

# REVALORIZACIÓN DE ALGUNOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES Y SU POTENCIAL DE APLICACIÓN A SUELOS AGRÍCOLAS

## REVALUATION OF SOME AGROINDUSTRIAL RESIDUES AND THEIR POTENTIAL FOR APPLICATION ON AGRICULTURAL SOILS

Rosas-Calleja D.<sup>1\*</sup>; Ortiz-Laurel H.<sup>1</sup>; Herrera-Corredor J.A.<sup>1</sup>; Leyva-Ovalle O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, *Campus* Córdoba. Carretera Fed. Córdoba-Veracruz km 348. Cong. Manuel León. Amatlán de los Reyes. CP 94946. <sup>2</sup>Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Peñuela, Amatlán de los Reyes. CP 94945.

\*Autor responsable: drosasc@colpos.mx

### RESUMEN

La generación de residuos, también llamados subproductos de un sistema productivo, son inherentes al mismo. Los procesos de la agroindustria azucarera, cafetalera (café en grano y solubles instantáneos) y tortillera (tortilla y masa) generan volúmenes importantes de residuos, que generan costos adicionales para su manejo y disposición final. Una alternativa de revalorización es considerar su uso como abonos orgánicos (compostas), o bien, como generadores de energía. Los residuos de café, como la borra, y de la industria tortillera, como el nejayote, han mostrado un potencial también en el área bioquímica de la producción de alimentos. Se documenta la generación de tecnología adecuada para su manejo y transformación en materiales con valor agregado que contribuyan a la propia industria, reducción de riesgos al ambiente y áreas agrícolas.

**Palabras clave:** residuos, cachaza, borra, nejayote, agroindustria, materia orgánica.

### ABSTRACT

The generation of residues, also called byproducts, from a productive system, is inherent to it. Processes of the sugar, coffee (grain coffee and instantaneous soluble coffee), and tortilla (tortilla and dough) agroindustry generate important volumes of residues, which generate additional costs for their management and final disposal. An alternative of revaluation is considering their use as organic fertilizers (composts), or else, as energy generators. Coffee residues, such as dregs, and from the tortilla industry, such as nejayote, have shown potential also in the biochemical area of food production. The generation of adequate technology for their management and transformation into materials of added value, which contribute to the industry itself, the reduction of risks to the environment and agricultural areas, is documented.

**Keywords:** residues, sludge, dregs, nejayote, agroindustry, organic matter.

**Agroproductividad:** Vol. 9, Núm. 8, agosto, 2016. pp: 18-23.

**Recibido:** julio, 2015. **Aceptado:** marzo, 2016.

## INTRODUCCIÓN

Todo proceso productivo tiende a generar residuos o subproductos, es decir, todo aquello que no es de utilidad posteriormente para la propia cadena de producción como materia prima. La agroindustria cafetalera, azucarera y tortillera, entre otras, no son la excepción; cada una de ellas genera diferentes residuos y cantidades de los mismos, los cuales pueden servir para consumo animal o de aplicación a procesos agrícolas como enmiendas. No se puede evadir la consideración de que también estos residuos pueden representar una fuente de contaminación en los ecosistemas, así como un riesgo en la salud humana y animal. Sin embargo, la realidad no muestra planificación o proyección de uso de los diferentes residuos, y entre las posibles razones se ubica la inversión económica y todo lo que implica por la ejecución de un adecuado plan de manejo de residuos, por lo que finalmente la salida más viable es llevar dichos residuos a centros de confinamiento en el mejor de los casos, o bien, deshacerse de ellos en tiraderos clandestinos o el drenaje municipal. De ser utilizados, dichos residuos se aplican como abonos orgánicos, o bien, como mejoradores de las condiciones físico-químicas de un suelo, esto con la finalidad de contribuir a elevar el reservorio más importante de nutrientes que tiene un suelo agrícola, como lo es la materia orgánica.

### Residuos agroindustriales

De acuerdo con SEMARNAT (2006), **un residuo es todo material o producto que se desecha y que es susceptible de valorización**. La producción de alimentos y, en particular, la industria agrícola genera grandes cantidades de residuos que pueden ser aprovechados de diversas formas por otros sectores de producción, como el propio sistema agrícola de producción en sus diferentes sistemas producto. Entre estos se encuentran los generados por la producción de café (*Coffea arabica* L.), desde los beneficios hasta la producción de borra generada en el proceso de café soluble y descafeinado (incluyendo instantáneos). En la industria azucarera (*Saccharum* spp.) están los residuos de cosecha en campo hasta la generación de cachaza y bagazo en los ingenios, entre otros subproductos; en la tortillera (incluyendo la tortilla y masa), la generación de nejayote por el proceso de nixtamalización, entre otros. El propio documento de SEMARNAT indica que los residuos que tienen su origen en las actividades agrícolas constituyen una fuente potencial de mejoradores de los

suelos para la producción de alimentos de consumo, o bien, de ornamentales. De acuerdo con Abraham et al. (2007), las tres tecnologías consideradas para la utilización de los residuos son: caracterización biológica y química, y otra para la obtención de biocombustibles. La primera consiste en el uso de tecnologías que permiten una disposición final de los residuos agroindustriales, ya sean en estado sólido, líquido o gaseoso, y que puedan ser utilizados y comercializados. Los procesos bioquímicos comúnmente conocidos y empleados son el compostaje y vermicompostaje. Este último debe su nombre al empleo de lombriz como el ente biológico que transforma el residuo orgánico en abono natural que será finalmente una fuente de materia orgánica para suelos, o bien, en los sustratos donde se emplee con la finalidad de producción de especies vegetales. Rosentrater (2006) reporta una propuesta que implica un proceso de siete pasos y así tener una aproximación para el desarrollo y utilización exitosa de los subproductos denominados: **identificación, cuantificación, caracterización, desarrollo, análisis, optimización y modelado de los desechos a investigar**.

### Materia orgánica del suelo

La importancia de mantener la fertilidad de los suelos agrícolas es por demás conocida; y un suelo fértil no significa necesariamente un suelo productivo, sin embargo, la fertilidad es de vital importancia para que el suelo sea productivo. La materia orgánica del suelo es el resultado de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición y que sus compuestos tienen por base el carbono. La importancia de la materia orgánica para el suelo y la fertilidad radica en los beneficios que proporciona en los aspectos físicos, infiltración del agua, facilidad de prácticas de laboreo, reducción de pérdida de suelo y servir como almacén para abastecer de nutrientes a las plantas (Al Kaisi et al., 2005). De acuerdo con lo reportado por Amberger (2006) y Rivero et al. (2004), en las áreas tropicales un alto porcentaje de los suelos tienen contenidos bajos de materia orgánica, esto como consecuencia de las altas temperaturas y precipitaciones intensas que aceleran el proceso de descomposición de los residuos orgánicos. Nicolas et al. (2012) investigaron acerca de la relación entre la aplicación de enmiendas orgánicas y su efecto en incrementar el tamaño de partícula de las fracciones de la materia orgánica en suelos áridos, y concluyeron que la aplicación externa de materia orgánica es un excelente promotor de la actividad biológica, con aumento de los contenidos de carbono orgánico.

co y nitrógeno, así como, los contenidos de sustancias húmicas cuando aplicaron compostas con relación al tratamiento testigo.

### Residuos de la industria azucarera

Cada año, al realizar la cosecha (zafra), la meta de los ingenios azucareros o productores de etanol es incrementar su producción en relación con el año inmediato anterior. Como resultado de estos procesos de producción se generan importantes cantidades de residuos que requieren de un manejo específico. Uno de los primeros residuos generados en el proceso de producción de azúcar es el bagazo que sale con 50% de fibra leñosa. Este residuo proviene de la molienda de los tallos de caña y se generan 300kg de este material por cada tonelada de caña. Cabe señalar que este material representa una ayuda al sistema de producción en fábrica al ser utilizado como combustible en los ingenios. Otro de los residuos es la cachaza, que proviene del proceso de clarificación de los jugos por sedimentación y son conocidos como cachaza y se genera un promedio de 30 kg por cada tonelada de caña procesada (Ortíz *et al.*, 2013). Considerando la información de CONADESUCA (2014), quien cita que al menos los ingenios de Veracruz, México, procesan más de un millón de toneladas por zafra, se puede estimar el volumen de los residuos, tales como cachaza con más de 300 mil toneladas.

### Residuos de la industria cafetalera

La industria cafetalera es generadora importante de residuos, los cuales empiezan a producirse desde el despulpado y beneficiado del grano de café. De acuerdo con las estadísticas del SIAP, en 2013 fueron cosechadas 365,333 toneladas de café cereza. El despulpado de café cereza genera, aproximadamente, 400 kg de pulpa por cada tonelada de café procesado. Después vienen los procesos de secado y limpieza del grano para ser tostado. Posteriormente se generan residuos, como la llamada borra de café; este tiene su origen en el proceso de obtención de café soluble y corresponde a la fracción insoluble del café tostado. De acuerdo con Rodríguez y Zambrano (2010), la cantidad que se genera es de aproximadamente 10% por cada kilogramo de café cosechado.

### Residuos de la industria tortillera

México registra alto consumo de tortilla; de acuerdo con la Secretaría de Economía (2012), el consumo anual supera siete millones de toneladas de tortilla. Se reporta que al menos en 2013 el consumo *per cápita*

de tortilla en el medio urbano fue de 56.7 kg, en tanto que en el rural fue de 79.5 kg (CEDRSSA, 2014). Para la obtención de la masa para tortilla, el maíz (*Zea mays* L.) pasa por un proceso de nixtamalización con agua y cal (óxido de cal); la relación que se emplea tradicionalmente de agua y maíz es de tres a cinco partes de agua por una de maíz. Luego entonces, por cada tonelada de maíz procesada se obtienen al menos 3 m<sup>3</sup> de residuos. Una vez hecho el cocimiento del grano de maíz se retira el residuo, llamado nejayote, y se da uno o dos lavados más del maíz cocido para ser molido y obtener masa, quedando como subproducto de la cocción agua que contiene residuos del propio grano con un valor de pH alcalino por efecto de la cal (nejayote). Normalmente, estos residuos son desechados a través del sistema de drenaje municipal (Paredes *et al.*, 2009, Rosentrater 2006). En México se ha estimado que la industria tortillera genera alrededor de 14 millones de m<sup>3</sup> de nejayote y todo es desechado en el drenaje sin tratamiento o manejo alguno. (Rojas-García *et al.*, 2012).

### Aplicación de diferentes residuos al suelo

La aplicación de diferentes residuos al suelo como fuentes de materia orgánica ha mostrado ser eficiente, aun cuando los resultados no son inmediatos, sin embargo, autores como Adani y Tambone (2005), Lima *et al.* (2009) y Sebastia *et al.* (2007) registran experiencias exitosas. No obstante, es posible convertir los subproductos en abonos orgánicos o fuentes de materia orgánica para el suelo. El bagazo de caña proveniente de los molinos de los ingenios, así como la cachaza, son materiales que han demostrado su utilidad para obtener compostas; estas son una excelente fuente de materia orgánica para el suelo. La cachaza en particular es un material que por su propia naturaleza contiene un elevado porcentaje de materia orgánica, que alcanza 40%, en tanto que los contenidos de nitrógeno y fósforo son del orden de 1.7% y 3%, respectivamente, como lo reportan Basanta *et al.* (2007). De acuerdo con Pérez *et al.* (2011), el compostaje o vermicompostaje es una excelente técnica para procesar y utilizar este material que se produce en cantidades considerables. Ingenios veracruzanos han implementado programas para la producción de composta y vermicomposta (Figura 1). Los subproductos en la cadena de producción del café, ya sea en grano o para café soluble, son materiales con características que pueden ser reutilizados y revalorizados a través de procesos de compostaje o vermicompostaje. La pulpa de café ha generado experiencias satisfactorias en su utilización para elaborar desde compostas hasta suplementos

alimenticios para peces, cerdos y ganado bovino de engorda. La borra de café (Figura 2) es un material susceptible de ser manejado a través de compostaje para poder emplearlo como abono orgánico de los suelos. Existen reportes sobre el uso de estos materiales para la extracción de ciertos componentes químicos de utilidad para la industria farmacéutica, en tanto que otras investigaciones reportan su utilidad para la obtención de energía, como biogás o biodiesel, así como soporte de microorganismos anaerobios en el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, cabe aun la posibilidad de su compostaje para ser aplicado en los suelos (Machado *et al.*, 2012; Rodríguez y Zambrano 2010).

La producción de este residuo es constante como parte de la cadena productiva, luego entonces el reto es encontrar y diseñar al-



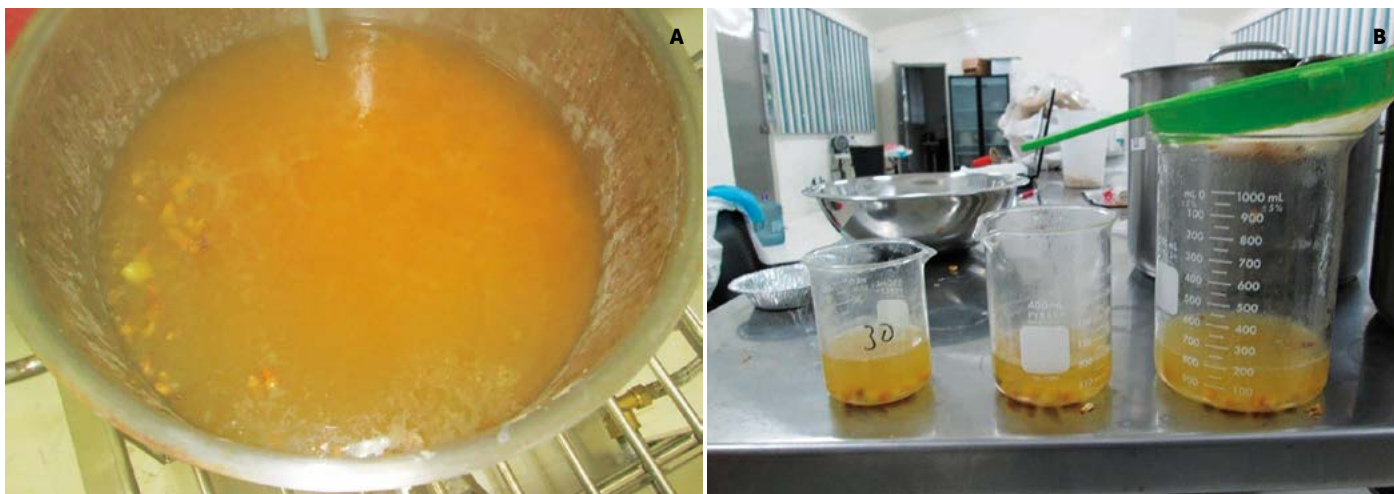
**Figura 1.** A: Producción de composta a partir de la cachaza. B-C: Producción de vermicomposta a partir de cachaza.

ternativas para darle un valor agregado. Los desechos del proceso de nixtamalización, como el nejayote, aunque no es una fuente de materia orgánica, por su naturaleza alcalina tiene potencial de uso como un mejorador de suelos ácidos. El manejo de los suelos ácidos requiere de la aplicación de mejoradores de las condiciones químicas, como la cal. El alto contenido de calcio favorece el incremento del valor de pH del suelo y esto afecta favorablemente la fertilidad y productividad de los suelos. El nejayote contiene residuos del maíz, lo que lo hace un material rico en materia orgánica en suspensión; está constituida por pericarpio, endospermo, pequeñas porciones de germen y hemicelulosas, entre otros (Figura 3). Obviamente también tiene

los residuos de cal suspendida que fueron usados en la cocción.



**Figura 2.** Borra de café (*Coffea arabica* L.) en proceso de compostaje.



**Figura 3.** A: Residuos de nejayote, después del proceso de nixtamalización. B: Caracterización de residuos de nejayote.

Se sabe que el empleo del nejayote tiene diferentes vertientes, algunas de ellas son su empleo en procesos anaeróbicos o aeróbicos, su empleo para enriquecer materiales minerales debido a su alta carga de material orgánico, coadyuvante de procesos de compostaje previa estabilización de su alcalinidad. La literatura reporta la utilidad de subproductos, como las gomas alimenticias y otros compuestos, que son una importante fuente de aditivos en la alimentación de animales como cerdos; sin embargo, requieren aun de más estudios que puedan generar y establecer técnicas apropiadas para su uso (Rosentrater, 2006; Carvajal-Milán, 2007). Los valores de pH del nejayote fluctúan entre 8-12, lo cual le confiere una capacidad alcalinizante para ser utilizada en beneficio de los suelos ácidos. Sin embargo, aún falta mucho que hacer en el sentido de considerar la viabilidad del manejo de este residuo. Hace falta considerar la forma y el proceso de acopio, almacenamiento y manejo, hasta ser aplicado en suelos donde aún faltaría determinar la dosis a aplicar de este residuo.

## CONCLUSIONES

**Los residuos** que se generan en algunos procesos productivos de la industria azucarera, cafetalera y tortillera, se pueden convertir en abonos orgánicos o mejoradores de suelos agrícolas, con lo cual se da un valor agregado a estos subproductos. Las técnicas de compostaje y vermicompostaje son métodos científicamente probados para convertir desechos orgánicos agroindustriales en material que se puede utilizar como abono o enmiendas orgánicas para los suelos. Es importante hacer investigación para considerar aspectos de logística y costos para evaluar la rentabilidad de dichos procesos.

## LITERATURA CITADA

- Abraham E.R., Ramachandran S., Ramalingam V. 2007. Biogas: Can it be an important source of energy? *Env. Sci. Pollut. Res.* 14 (1): 67-71.
- Adani F., Tambone F. 2005. Long-term effect of sewage sludge application on soil humic acids. *Chemosphere* 60: 1214-1221.
- Al-Kaisi M.M., Yin X. H., Licht, M.A. 2005. Soil carbon and nitrogen changes as influenced by tillage and cropping systems in some Iowa soils. *Agr. Ecosyst. Environ.* 105:635-347.
- Amberger A. 2006. Soil fertility and plant nutrition in the tropics and subtropics. International Fertilizer Association and International Potash Institute. France, Switzerland.
- Basanta R., Garcia D.M.A., Cervantes M.J.E., Mata V.H., Bustos V.G. 2007. Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: Una revisión. *Ciencia y Tecnología Alimentaria.* 5(4): 293-305.
- Carvajal-Milán E. 2007. Una alternativa para convertir un residuo del proceso de nixtamalización del maíz en un producto de alto valor agregado. *Tecnociencia Chihuahua* 1(2): 4-5.
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria) 2014. Consumo, distribución y producción de alimentos: el caso del complejo maíz – tortilla. Reporte del CEDRSSA.
- CONADESUCA. 2014. Estimados de producción. Consultado en <http://www.conadesuca.gov.mx/> Revisado mayo 2014.
- Lima D.L.D., Santos S. M., Sherer H. W., Schneider R. J., Duarte A. C., Santos E. B. H., Estévez V. I. 2009. Effects of organic and inorganic amendments on soil organic matter properties. *Geoderma* 150: 38-45.
- Machado E.M.S., Rodríguez-Jasso R.M., Teixeira J.A., Mussato S.I. 2012. Growth of fungal strains on coffee industries residues with removal of polyphenolic compounds. *Biochem. Eng. J.*60:87-90.

- Nicolás C., Hernández T., García C. 2012. Organic amendments as strategy to increase organic matter in particle-size. *Applied Soil Ecology* 57: 50-58.
- Ortiz L.H., Salgado G.S., Rosas C.D. 2013. La cosecha de la caña de azúcar cruda: una oportunidad para avanzar en la producción sustentable del cultivo. *Agricultura Sostenible* Vol. 9: 2190 – 2200. VII Congreso Nacional de Agricultura Sustentable. Puebla, Pue. México.
- Paredes L.O., Guevara L.F., Bello P.L.E. 2009. La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *UNAM Ciencias* 92-93: 60-70.
- Pérez M.M.A., Sánchez H.R., Palma L.D.J., Salgado S.G. 2011. Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. *Interciencia* 36(1): 45-52.
- Rivero C., Chirenje T., Ma L.Q., Martínez G. 2004. Influence of compost on soil organic matter quality under tropical conditions. *Geoderma* 123: 355-361.
- Rodríguez V.N., Zambrano A.F. 2010. Los subproductos del café: fuente de energía renovable. *CENICAFE Avances Técnicos* 393.
- Rojas-García C., García-Lara S., Serna-Saldivar S.O., Gutiérrez-Uribe J.A. 2012. Chemopreventive effects of free and bound phenolics associated to steep waters (Nejayote) obtained after nixtamalization of different maize types. *Plant Foods Hum Nutr* 67: 94-99.
- Rosentrater K.A. 2006. A review of corn masa processing residues: Generation properties and potential utilization. *Waste Management* 26:284-292.
- Sebastian J., Lebanowski J., Lamy, I. 2007. Changes in soil organic matter chemical properties after organic amendments. *Chemosphere* 68: 1245 – 1253.
- Secretaría de Economía. 2012. Análisis de la cadena de valor maíz – tortilla: Situación actual y factores de competencia local. [http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/20120411\\_analisis\\_cadena\\_valor\\_maiz-tortilla.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/20120411_analisis_cadena_valor_maiz-tortilla.pdf)
- SEMARNAT 2006. Bases para legislar la prevención y gestión integral de residuos. [http://siscop.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/bases\\_legislar\\_prevencion\\_gestion\\_integral\\_residuos.pdf](http://siscop.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/bases_legislar_prevencion_gestion_integral_residuos.pdf)
- SIAP. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Revisado mayo 2014.

