

## Residuos agroindustriales biotransformados: un residuo hecho fertilizante, un problema convertido en solución

Juliana Moisés, Marisa Gómez y Juan A. Galantini

*La intensificación de los sistemas productivos del SO bonaerense ha generado mayor cantidad de residuos agroindustriales y preocupación por su destino final. Conocer el potencial de las diferentes alternativas para su uso como enmiendas en suelos que le dieron origen permitirá cerrar el ciclo biogeoquímico en estos sistemas productivos.*



En el sudoeste bonaerense (SOB) los sistemas agropecuarios tradicionalmente fueron mixtos, con un adecuado balance de agricultura (cultivos anuales) y ganadería (campos naturales o pasturas). La intensificación de la agricultura producida en las últimas décadas ha favorecido la disminución del nivel de materia orgánica del suelo (MOS) y el aumento de la exportación de nutrientes (Galantini et al., 2000, Viglizzo et al., 2011). Este cambio se vio favorecido por las demandas de corto plazo y disminución de las tecnologías de procesos, favoreciendo la degradación del recurso (Sainz Rozas et al., 2011). Las consecuencias medioambientales y económicas del deterioro del recurso de base obligan a un serio replanteo de las asignaciones de uso y a la adopción de tecnologías y prácticas de manejo tendientes a minimizar y/o revertir los procesos desencadenados por la aplicación de prácticas inadecuadas. Entre ellas, la utilización e integración de tecnologías como el uso de enmiendas orgánicas son consideradas una alternativa para la recuperación de suelos degradados mejorando los contenidos de MOS (Brown & Leonard, 2004; Tian et al., 2009).

Las características particulares del SOB han llevado a que se desarrollen sistemas intensivos y actividades que generan gran cantidad de residuos orgánicos, con la consecuente preocupación por su destino final. Entre los más abundantes, se encuentran los de la industria aceitera. La cáscara de semilla de girasol (*Helianthus annuus* L.), de difícil degradación por su alto contenido de lignina, y los residuos de la producción de aceite de oliva (alperujo), ricos en compuestos orgánicos (predominantemente fenólicos) fitotóxicos, han alcanzado cantidades difíciles de procesar. También son abundantes los desechos de la producción y comercialización de cebolla (*Allium cepa* L.), los que generan serios inconvenientes ambientales a las poblaciones aledañas. Finalmente, los estiércoles provenientes principalmente de los sistemas ganaderos intensivos, engorde a corral (feedlot) o tambos,

también producen grandes cantidades de residuos orgánicos, los cuales, pueden causar el deterioro del medio ambiente.

Actualmente existen más de 12 mil hectáreas de cultivo de cebolla con una producción de 450 mil toneladas anuales, la cual deja un volumen de 70 mil a 180 mil toneladas de descarte. Asimismo, se ordeñan diariamente 7000 vacas en nueve tambos, con una producción de 190 toneladas anuales de estiércol. Además, se producen 54 mil toneladas anuales de cáscara de girasol y unas 3100 toneladas anuales de residuos de la producción de aceite de oliva (alperujo). En este proyecto se propone transformar y utilizar estos residuos en recursos que permitan mejorar la productividad agropecuaria de la zona semiárida, dar mayor sostenibilidad al sistema y la posible obtención de nuevos productos o procesos de valor comercial.

En este contexto, resulta indispensable pensar en las diferentes alternativas para que estos residuos (problemas) puedan utilizarse para recuperar suelos frágiles y degradados, mediante su incorporación como enmiendas orgánicas (soluciones).

En el SOB, el aporte de nutrientes a través de la fertilización es inferior a las necesidades de los cultivos, asociado principalmente a los altos costos y a la baja eficiencia del uso. Este escenario ocurre debido a la erraticidad de las precipitaciones, siendo la principal limitante productiva de la región (Martínez et al., 2016). Por lo tanto, en la actualidad cobra relevancia buscar tecnologías alternativas que permitan mantener o aumentar fertilidad edáfica, tal como podría ser la utilización de enmiendas orgánicas provenientes de residuos de producción.

Una visión diferente del problema, sería no considerar a los residuos como el final de una cadena (Producto), sino como el comienzo de otra (Insumo), a partir de la cual se puede obtener un beneficio valorado no sólo a nivel económico sino también ambiental. La reutilización de residuos orgánicos supone un doble efecto para el ambiente. Por un lado, se logra disminuir la presencia de éstos en el medio y por otro, la aplicación al suelo de materiales orgánicos debidamente tratados, lo que permitiría mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Para aprovechar estos recursos, la principal opción es proceso de transformación en el cual necesariamente intervengan bacterias, hongos y/o algas (biotransformación). Existe escasa información sobre las diferentes alternativas para el uso de residuos agroindustriales biotransformados (RAB) en estos ambientes frágiles.

Idealmente, la generación de materiales ricos en materia orgánica y nutrientes que puedan ser utilizados como enmiendas de los suelos que los generaron, sería una forma de cerrar el ciclo biogeoquímico dentro de los sistemas productivos regionales.

El Proyecto para Unidades Ejecutoras: Bioconversión y valorización de residuos agroindustriales del sudoeste bonaerense iniciado el 2017 por el CERZOS busca evaluar diferentes alternativas de transformación de esos residuos. La línea de trabajo del grupo “Suelos” plantea evaluar el impacto de la aplicación de diferentes residuos sobre la productividad y nutrición de diferentes, así como los cambios en el suelo. Se plantea entonces, 1) determinar el efecto bioestimulante de los RAB, o sustancias húmicas extraídas de ellos, sobre diferentes cultivos y 2) estudiar la dinámica de las diferentes fracciones orgánicas del suelo luego de la aplicación de diferentes RAB sobre suelos con problemas de fertilidad químicas o física. Con este abordaje se pretende mejorar la productividad agropecuaria de la zona semiárida, dar mayor sostenibilidad al sistema y obtener nuevos productos o procesos de valor comercial. Además, integrar los conocimientos actuales sobre los sistemas de cultivos y el estudio de la MOS y sus fracciones, junto con uso de diferentes RAB para mejorar la calidad de los suelos en ambientes frágiles del SOB.

La búsqueda de nuevas fuentes de material orgánico para reponer las pérdidas por un manejo inadecuado, constituye una prioridad a nivel mundial para recuperar la calidad del suelo y preservar este recurso natural. Por otro lado, la disponibilidad de grandes cantidades de material orgánico, que puedan ser utilizadas para generar una enmienda orgánica utilizable en suelos agrícolas no resulta una tarea sencilla. Diferentes tipos de enmiendas orgánicas pueden ser utilizadas para la recuperación de suelos y aumentar los contenidos de MOS, desde residuos del sector primario (residuos agrícolas, ganaderos y forestales), del sector secundario (residuos industriales) y terciario (residuos sólidos urbanos y lodos de depuración de aguas residuales). Estas enmiendas pueden utilizarse en su forma física original luego de un tratamiento previo de estabilización para disminuir su efecto contaminante. En el caso de los residuos de origen pecuario, la creciente intensificación y concentración de la producción en Argentina conlleva al problema de generación y acumulación de efluentes y residuos sólidos, por lo que la posibilidad de utilizarlo para recuperación de suelos resulta en una oportunidad inmejorable para minimizar esta problemática.

## Utilización de enmiendas

La aplicación de materiales orgánicos, como los RAB o enmiendas, influye directamente sobre la calidad del suelo y el desarrollo vegetal, tanto en forma directa por acción per se de los nutrientes contenidos, como en forma indirecta mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Abassi and Khizar, 2012). Además, debido a esa mayor composición orgánica, permite una mineralización más lenta hacia formas asimilables (Chiyoka et al., 2014). A diferencia de los fertilizantes sintéticos químicos, las enmiendas no incorporan algún nutriente específico solamente, sino también tienen un efecto directo sobre las condiciones físicas (porosidad, estabilidad de agregados, retención de agua, permeabilidad, etc.) mejorando la fertilidad física del suelo (Iocoli & Gomez, 2015, Iocoli et al., 2017). Desde el punto de vista químico, la aplicación de las enmiendas favorece una mayor sincronización con las necesidades de los cultivos (Myers et al., 1994), debido principalmente a su composición orgánica, pudiendo tener un efecto residual de la fertilidad edáfica (Wen et al., 2003).

Sin embargo, la eficiencia con que se aplican resulta baja debido a la alta variabilidad natural de los materiales orgánicos obtenidos. Esta depende del origen, de la época del año, del procesamiento recibido, entre otras.

La eficiencia también es afectada por la fuerte interacción con la matriz mineral del suelo, la textura modifica significativamente los equilibrios y la dinámica de los diferentes compuestos orgánicos aplicados. Es decir, la cantidad adecuada de residuo a aplicar en suelos de distinta textura será diferente. Aplicaciones por debajo del óptimo darán menores resultados, mientras que por encima del óptimo disminuye la eficiencia de uso, disminuye la rentabilidad y aumenta el riesgo de contaminación ambiental.

Adicionalmente, como consecuencia de desconocer la composición y el aporte óptimo para cada caso, la aplicación de productos de un solo origen provocan un aporte desbalanceado de nutrientes con posibles efectos adversos, en particular cuando se contempla el balance más global (N, P, K, S, Ca, Mn, Mg, Zn).

## **Línea de trabajo**

Por todo lo expuesto, surge como hipótesis general de trabajo que una aplicación eficiente desde el punto de vista productivo y ambientalmente segura, requiere conocimiento sobre las

características particulares del producto a aplicar, las características del suelo y la dinámica de los cambios posteriores a la aplicación, así como los efectos sobre el desarrollo y la nutrición de la planta.

Será necesario aplicar metodologías de análisis químico, físico, biológico y espectrométrico que permitan caracterizar los residuos agroindustriales biotransformados, para comparar la sensibilidad de cada uno y así describir el efecto sobre el suelo y sobre la dinámica luego de la aplicación.

Se pretende optimizar la relación entre la dosis, el tipo de producto y la textura del suelo en función de la dinámica de las fracciones orgánicas lábiles, la disponibilidad de nutrientes (N y P), la actividad biológica (respiración y enzimática) y productividad del cultivo (producción de biomasa y balance de nutrientes).

Posteriormente, se determinará el efecto de la dosis de residuos aplicados sobre la dinámica de las propiedades químicas, físicas y biológicas edáficas en ensayos a campo, a fin de seleccionar los indicadores e índices más sensibles a las aplicaciones y cuantificar el balance de nutrientes, tanto de Carbono como otros macronutrientes.

A su vez, se estudiarán las sustancias húmicas extraídas mediante diferentes técnicas, de diversos residuos, puros o en mezclas, en diferentes etapas de la biotransformación; y se evaluará el efecto de realizar aplicaciones foliares de estas sustancias sobre el desarrollo y balance nutricional del cultivo.

### **Consideraciones preliminares y resultados esperados**

Disponer de herramientas para conocer las características propias de cada residuo y su comportamiento al aplicarlo, permitirá predecir mejor su efecto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, como también su efecto bioestimulante, sea sobre la productividad como sobre el aumento de su resistencia a estreses bióticos y abióticos.

Generar alternativas de uso y valorización de los residuos agroindustriales permitirá continuar con el desarrollo de la industrialización sin que se produzcan problemas ambientales con consecuencias sociales.

## Bibliografía consultada

- Abbasi MK; A Khizar. 2012. Microbial biomass carbon and nitrogen transformations in a loam soil amended with organic-inorganic N sources and their effect on growth and N-uptake in maize. *Ecol. Eng.* 39: 123-132.
- Brown, S., P. Leonard. 2004. Building carbon credits with biosolids recycling: Part II. *Biocycle*, September: 25-29.
- Carter, JE; WE Jokela; SC Bosworth. 2010. Grass forage response to broadcast or surface-banded liquid dairy manure and nitrogen fertilizer. *Agron. J.* 102:1123-1131.
- Chiyoka, WL; F Zvomuya; X Hao. 2014. A bioassay of nitrogen availability in soils amended with solid digestate from anaerobically digested beef cattle feedlot manure. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 78: 1291-1300.
- Duval, M; E de Sa Pereira; JO Iglesias & JA Galantini. 2014. Efecto de uso y manejo del suelo sobre las fracciones de carbono orgánico en un Argiudol. [Ciencia del Suelo 32\(1\) 105-115](#).
- Duval, ME; JA Galantini; JO Iglesias; S Canelo; JM Martínez & L Wall. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil Till. Res.* 131: 11-19.
- Galantini J.A., J.O. Iglesias, C. Maneiro, L. Santiago, C. Kleine. 2006. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense. Efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo. [Revista de Investigaciones Agropecuarias \(RIA-INTA\) 35: 15-30](#).
- Galantini J.A., M.R. Landriscini, R.A. Rosell. 2000. Patrones de acumulación, balance y partición de nutrientes en diferentes sistemas de producción de trigo. [Revista de Investigaciones Agropecuarias \(RIA-INTA\) 29 \(2\) 99-110](#).
- Galantini, JA; L Suñer. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: Análisis en los suelos de la Argentina. Revisión. [AgriScientia XXV\(1\): 41-55](#).
- Gasparoni, JC .2008. Determinación de la material orgánica del suelo. En: Galantini JA Ed. Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina. [Editorial EdiUNS](#).
- Iocoli G.A., O.I. Pieroni, M.A. Gómez, M.B. Alvarez & J.A. Galantini. 2017. Rapid characterisation of agro-industrial effluents for environmental fate by UV-visible and infrared spectroscopy from fractions obtained by centrifugation, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-12 pags. DOI: [10.1080/03067319.2017.1354993](#)
- MacCarthy P, Clapp CE, Malcolm RL, Bloom PR. 1990. An introduction to soil humic substances. In: MacCarthy et al. Eds.. *Humic substances in soil and crop sciences*. Chicago: Proceedings of a symposium by the IHSS. pp 161-86
- Martínez J.M., Galantini J.A., Duval, M.E., López F.M. 2016. Indicadores edáficos de la fertilidad asociados a la calidad de suelos con trigo bajo siembra directa en el sudoeste bonaerense. [Revista Ciencias Agronómicas XXVI: 23-31](#).
- Martínez, JM; JA Galantini; ME Duval; FM López. 2017. Tillage effects on labile pools of soil organic nitrogen in a semi-humid climate of Argentina: A long-term field study. [Soil & Till. Res. 169, 71-80](#).
- Sainz Rozas, H; H Echeverría; H Angelini. 2011. Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. *Ciencia del Suelo* 29: 29-37.
- Spaccini, R; A Piccolo; G Haberhauer & MH Gerzabek. 2000. Transformation of organic matter from maize residues into labile and humic fractions of three European soils as revealed by <sup>13</sup>C distribution and CPMAS-NMR spectra. *Eur. J. Soil Sci.* 51, 583-594.
- Swift, RS. 1996. Organic matter characterization. In: Sparks DL; AL Page; PA Helmke; RH Loeppert; PN Soltanpour; MA Tabatabai; CT Johnston & ME Sumner (eds). *Methods of soil analysis*. Part 3. Chemical methods. *Soil Sci. Soc. Am. Book Series: 5*. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. pp. 1018-1020.
- Tian, G., T.C. Granato, A.E. Cox., R.I. Pietz, C.R. Carlson, Jr., Z. Abedin. 2009. Soil carbon sequestration resulting from long-term application of biosolids for land reclamation. *J. Environ. Qual.* 38:61-74.
- Viglizzo, EF; FC Frank; LV Carreño; EC Jobaggy; H Pereyra; J Clatt, D Pincen; MF Ricard. 2011. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Glob. Chang. Biol.* 17(2): 959-973
- Wen, G; S Inanaga; JJ Schoenau; JL Charles. 2003. Efficiency parameters of nitrogen in hog and cattle manure in the second year following application. *J. Plant Nut. Soil Sci.* 166: 490-498.