

Obtención de lixiviados de raquis de plátano: uso potencial en cultivos

J.C. Noa-Carrazana*, A. Valencia-Ordoñez**, V. Chávez-Estudillo*, J. Jarillo-Rodríguez***, N. Flores-Estevez*, C. Córdova-Nieto*, S. Jarillo-Galindo*, R. Montero-Casas*, R. Escobar-Hernández****

El plátano o banano (*Musa* spp.) es una planta perteneciente a las monocotiledóneas de gran dispersión por la franja tropical del mundo, su consumo es mundial debido a su disponibilidad, valor nutritivo y bajo costo. Es rico en vitaminas B6, C y A, tiene alto contenido de potasio, magnesio, calcio y fibra dietética; es bajo en sodio, no contiene grasas ni colesterol (FAO, 2012). En México, los plátanos se cultivan de manera regular en 17 estados, siendo los más destacados Chiapas, Tabasco, Veracruz y Colima, que de manera global representan 75% de la producción. Veracruz es uno de los estados más productivos con un volumen anual aproximado de 2 millones 208 mil toneladas (Sagarpa, 2017). En Veracruz se reconocen dos principales zonas productoras de plátano: la Cuenca del Papaloapan y la región Nautla. En esta región se localiza el municipio de Tlapacoyan, con una economía local que depende en alto grado de la actividad platanera (Susan-Tepetlan *et al.*, 2017).

La producción del cultivo del plátano se ve limitada por diversos factores, entre los que se cuentan la falta de agua, las enfermedades y la fertilización. Para atender las problemáticas de plagas y enfermedades, las estrategias más socorridas incluyen el uso de plaguicidas sintéticos, la utilización de fertilizantes minerales y la obtención de genotipos con resistencia (Hernández *et al.*, 2007). Aunque el uso de agroquímicos sintéticos que se manejan de manera inadecuada puede ocasionar daños a la salud y al ambiente (Guzmán-Cabrera *et al.*, 2017). Lamentablemente, el aumento de la demanda de productos agrícolas y la resistencia de las plagas han orillado a los productores a incrementar los insumos de agroquímicos para sus parcelas, esto ha incidido en la disminución de sus ganancias e inclusive, en algunos casos, el abandono de las parcelas.

Durante el proceso productivo del plátano se generan grandes cantidades de desechos orgánicos, como la fruta de rechazo, los tallos, la hojarasca y principal-

mente los raquis. Entre los desechos del plátano con alto valor nutricional se encuentra el raquis, también llamado pinzote o vástago, tiene una forma helicoidal y es el responsable del sostén de los racimos. Cuando los plátanos son empaquetados, el raquis termina siendo un remanente.

La lixiviación de estos desechos constituye una oportunidad de reutilización de nutrientes a un bajo costo y con la oportunidad de realizar este proceso asociado a las fincas o las empacadoras; venciendo la resistencia a utilizar fertilizantes orgánicos que, aunque ya se encuentran en el mercado, no son totalmente aceptados por los productores (Salazar-Sosa *et al.*, 2010). Los lixiviados, además del aporte nutricional, se han estudiado por su potencial para controlar plagas, lo que se atribuye principalmente a la composición de la comunidad de microorganismos presentes en ellos (Staley *et al.*, 2012).

Los lixiviados de raquis se han evaluado en el cultivo de tomate, encontrándose una mayor actividad microbiana en la etapa de floración y cosecha (Muños y Madriñan, 2005). También han sido efectivamente probados en el control del mildius polvoso y en la producción de rosas (Alvarez *et al.*, 2010). En otro estudio se observó un efecto bioestimulante sobre el crecimiento de plántulas de plátano en viveros, aumentando la producción de biomasa foliar y el crecimiento radical cuando se adicionó ácido húmico extraído del raquis (Russo, 1995). Además, el raquis ha sido empleado como ingrediente para la fabricación de harinas, papel,

Universidad Veracruzana:

* Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada;

** Facultad de Ingeniería y Ciencias Químicas.

*** Universidad Nacional Autónoma de México.

**** Benemerita Universidad Autónoma de Puebla.

Contacto: jnoa@uv.mx

tros resultados en condiciones piloto de campo obtuvieron en promedio 300 litros de lixiviado por tonelada de raquis apilados, con una eficiencia de alrededor de 30%. En condiciones de invernadero también se comprobó la viabilidad de obtención de lixiviados usando charolas, pero la eficiencia del proceso fue ligeramente menor (25%). Los lixiviados presentaron un pH básico (10.2) y los nutrientes presentes variaron en un rango similar según la escala de elaboración, campo o invernadero, obteniéndose así: nitrógeno (N 45500.0-3640.0 ppm), fósforo (P 15901.0-12720.8 ppm), potasio (K 66327.0-42208.0 ppm), calcio (Ca 14910.0-14910.0 ppm) y magnesio (Mg 15338.0-1415.4 ppm), hierro (Fe 14720.0-16822.8 ppm), cobre (Cu 14701.0-7350.5 ppm) y sodio (Na 14818.0-10584.2 ppm). Las cantidades más significativas en la obtención de lixiviados de raquis de plátano cultivar dominico se obtuvieron a partir de 20 días, mientras que la colección en la variedad morado fue mayor a partir los 25 días. De manera significativa, el potasio (K) es el nutriente que se recupera en mayor cantidad, con una eficiencia de 6% y una concentración de alrededor de 13 g/kg de raquis en condiciones de ensayo piloto en campo, dependiendo del cultivar utilizado. En condiciones de pequeña escala experimental la productividad fue menor (12 g/kg) con eficiencia de 4%.

Resultados preliminares de nuestro grupo de investigación, en términos de la evaluación de diferentes niveles de aplicación de lixiviado, en comparación con fertilización tradicional (N, P y K) sobre la producción de materia seca y los componentes morfológicos de tres monocotiledóneas de los géneros *Brachiaria* y *Paspalum* y *Musa*, indican que el aporte de los lixiviados es significativo (pruebas Tukey $p < 0.005$) cuando se com-

paran las medias con un testigo no tratado y la fertilización comercial (NPK) en épocas de lluvias (figura 3). Estos resultados sugieren que la utilización de estos lixiviados puede ser de gran valor al reincorporar al suelo una fracción considerable (20%) de los requerimientos de pastizales, plantaciones de fomento de plátanos y en viveros de plántulas. Así, los lixiviados de raquis pueden contribuir a la nutrición de las propias parcelas de plátano, esencialmente en el gran aporte de potasio, el nutriente más importante e indispensable para el desarrollo de frutos. Complementariamente, pequeñas cantidades de estos lixiviados podrán aportar una mayor diversidad de nutrientes (N, Fe, Mn, Na y Cu) al suelo, con el fin de obtener un buen desarrollo del cultivo. El uso de éstos, además de ayudar a la nutrición, también podrán mitigar la incidencia de algunas enfermedades; sin embargo, esta parte de la investigación aún falta por concluirse. En este sentido se ha comenzado a estudiar el efecto de algunos elementos como el silicio, cobre, calcio, boro y zinc sobre la severidad del ataque de la sigatoka negra (Azofeifa *et al.*, 2010).

El lixiviado de raquis de plátano puede ser un excelente complemento en la fertilización de los cultivos, debido a la diversidad de nutrientes que presenta. A pesar de que sólo recuperan una fracción de nutrientes considerados como bajos respecto a las cantidades que se señalan como necesarios en los manuales técnicos de los cultivos, es posible utilizarlos en determinadas etapas del desarrollo de los cultivos. El uso de estos lixiviados podría contribuir a mitigar la incorporación de altas concentraciones de fertilizantes y permitir recuperación ecológica de los nutrientes al suelo y las comunidades de organismos que en él habitan. Entre las perspectivas potenciales de este trabajo estamos in-



Figura 2. Raquis de plátano y lixiviados obtenidos en Tlapacoyan, Veracruz (imagen: Valencia-Ordoñez, 2015).



Figura 1. Diversidad de plátanos cultivados en la región centro del estado Veracruz (imagen: Noa-Carrazana, 2014).

violes, fermentos, forraje para ganado (FAO, 2012) y como un mecanismo de germinación de algunas semillas agrícolas (Oracz, 2012).

Investigaciones sobre el potencial para el control de hongos fitopatógenos a través de las aplicaciones de lixiviados han sugerido la viabilidad de estos productos (Xu *et al.*, 2012). En Costa Rica se han realizado investigaciones con lixiviados, principalmente para controlar la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) (Escobar y Castaño, 2005). A pesar de que existen trabajos sobre la caracterización de los lixiviados de diferentes orígenes, son escasos los estudios integrales que aborden todos los aspectos de obtención y usos de éstos. Actualmente se conoce que poseen alto contenido de sodio, potasio, nitrógeno (Popa y Green, 2012), fósforo (Yang *et al.*, 2012), materia orgánica (Cheyns, 2009) y actinomicetos (Cuesta *et al.* 2012).

En Veracruz, estas técnicas de control están comenzando a tomar auge. Es por ello que la Universidad Veracruzana, a través de su programa del Posgrado en el Instituto de Ecología y Biotecnología (Inbioteca), se encuentra estudiando este proceso de producción de lixiviados de raquis, sus componentes y su efecto nutricional en diferentes especies de monocotiledóneas, entre ellas cultivos de plátanos y control de enfermedades.

LA OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS

El proceso de obtención del lixiviado de los raquis de plátano comienza con la descomposición de los vástagos

aún verdes que pasan por la sucesión de varias etapas. En ellas se clasifica la especie o cultivar de procedencia del raquis, la empacadora o finca de procedencia y finalmente la caracterización de las propiedades presentes, siguiendo la metodología de Alvares *et al.* (2013). Nuestro grupo ha realizado trabajos en campo y en invernadero en el Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (Inbioteca). Los raquis previamente seleccionados se apilan para formar las unidades de lixiviados, en nuestro caso se utilizaron las variedades dominico y morado. Para el piloto de campo se utilizaron contenedores de malla electrosoldada con cobertura de plástico y capacidad para media tonelada. Para el estudio a escala de investigación en invernadero, cada pila de 10 kg se colocó en una charola individual con orificios, apilándolas sobre otra para la colecta. Las pilas comenzaron a lixiviar a partir del día 15 y su agotamiento ocurrió hasta los 45 días. Estos primeros lixiviados obtenidos fueron depositados nuevamente en la pila con la finalidad de acelerar la descomposición. Los lixiviados fueron colectados periódicamente en botellas color ámbar y se almacenaron a 4°C (figura 2). Todas las muestras fueron analizadas en el laboratorio del Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados (Colpos), Campus Montecillo, Estado de México.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nuestros registros sugieren que algunas variables externas, como el origen o tipo de vástago, los niveles de turgencia de los mismos, así como la época del año, pueden influir sobre la obtención de lixiviados. Nues-



Figura 3. Usos y aplicaciones potenciales del lixiviado de raquis de plátanos en biofertilización de pastos (*Brachiaria*, *Paspalum*) plátanos (imagen: Noa-Carrazana, 2015).

teresados en la caracterización microbiológica de los lixiviados de raquis con la finalidad de comprender con mayor profundidad las posibles aplicaciones como un controlador biológico. A la fecha nuestro grupo se encuentra realizando otras evaluaciones de los lixiviados obtenidos con miras a comprender mejor su uso y su potencial y la interacción con la microbiota del suelo y el biocontrol.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo expresan agradecimientos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), proyecto CB179879. Al “Proyecto de creación y consolidación de una planta piloto para la evaluación y producción de lixiviado de raquis de plátano dominico” (Conacyt-Secretaría de Economía 2013). A la Universidad Veracruzana a través del Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (Inbioteca), quien nos ha brindado las facilidades de formación académica y de recursos materiales para el desarrollo del trabajo. Al cuerpo académico CA-UVER-234 “Biotecnología aplicada a la ecología y la sanidad vegetal”. Al Biol. Rogelio Lara González, por su apoyo en el trabajo de campo. A la Asociación de Productores de Plátano de Tlapacoyan, Veracruz, por las facilidades y el apoyo al acceso de parcelas.

REFERENCIAS

- Álvarez E., Pantoja, A., Ceballos, G. *et al.* (2013). *Producción de lixiviado de raquis de plátano en el Eje Cafetero de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Álvarez, E., Grajales, C., Villegas, J. *et al.* (2010). *Control of powdery in Roses by Applying Lixiviated Plantain Rachis Compost*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Azofeifa, D., Martínez, I., Furcal, P., *et al.* (2010). Fertilización foliar con Ca, Mg, Zn y B en banano (*Musa* AAA, cv. grande naine): efecto sobre la severidad de la sigatoka negra, el crecimiento y la producción. *Corbana*. 35-36(62): 49-65.
- Cheyns, K. (2009). Effects of dissolved organic matter (DOM) at environmentally relevant carbon concentrations on atrazine degradation by *Chelatobacter heintzii* SalB. *Applied microbiology and biotechnology*. 95(5): 1333-41.
- Cuesta, G., García-de-la-Fuente, R., Abad, M. *et al.* (2010). Isolation and identification of actinomycetes from a compost-amended soil with potential as biocontrol agents. *Journal of Environmental Management*. 95, S280-S284.
- Escobar-Velez, J.H. y Castaño-Zapata, J. (2005). Fulvic acid applications for the management of diseases caused by *Mycosphaerella* spp. *Infomusa*. 14(2): 15-17.

- FAO. (2012). *Panorama general de la producción y el comercio mundial de banano*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.
- Guzmán C., A., Noa C., J.C., Escalante R., M.A. *et al.* (2017). Residualidad de plaguicidas en suelos dedicados al cultivo de banano dominico (*Musa spp.*) en Tlapacoyan Veracruz y sus posibles efectos a la salud. *UVserva*. 4: 58-66.
- Hernández, R., Ramírez, T., Noa-Carrazana, J.C., *et al.* (2007). Generation of five new *Musa* hybrids with resistance to black sigatoka and high yield. *Amer. J. Agric. & Biol. Sci.* 2(2): 43-48.
- Muñoz, R.E., y Madriñán M., R. (2005). Efecto de lixiviados del raquis de plátano sobre la actividad y biomasa microbiana en floración y cosecha del tomate. *Acta Agronómica*. 54(1).
- Oracz, K. (2012). Myriganone A inhibits *Lepidium sativum* seed germination by interference with gibberellin metabolism and apoplastic superoxide production required for embryo extension growth and endosperm rupture. *Plant & cell Physiology*. 53: 81-95.
- Popa, R., y Green, T. (2012). Using black soldier fly larvae for processing organic leachates. *Journal of economic entomology*. 105(2): 374-8.
- Russo, R. (1995). Efecto de un bioestimulante húmico extraído del raquis de banano (pinzote) sobre el crecimiento de plántulas de banano (*Musa* AAA subgrupo "Cavendish" clon Gran Enano). *Agronomía Mesoamericana*. 6: 130-133.
- Sagarpa. (2017). *Producción de plátano "hecho en México" aumenta siete por ciento*. Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa/prensa/produccion-de-platano-hecho-en-mexico-aumenta-siete-por-ciento>
- Salazar-Sosa, E., Trejo-Escareño, H.I., López-Martínez, J.D. *et al.* (2010). Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*. 28(4): 381-390.
- Staley, B.F., De los Reyes, F.L., y Barlaz, M.A. (2012). Comparison of Bacteria and Archaea communities in municipal solid waste, individual refuse components, and leachate. *FEMS Microbiol. Ecol.* 79(2): 465-473.
- Susan-Tepetlan P.V., Noa-Carrazana J.C., y Flores-Estevez N. (2017). Estado del cultivo de plátano (*Musa sp.*) en el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *UVserva*. 4: 81-83.
- Xu, D., Raza, W., Yu, G. *et al.* (2011). Phytotoxicity analysis of extracts from compost and their ability to inhibit soil-borne pathogenic fungi and reduce root-knot nematodes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 28(3): 1193-1201.
- Yang, S.H., Hong, S.H., Cho, S.B. *et al.* (2012). Characterization of microbial community in the leachate associated with the decomposition of entombed pigs. *J Microbiol. Biotechnol.* 22: 1330-5.