2016) evaluaron la calidad nutrimental de diferentes vermicompostas elaboradas con residuos de cachaza, bagazo y caña de azúcar de la agroindustria, mezclados con diferentes fuentes de estiércol (gallina, caballo, vaca y borrego), sometidas a vermicompostaje con lombriz *Eisenia fetida*, durante tres meses, los resultados mostraron que las vermicompostas tuvieron un valor de pH y materia orgánica aceptable (entre 6.2 y 6.7, y entre 39 y 47%, respectivamente), la conductividad eléctrica y la relación C/N fueron superiores al rango aceptable (entre 5.32 dSm-l y 7.26 dSm-l, y entre el 63.1 y el 83.14, respectivamente) y el nitrógeno total fue inferior a lo registrado en la norma (0.37%). Se evidenció

que los mejores tratamientos fueron los adicionados con estiércol de borrego y vaca, ya que la aplicación del estiércol provee cantidades importantes de microorganismos que ayudan al proceso de degradación de los residuos, así como también aporta cantidades importantes de nutrientes como el nitrógeno.

Por último, Namli et al. (2020) llevaron un monitoreo de supervivencia de la lombriz de tierra *Eisenia fetida* durante el vermicompostaje de residuos de la industria azucarera. Estos residuos se denominan Lodos de Decanter (DS) y PKF(residuos de suelo de filtro de prensa). En el experimento se prepararon 11 mezclas diferentes de DS, PKF y estiércol de corral (FYM) en diferentes proporciones. Los resultados del estudio indicaron que las lombrices no vivían en el medio que contiene más del 50% de PKF y 50% de DS. Concluyeron que el vermicompost puede ser obtenido de los desechos de producción de la fábrica de azúcar mediante la aplicación del proceso de vermicomposta en lodos de Decanter en la proporción máxima del 50% o su mezcla con PKF junto con FYM.

## 4. DIGESTATO

Los residuos agroindustriales o estiércoles de animales son utilizados para la producción de biogas, en donde aproximadamente del 20-95% de la materia prima orgánica se degrada (dependiendo de la composición de la materia prima), por medio de un proceso de digestión anaeróbica o biometanización, este último es un proceso biológico que se da en ausencia de oxígeno a través de diferentes etapas, en donde participan poblaciones bacterianas, las cuales actúan catalizando cuatro fases consecutivas: hidrolítica, acidogénica, acetogénica y metanogénica. Los microorganismos transforman la fracción más degradable de la materia orgánica en biogás (compuesto formado en su gran mayoría por metano y dióxido de carbono); mientras que los compuestos de más difícil digestión van a conformar el digestato. Tal cual el digestato es un subproducto del proceso de digestión que puede ser utilizado como fertilizante orgánico, ya que contiene nutrientes como el nitrógeno y fósforo, entre otros macro y micronutrientes, que se mineralizan en el digestor, pasan a estar disponibles y no se pierden en el proceso. Un ejemplo de los compuestos que están disponibles en los digestatos (y que es de suma importancia en el suelo), es la presencia de nitrógeno como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). El digestato mejora el rendimiento del cultivo cuando se usa como fertilizante, ya que aparte de los macro y micronutrientes que aporta al suelo, también presenta compuestos reguladores del crecimiento vegetal que beneficia directamente al desarrollo de la planta (Möller y Müller 2012; Bongiovanni et al. 2018).

Para el caso de la producción de digestato (también llamado biol), Gordon (2013) elaboró un abono líquido mediante fermentación anaeróbica a partir de suero de leche y otros componentes (agua, estiércol, melaza, alfalfa, ceniza, humus y lactofermento) en diferentes concentraciones establecidas en 4 tratamientos, obtuvo los mejores resultados de composición

del abono en el tratamiento donde la concentración de suero de leche fue mayor. La mezcla de lactosuero con excretas de ganado vacuno presentó un pH de 5.8, los macronutrientes presentes son importantes para el beneficio de las plantas ( $\text{P}_2\text{O}_5$  1.39%,  $\text{K}_2\text{O}$  0.14%, Ca 0.053% y Mg 0.014%), debido al tipo de alimentación semi intensivo que se brinda en la ganadería.

Ivanchenko et al. (2021) obtuvieron biogás y digestato a partir de residuos que contienen N, P, K y Ca, residuos vegetales y lodos activados de aguas residuales espesadas, sobre la producción de biogás y la calidad agronómica de los digestatos. La eficiencia de este proceso se evaluó mediante el rendimiento de metano durante la codigestión anaeróbica con bioaditivo (suero de queso), así como el contenido de nutrientes en los digestatos mediante el uso de un agroquímico. Los digestatos obtenidos tienen un efecto estimulante sobre el crecimiento de las plantas de cebada y guisantes. En particular, la digestión con 3% en peso de suero tuvo el máximo impacto en el rendimiento de la planta (+0.3–0.4 t ha<sup>-1</sup> en comparación con el control). Los digestatos obtenidos pueden considerarse fertilizantes organominerales ya que contienen hasta un 43 % de la cantidad total de N, P, K y Ca y cumplen los requisitos de contenido de metales pesados de la legislación Ucraniana.

Por último, Rahman et al. (2019), determinaron que la producción de digestato a partir de la digestión anaeróbica de excrementos de aves, lodo de prensa, bagazo de caña de azúcar y raíces y cogollos de remolacha azucarera, podría ser una fuente eficaz en la elaboración de un fertilizante que ocupa los residuos de la industria azucarera, como materia prima.

## 5. CONCLUSIONES

Los desechos o residuos agroindustriales son ricos en composición de nutrientes y compuestos bioactivos, en consecuencia, deben ser considerados como materia prima para la obtención de fertilizantes orgánicos como la vermicomposta y el digestato. La presencia de tales nutrientes en estos residuos ofrece condiciones adecuadas para el crecimiento prolífico de microorganismos, los microorganismos tienen potencial para reutilizar los residuos como materia prima para su crecimiento a través de procesos de degradación o fermentación anaerobios o aerobios. El seguir en la búsqueda de alternativas para dar uso a los residuos agroindustriales por medio de aplicaciones biotecnológicas es importante para la sociedad y el medio ambiente, teniendo en consideración los factores de la sustentabilidad.

## AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Investigación y Posgrado-IPN, y al CONACyT por el apoyo al número de matrícula 1001897.

## REFERENCIAS

- Alonso M, Ramírez C, Rigal L (2012) Valorización de residuos agroindustriales del tequila para alimentación de rumiantes. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(3):449-457.
- Atiyeh R, Arancon N, Edwards C, Metzger J (2000) Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75:175-180.
- Bongiovanni M, Marzari R, Silvana A (2018) Uso de digestato como biofertilizante derivado de la generación de biogas. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 1-6.
- Cortez F, Ligabue-Braun R (2021) Agro-Industrial Residues: Eco-Friendly and Inexpensive Substrates for Microbial Pigments Production. *Front. Sustain. Food Syst* 18:1-16.
- Ghoreishy F, Mohammadi A, Fallahzade J (2018) Using composted wheat residue as a growth medium in culture of tomato. *Journal of Plant Nutrition* 41(6):766-773.
- Gordon V (2013) Utilización de suero de leche para la elaboración de abono orgánico (biol). Trabajo de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador.
- Gómez D, Vázquez M, Rodríguez I, Posas F, Matute D (2011) Abonos Orgánicos. *Sistemas de agronegocios agrícolas, Serie: Producción orgánica de hortalizas de clima templado. Tegucigalpa, Honduras. 26pp.*
- Ivanchenko A, Yelatontsev D, Savenkov A (2021) Anaerobic co-digestion of agro-industrial waste with cheese whey: Impact of centrifuge comminution on biogas release and digestate agrochemical properties. *Biomass and Bioenergy* 147: 106-110.
- Larramendy M, Soloneski S (2019) *Organic Fertilizers History: Production and Applications*. IntechOpen, London, United Kingdom, 13-17 pp.
- Möller K, Müller T (2012) Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences* 12(3): 242-257.
- Mupambwa H, Mkeni P (2018) Optimizing the vermicomposting of organic wastes amended with inorganic materials for production of nutrient-rich organic fertilizers: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 25(11):10577-10595.
- Namli A, Akça H, Akça M (2020) Vermicomposting of agro-industrial waste by-product of the sugar industry. *Soil Sci* 9(4):292-297
- Nogales R, Celia C, Benitez E (2005) Vermicomposting of winery wastes: A laboratory study. *J Environ. Sci. Health* 40:59-673.
- Palma D, Zavala J, Cámara J, Ruiz E, Salgado S (2016) Uso de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para elaboración de abonos orgánicos. *Agroproductividad* 9(7):29-34.
- Pratap R (2012) *Organic fertilizers: types, production and environmental impact. Agriculture issues and policies*. Nova Science Publishers, Inc. New York, U.S.A. 290pp.
- Sadh P, Duhan S, Duhan J (2018) Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresour. Bioprocess* 5(1):1-15.
- Rahman A, Kumer S, Feng L, Moller H (2019) Anaerobic digestion of agro-industrial wastes of Bangladesh: Influence of total solids content. *Engineering in Agriculture, Environment and Food* 12(4):484-493.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2006) *Residuos* [en línea]. Disponible en [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap7\\_residuos.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf)