

Guía de buenas prácticas de reciclaje de excretas:

Uso de lixiviados de humus de lombriz para la producción de forraje verde

Sergio Gómez Rosales, María de Lourdes Angeles, José Juan Antonio Méndez Romero, María Guadalupe Reséndiz Castillo, Rosario Sánchez Barragán



**DIRECTORIO INSTITUCIONAL
SECRETARÍA DE AGRICULTURA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

Lic. Enrique Martínez y Martínez
Secretario

Lic. Jesús Aguilar Padilla
Subsecretario de Agricultura

Prof. Arturo Osornio Sánchez
Subsecretario de Desarrollo Rural

Lic. Ricardo Aguilar Castillo
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

Dr. Francisco José Gurría Treviño
Coordinador General de Ganadería

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y
PECUARIAS**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos
Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

MSc. Arturo Cruz Vázquez
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Lic. Luis Carlos Gutiérrez Jaime
Coordinador de Administración y Sistemas

**CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA EN FISIOLOGÍA Y
MEJORAMIENTO ANIMAL**

Dr. César Augusto Mejía Guadarrama
Director

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Progreso No. 5 Barrio de Santa Catarina

Delegación Coyoacán

CP 04010 México, D.F.

Tel: (55) 38718700

ISBN: 978-607-37-0217-1

Primera edición 2013

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución

Prólogo

En el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIDFyMA) además de llevar a cabo proyectos de investigación básica y aplicada en diferentes áreas de la producción animal se generan tecnologías dirigidas a incrementar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles. Una tecnología que se ha popularizado recientemente entre pequeños productores es el uso de excretas animales en la preparación de lombricompostas de donde se obtienen varios beneficios, además de reducir la contaminación ambiental, principalmente por la generación de fertilizantes orgánicos sólidos y líquidos. Los fertilizantes líquidos conocidos como lixiviados contienen diferentes nutrimentos y sustancias húmicas que estimulan el crecimiento de las plantas, por lo que son usados comúnmente como fertilizantes foliares o en el riego de cultivos. En este documento se presenta un uso adicional de los lixiviados como solución nutritiva para producción de forraje de maíz en condiciones tipo hidroponía. Hasta el momento los resultados son alentadores y constituyen una alternativa nueva que demuestra un beneficio poco explorado de los lixiviados. La presente Publicación Especial se generó como parte de los productos del proyecto: “Establecimiento de módulos de validación y transferencia de tecnología pecuaria para impulsar acciones de mitigación del cambio climático y cuidado del ambiente”, que fue financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y el Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT), proyecto No. 143064.

Contenido	Pág.
Las lombricompostas como fuente de ácidos húmicos	1
Beneficios y mecanismos de acción de los ácidos húmicos	2
Efecto de los ácidos húmicos extraídos de lombricompostas	2
Uso de lixiviados de lombriz como fuentes de ácidos húmicos	4
Estudios de germinación y crecimiento de plantas de maíz regadas con lixiviado	6
Uso de lixiviado de lombriz para producción de forraje en hidroponia.	12
Consideraciones finales	18

Las lombricompostas como fuente de ácidos húmicos

La producción de abonos orgánicos a través del tratamiento de diferentes residuos como aguas negras, excretas animales, esquilmos de cosecha y desechos industriales por medio del lombricompostaje cada vez es más popular alrededor del mundo. Las lombrices, al alimentarse de los residuos orgánicos ejercen diferentes efectos, ya que además de fragmentarlos, estimulan la actividad microbiana e incrementan la tasa de mineralización, transformándolos en sustancias húmicas con una estructura más fina que las compostas, que contienen una mayor y más diversa actividad microbiana. Los residuos no digeridos por la lombriz son eliminados en las heces y se le conoce comúnmente como humus de lombriz. Diversos estudios han demostrado los efectos positivos del humus de lombriz sobre el crecimiento de una gran variedad de cultivos, incluyendo cereales y leguminosas, verduras y, plantas ornamentales y de flor, en condiciones de invernadero y en pruebas de campo.^{1,2,3}

Se ha demostrado que las mejoras en el crecimiento vegetal observadas con el humus de lombriz pueden ser debidas a diferentes mecanismos. Por ejemplo, se ha reportado que puede reducir la incidencia de enfermedades, suprimir la población de nemátodos parásitos e incrementar la actividad de cierto tipo de micorrizas con el uso de humus de lombriz. En otros estudios se ha visto que los microorganismos que se encuentran en el humus producen reguladores del crecimiento de las plantas como los derivados del ácido indol acético (auxinas), gibberelinas y citocinas. También, durante la humificación de la materia orgánica por medio de las bacterias, se producen diferente tipo de sustancias húmicas como el ácido húmico, ácido fúlvico y ulminas. A través de análisis químicos se ha demostrado que las lombricompostas preparadas con excretas animales, contienen grandes cantidades de ácidos húmicos (AH). En esta publicación se describirán los beneficios de los (AH) y algunas de sus aplicaciones en la producción de forraje, por medio del uso de Lixs obtenidos de lombricompostas de excretas animales.^{1,2,3}

¹ Atiyeh RM, Lee S, Edwards CA, Arancon NQ, Metzger JD. The influence of humic acids derived from

² Arancon NQ, Edwards CA, Lee S, Byrne R. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *Eur J Soil Biol* 2006;42:S65-S69.

³ Arancon NQ, Lee S, Edwards CA, Atiyeh RM. Effects of humic acids and aqueous extracts derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. *Pedobiologia (Jena)* 2003;47:744-781.

Beneficios y mecanismos de acción de los ácidos húmicos

En algunos estudios controlados se han demostrado beneficios consistentes de los AH sobre el crecimiento de las plantas, en condiciones de suplementación del requerimiento total de minerales, lo que sugiere que los efectos sobre el crecimiento son independientes de la nutrición. Algunos ejemplos son: incremento del rendimiento de materia seca en germinados de maíz y cebada; aumento del número y longitud de las raíces de tabaco; incremento en el peso seco de los brotes, raíces y nódulos de soya, cacahuete y plantas de trébol; crecimiento vegetativo de plantas de achicoria; y la inducción de la formación de brotes y raíces en cultivos tropicales en condiciones de laboratorio. Los efectos positivos de los AH sobre las diferentes variables que se han registrado en las plantas se incrementan conforme aumenta la concentración de los AH en el medio de cultivo, pero hay normalmente un efecto detrimental sobre el crecimiento a mayores concentraciones de AH en el agua de riego.⁴

Existen varias hipótesis sobre el efecto estimulante de los AH, pero la más convincente sugiere una acción directa sobre las plantas, que se basa en efectos hormonales, junto con una acción indirecta sobre el metabolismo de los microorganismos del suelo, la dinámica de captación de nutrientes del suelo y las condiciones físicas del suelo.⁵ Otros mecanismos incluyen: aumento de la absorción de iones metálicos e incremento de la permeabilidad celular. En estudios realizados con fracciones de AH obtenidos de las heces de lombrices fue observado un efecto tipo hormonal o regulador del crecimiento en plantas, se detectó actividad *in vitro* del tipo auxinas, gibberelinas y citocinas e inducción del crecimiento en zanahorias y cambios morfológicos como los producidos por las auxinas.

Efecto de los ácidos húmicos extraídos de lombricompostas

Existen algunos reportes sobre el uso de AH extraídos de mezclas de lombricompostas de excretas animales y otros residuos orgánicos. En un estudio fueron extraídos los AH de un

⁴ Chen Y, Aviad T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. In: MacCarthy P, Clapp CE, Malcolm RL, Bloom PR. (Eds.). Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 161–186.

⁵ Muscolo A, Bovalo F, Gionfriddo F, Nardi S. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 1303–1311.

producto comercial de humus de cerdo usando un procedimiento clásico álcali:ácido y se mezclaron con un medio comercial sin suelo, que contenía cantidades recomendadas de nutrimentos para asegurar el adecuado crecimiento de las plantas. Los niveles de AH empleados fueron de 0 hasta 4000 mg de AH/kg de peso seco del medio comercial para germinar semillas de tomate. Los resultados mostraron que el rendimiento fue mayor con concentraciones de AH entre 200-500 mg/kg de medio en el peso seco de los brotes y raíz. Es importante aclarar que el efecto promotor sobre el crecimiento fue independiente de los nutrimentos aportados por el medio ya que las semillas se regaron diariamente con una solución nutritiva comercial para prevenir una deficiencia de nutrimentos.¹

En un estudio posterior, los AH fueron extraídos de dos lombricompostas diferentes por el tipo de sustrato de origen (excretas de cerdo y restos de comida), las cuales se mezclaron con vermiculita para suministrar un rango de AH desde 0 hasta 4000 mg/kg de peso seco del medio. Los medios se sembraron con semillas de pepino y se regaron diariamente con una solución nutritiva que contenía todos los nutrientes requeridos por las plantas. Los resultados mostraron que los AH extraídos de ambas lombricompostas incrementaron el crecimiento de las plantas de pepino, incluyendo mejoras en la altura, área de las hojas, y el peso de los brotes y raíces. En resumen, en ambos experimentos se encontró que el crecimiento de las plantas fue mayor a concentraciones de AH entre 50-500 mg/kg de peso seco del medio; pero se redujo significativamente cuando la concentración de AH excedió de 500-1000 mg/kg de medio.¹

En otro reporte del mismo grupo de trabajo, los AH extraídos de lombricompostas derivados de los sustratos como: excretas de ganado de leche, desperdicios de comida y papel se compararon con AH comerciales y el ácido indol acético (AIA) comercial usado como promotor del crecimiento en plantas. Las dosis administradas fueron de 0-1000 mg/kg de AH en medio comercial. Los resultados indicaron el incremento en el crecimiento de plantas de margarita y pimienta, además, aumento del crecimiento de las raíces y del número de frutos de fresa con concentraciones de 250-1000 mg/kg de AH comerciales en medio. En otros experimentos se compararon los efectos de AH extraídos de lombricompostas solos o combinados con AIA, encontrándose que ambos productos

incrementaron significativamente y en la misma magnitud, las flores y semillas de pimienta.²

Los resultados descritos se han confirmado en estudios posteriores. Se puede resumir que los AH extraídos de lombricompostas de diferente origen son efectivos para mejorar el crecimiento de diferentes plantas y que sus efectos son comparables a los AH y hormonas promotoras del crecimiento vegetal disponibles comercialmente.

Uso de lixiviados de lombriz como fuentes de ácidos húmicos

En el caso de compostas y lombricompostas preparadas con excretas de ganado bovino y cerdos se han encontrado concentraciones de entre 4-8% de AH totales. Dado que las lombricompostas se deben regar constantemente, ya que las lombrices requieren que el sustrato (excretas) mantenga una humedad del 70 al 80% para facilitar su locomoción y el consumo del sustrato, el líquido que escurre de las camas después del riego se conoce como lixiviado (Lix). Durante el proceso de percolación a través de la materia orgánica, el agua arrastra nutrientes, microorganismos benéficos y los AH, lo cual genera un producto líquido usado como abono y regenerador orgánico, por lo tanto, este producto es ideal para la aplicación en cualquier tipo de cultivos. Los Lix contienen entre 1.0-2.5% de sólidos totales de los cuales entre el 20-45% es materia orgánica y el resto son minerales (fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio) en cantidades variables. Además contienen pequeñas cantidades de nitrógeno. Los AH y ácidos fúlvicos (HF) sumados representan a los AH totales (AHT) que presentan una concentración entre 0.61-0.66 mg/L de Lix.⁶

La venta de Lixs como fertilizantes foliares y para el riego de diferente tipo de cultivos, hortalizas y árboles frutales se ha ampliado últimamente en México. Sin embargo, en la literatura existen escasos reportes sobre el efecto de los AH presentes en el Lix sobre la producción de forraje. En un estudio realizado en México se obtuvo Lix de una lombricomposta preparada con excretas de borrego, se usó en niveles de 0 al 40%, para evaluar la germinación y crecimiento de semillas de rábano. Se encontró que con el nivel

⁶ Gómez RS, Ángeles ML, Becerra J. 2011. Alternativas para el reciclaje de excretas animales. Uso de humus de lombriz y otros derivados de la lombricultura. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP-SAGARPA. Publicación Técnica No. 14, Colón, Querétaro. Pág. 1-64.

de 10% de Lix la germinación fue mayor al 50% y se mejoró el número de hojas, altura de la planta y el peso de los brotes respecto al resto de los niveles; con el nivel de 15% de Lix el peso seco de la raíz se incrementó respecto a los demás niveles.⁷

Pocos estudios han documentan el uso de Lix obtenido de lombricompostas preparadas con excretas de ganado bovino sobre el crecimiento de plantas de maíz y sorgo. En dos estudios fueron evaluadas diferentes concentraciones de Lix, para diluir los compuestos fitotóxicos, en el crecimiento de semillas de maíz. Los resultados señalaron que la concentración de 50% generó mayor efecto sobre el crecimiento de plantas de maíz, sin embargo para lograr el máximo rendimiento de maíz el Lix se debe acompañar de fertilización complementaria de N-P-K. En el siguiente estudio se encontró que la misma fuente de Lix usado en el primer estudio puede usarse sin dilución para la producción de forraje de sorgo, pero, también debe complementarse con fertilización N-P-K para un máximo beneficio.⁸

En otro estudio se observó el efecto de Lix obtenidos en lombricompostas preparadas con excretas de ganado bovino y residuos vegetales, usados como fertilizante foliar sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de fresas. Los Lix fueron aplicados en una dilución 2:1000 y se asperjaron una vez al mes durante cinco meses. Los resultados indicaron que los Lix mejoraron el área de las hojas, la materia seca de las plantas y el rendimiento de fruto comparados con un tratamiento testigo. También se redujo el albinismo, las malformaciones y la presencia de mohos, y por ende, se incrementó el rendimiento de fruto vendible.

Los resultados descritos sugieren que los Lix de lombricompostas producen beneficios consistentes cuando son usados en el agua de riego o como fertilizante foliar en diferente tipo de plantas. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los Lix se deben diluir para evitar

⁷ Gutiérrez-Miceli, F.A., M.A. Oliva-Llaven, P.M Nazar, B. Ruiz-Sesma, J.D. Alvarez-Solís, L. Dendooven. Optimization of Vermicompost and Worm-Bed Leachate for the Organic Cultivation of Radish. *Journal of Plant Nutrition*. 2011, 34:11, 1642-1653.

⁸ García-Gómez R.C., L. Dendooven, F.A. Gutiérrez-Miceli. Vermicomposting Leachate (Worm Tea) as Liquid Fertilizer for Maize (*Zea mays* L.) Forage Production. *Asian Journal of Plan Sciences* 2008, 7 (4): 360-367

posibles efectos fitotóxicos sobre los índices de germinación y los primeros estadios de desarrollo de las plantas.⁹

Debido a que la lombricultura se ha vuelto popular entre pequeños productores de ganado, es importante generar información para ofrecer las mejores recomendaciones de uso de los Lix como una alternativa para la producción de forraje dirigido a alimentación animal, especialmente, en épocas de baja disponibilidad de forraje en el campo.

Estudios de germinación y crecimiento de plantas de maíz regadas con lixiviado

El manejo de los Lix usado en los estudios que serán descritos posteriormente fue el siguiente: colección y almacén en botes de plástico de 20 L, con resguardo bajo la sombra en un lugar ventilado. Los botes fueron de diferente color pero no transparentes. La concentración (mg/L) de AH, AF, nitrógeno y fosforo fue de 0.47, 0.14, 492 y 362, respectivamente. Fue empleado siempre el mismo Lix para evitar diferencias en el aporte de AH, AF y nutrientes que pudieran confundir los resultados.

En el primer estudio se evaluó un Lix de una lombricomposta preparada con excretas de cerdo y de borrego en proporción 50:50, sobre la germinación y producción de materia seca y nitrógeno de semillas de maíz. Se usaron seis niveles crecientes de Lix: 0, 20, 40, 60, 80 y 100%, diluido con agua destilada para regar semillas de maíz colocadas en cajas de Petri (Fotografía 1). En cada caja se colocaron 15 semillas de maíz regadas con 10 ml de cada solución de Lix diariamente durante 21 días. A los tres y siete días de iniciado el riego, fue registrado el número de plantas germinadas y calculado el porcentaje de germinación dividiendo éste número entre el total de semillas colocadas al inicio. Las plantas fueron cosechadas a los 21 días para determinar el contenido de materia seca (g) y la concentración de nitrógeno (%). La producción total de nitrógeno (PTN) se estimó multiplicando la cantidad de materia seca por el contenido de nitrógeno (g).

⁹ Singh R, R.K. Gupta, R.T. Patil, R.R. Sharma, R. Asrey, A.Kumar, K.K. Jangra. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 2010. 124(1), 34-39

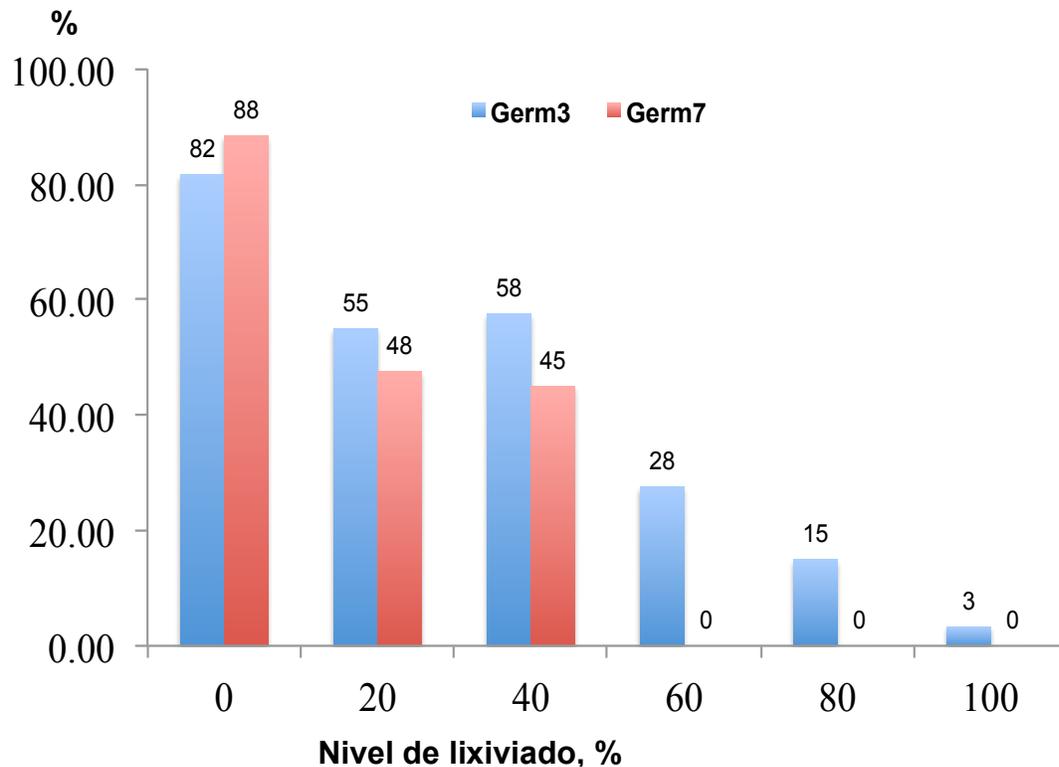
Fotografía 1. Germinación de semillas y producción de forraje de maíz en germinadores, charolas y cajas de plástico y en macetas



Los resultados se presentan en la Figura 1. Al día 3 hubo una reducción lineal de la germinación conforme se incrementó el nivel de Lix, con una germinación de 82% con el nivel de 0% hasta una germinación de 3% con el nivel de 100% de Lix. Al día 7, se observó la misma tendencia, pero con germinaciones de 0% en los niveles de 60, 80 y 100% de Lix. Estos resultados indican que el Lix usado presenta un índice moderado de fitotoxicidad ya que solamente se lograron germinaciones de alrededor de 50% con los niveles de 20 y 40%, mientras que en los niveles superiores el Lix fue totalmente perjudicial para las semillas. No obstante, ya se había reportado una germinación de 50% en semillas de rábano cuando aplicaron un nivel de 10% de Lix obtenido de una lombricomposta preparada con excretas de borrego.⁷ Por otro lado, se observó una germinación de 65% en semillas de berro cuando el Lix obtenido de una lombricomposta preparada con excretas de ganado de leche se diluyó en aproximadamente 50%.⁸ Esto sugiere que los efectos de los Lix varían en función del sustrato de origen y, probablemente, de la sensibilidad de las semillas usadas en las pruebas de fitotoxicidad. Es importante mencionar que en la evaluación de maduración de compostas se acepta que germinaciones por abajo del 80% significan que existe un grado alto de inmadurez en

la composta, mientras que las compostas se consideran maduras si la germinación es entre 80-90%.¹⁰ Como se observa en la Figura 1, con todos los Lix se obtuvieron germinaciones muy bajas, lo que sugiere que en este Lix existen compuestos fitotóxicos en niveles que pueden afectar la germinación de las semillas.

Figura 1. Porcentaje de germinación de semillas de maíz al día 3 y 7 de iniciado el riego.

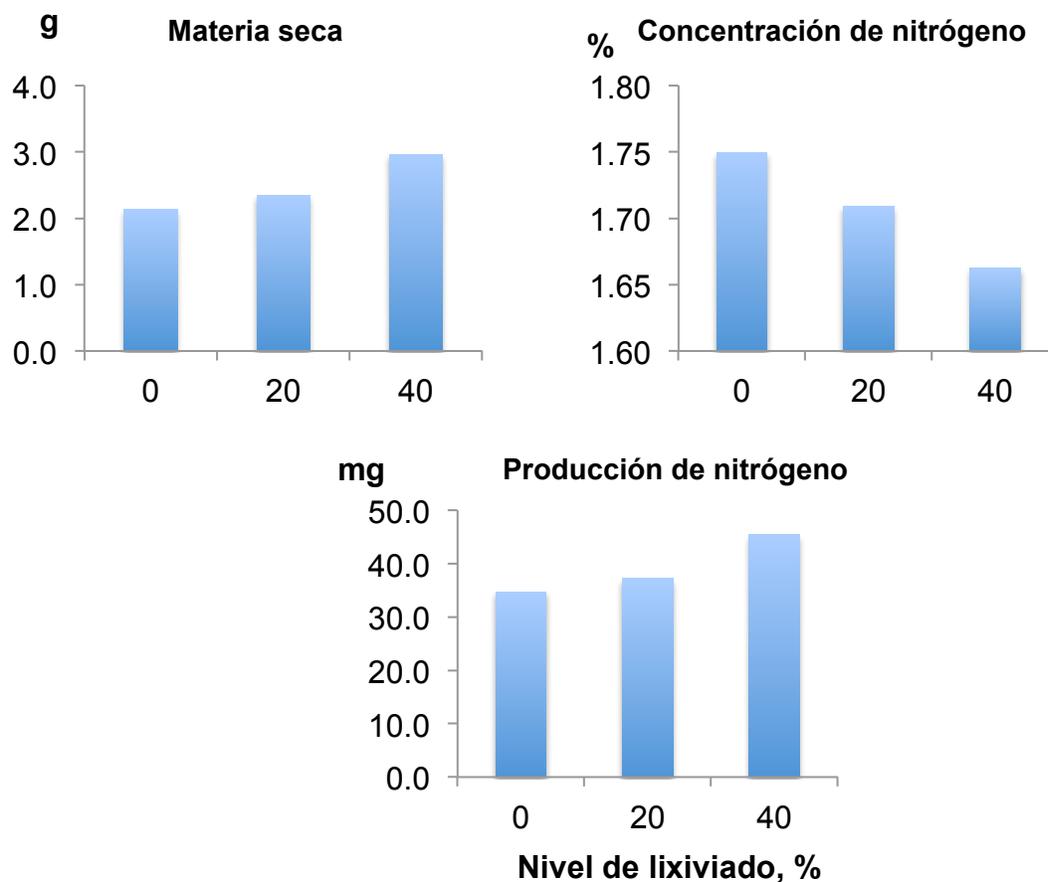


Los análisis de laboratorio solo se realizaron en los forrajes cosechados en los niveles de 0, 20 y 40% (Figura 2). La producción de materia seca se incrementó linealmente conforme se incrementó el nivel de Lix. Aunque la concentración de nitrógeno no fue diferente entre los niveles de Lix, y mostró una tendencia a disminuir, en contraste la PTN se incrementó conforme se aumentó el nivel de Lix. Las diferencias entre niveles de Lix no fueron estadísticamente diferentes ya que entre el nivel de 0 y 40% de Lix hubo una diferencia de 5% de nitrógeno. La producción de nitrógeno en cambio, mostró el mismo patrón de incremento observado para la materia seca; esto significa que la producción de

¹⁰ Bernal M.P., Albuquerque J.A., Moral R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Biores. Technol.* 100:5444–5453.

materia seca tuvo un peso específico mayor sobre el PTN absorbido por las plantas. Considerando que al principio, cada semilla contenía la misma cantidad de nitrógeno, se puede sugerir que el incremento en la PTN en el forraje se debió a la absorción del nitrógeno presente en el Lix, favorecido además por el efecto estimulante del crecimiento que se ha reportado para los AH. Estos resultados coinciden con los incrementos reportados en la producción de rábano, fresa, forraje de maíz y sorgo con el uso de diferentes concentraciones de Lixs de lombricompostas.

Figura 2. Producción de materia seca, contenido y producción de nitrógeno.

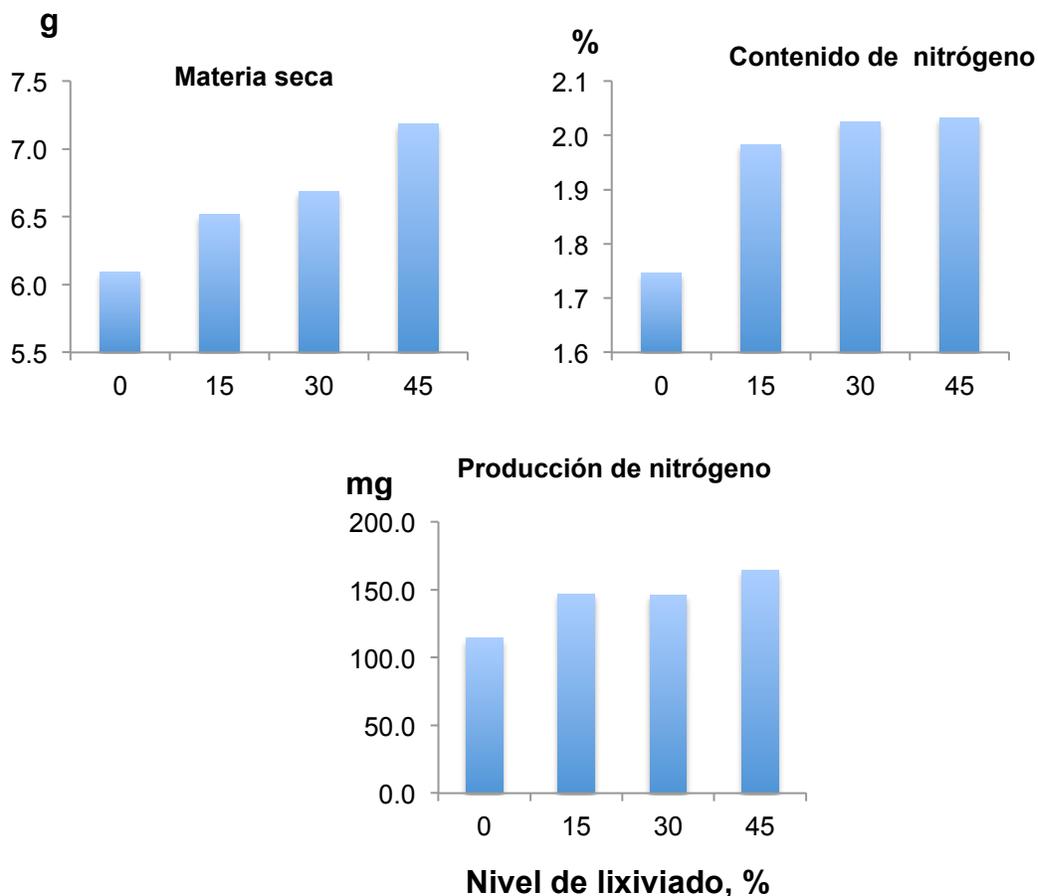


En el experimento 2 se evaluó el mismo lixiviado usado en el experimento 1 para confirmar los efectos sobre la producción de forraje y nitrógeno de semillas de maíz germinadas con agua destilada. Se usaron niveles crecientes del lixiviado: 0, 15, 30 y 45% diluido en agua destilada para regar semillas de maíz (10) colocadas en un germinador de plástico con 24 compartimentos. Como cama, se usó rastrojo de maíz (4 g/compartimento) molido con

criba de 2 mm. Las semillas de maíz se germinaron con agua destilada durante tres días y a partir del cuarto día se regaron dos veces diariamente con la solución de Lix. Las plantas se cosecharon a los 16 días a partir de la plantación y se determinó la materia seca, la concentración y la producción de nitrógeno.

La producción de materia seca se incrementó de manera consistente conforme se aumentó el nivel de Lix (Figura 3). Los incrementos fueron de 6, 9 y 15% en los niveles de 15, 30 y 45% de Lix respecto al nivel 0. En cambio, la concentración de nitrógeno se mejoró en promedio 13% en todos los niveles de Lix respecto al nivel 0. Entre los diferentes niveles de Lix no hubo diferencias en la concentración de nitrógeno.

Figura 3. Producción de materia seca, contenido y producción de nitrógeno.



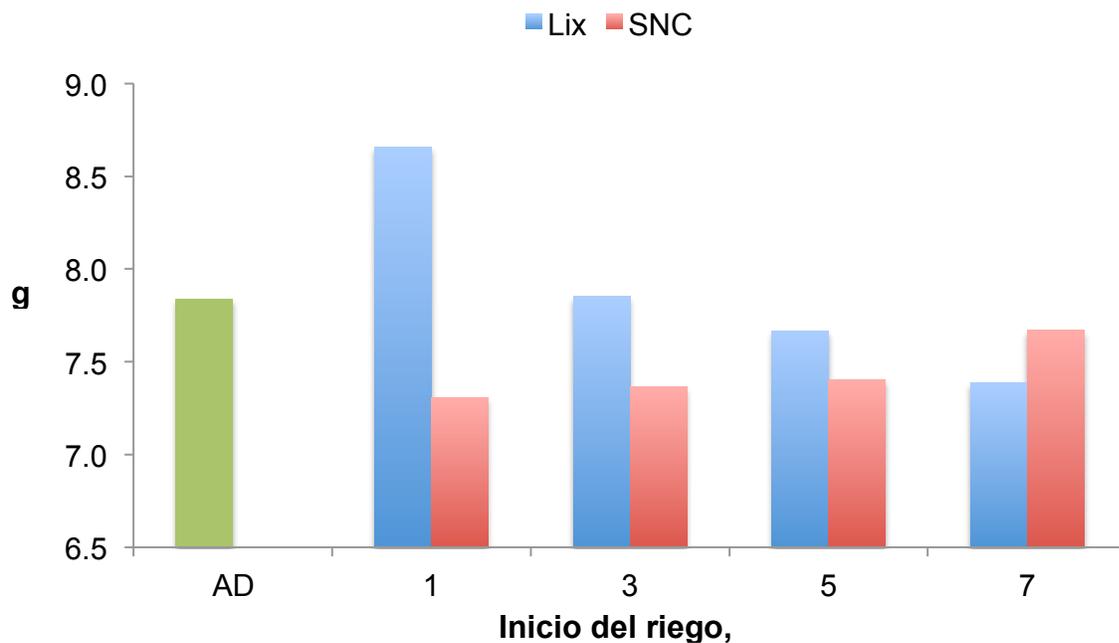
La PTN se mejoró en promedio en 25% en todos los niveles de Lix respecto al nivel 0; sin embargo, la producción de nitrógeno fue todavía mayor con el nivel de 45% de Lix respecto a los niveles de 15 y 30%, siendo este aumento en promedio de 10%. Estos resultados confirman que el Lix usado mejoró el crecimiento y la PTN en las plantas de maíz, como se observó en el primer experimento.

En el experimento 3, se comparó la efectividad del Lix usado anteriormente y una solución nutritiva comercial, usada en el riego de semillas de maíz durante diferentes días. El Lix se usó a una concentración de 25% y la solución nutritiva comercial (SNC) se preparó de acuerdo con las recomendaciones de la casa comercial. Las semillas se pregerminaron con agua destilada 24 h antes de iniciar el riego. Los días de inicio del riego fueron 1, 3, 5 y 7. Se usaron germinadores de plástico con 24 compartimentos con 10 semillas/hoyo. Se empleó rastrojo de maíz como cama y el riego fue por inmersión tres veces al día. La cosecha de las plantas se realizó a los 12 días de iniciado el riego.

La producción de materia seca fue mayor con Lix que con SNC, pero la mayor diferencia se observó el maíz regado desde el día 1 (Figura 4), mientras que en el riego a partir del día 7 las diferencias se desvanecieron. En general, la respuesta del Lix en función de los días de riego disminuyó linealmente, en contraste con SNC no hubo diferencias marcadas entre los días de riego.

Durante el experimento se tuvo un grupo control de semillas regadas solamente con agua destilada (Barra verde) mantenidas durante todo el periodo de la prueba. Es importante señalar que la producción de materia seca con el grupo control fue mayor a todos los grupos de SNC. El grupo control fue mayor a los grupos de Lix que iniciaron el riego el día 5 y 7; tuvo una respuesta similar al grupo de Lix que inició riego al día 3; y mostró una producción inferior de materia seca en comparación con el grupo de Lix que inició el riego el día 1. La producción de materia seca del grupo control fue 10% menor a la del grupo que se regó con Lix desde el día 1.

Figura 4. Producción de materia seca.



Estos resultados de nuevo confirman la efectividad del Lix diluido al 25% sobre la producción de materia seca comparado con la SNC; especialmente cuando el riego de las semillas se inicia al día 1 y 3. Al comparar los resultados del experimento 1 y 3 se puede concluir que no es recomendable usar el Lix en la pregerminación de semillas de maíz, sin embargo, se puede usar en el riego de las semillas a partir del día uno de la siembra.

Uso de lixiviado de lombriz para producción de forraje en hidroponia.

Respecto al uso de Lix en producción de plantas en hidroponia aun no se ha generado suficiente información científica al respecto.¹¹ Existe un estudio donde se usó un Lix obtenido de una lombricomposta de residuos de champiñones comparado con una solución nutritiva comercial; se encontró mayor contenido de clorofila y carotenoides en plantas de menta comparado con un tratamiento control, indicando que existe la posibilidad de usar los Lix diluidos como solución nutritiva. Por otro lado, los resultados obtenidos con plantas de tomate y flores de caléndula mostraron que es necesario

¹¹ Quaik S, Hakimi IM. 2013. A Review on Potential of Vermicomposting Derived Liquids in Agricultural Use Inter J Sci Res Pub, 3:1-6.

suplementar el Lix con nitrógeno y fósforo para evitar deficiencias.¹² Sin embargo, la suplementación de los Lix con nutrientes depende del origen, ya que se ha observado una mayor concentración de nutrientes en los Lix derivados de lombricompostas de excretas animales.¹³ Enseguida se presentan los resultados de dos pruebas realizadas para evaluar el uso del Lix diluido como solución nutritiva para producción de forraje de maíz.

En el experimento 1, se usó el Lix de lombricomposta preparada con estiércol de cerdo en niveles crecientes de 0, 25% y 50% en el agua de riego como fuente de nutrientes para la producción de maíz en charolas usadas en hidroponía. Se sembraron 800 g de maíz en cada charola de plástico de 40x60x15 cm, para cada tratamiento consto de seis charolas, el riego se realizó una vez al día. El agua residual de cada charola se colectó en una cubeta, por medio de un plástico colocado en el piso de la charola y se recicló en el riego del día siguiente. El forraje se cosechó a los 21 días de edad, se secó en estufa para estimar la materia seca, concentración de nitrógeno y PTN.

Los resultados se presentan en el Cuadro 1. En general, la producción de materia seca y PTN se incrementaron desde el nivel 0 hasta el nivel de 25%, en una proporción de 10%, y después se redujeron ligeramente al nivel de 50% (Figura 5). El peso de la materia seca y PTN en el nivel de 50% de Lix fueron similares a los valores del nivel 0.

Cuadro 1. Pesos de forraje y extracción de nitrógeno.

Variable	Concentración de lixiviado, %			EEM ^a
	0	25	50	
Peso fresco, g	1303.21	1498.64	1399.96	83.170
Peso seco, g ^b	587.51	647.22	607.08	17.867
Contenido de nitrógeno, %	1.94	1.95	1.95	0.032
Extracción de nitrógeno, g ^b	11.44	12.63	11.81	0.460

^a EEM= Error estándar de la media.

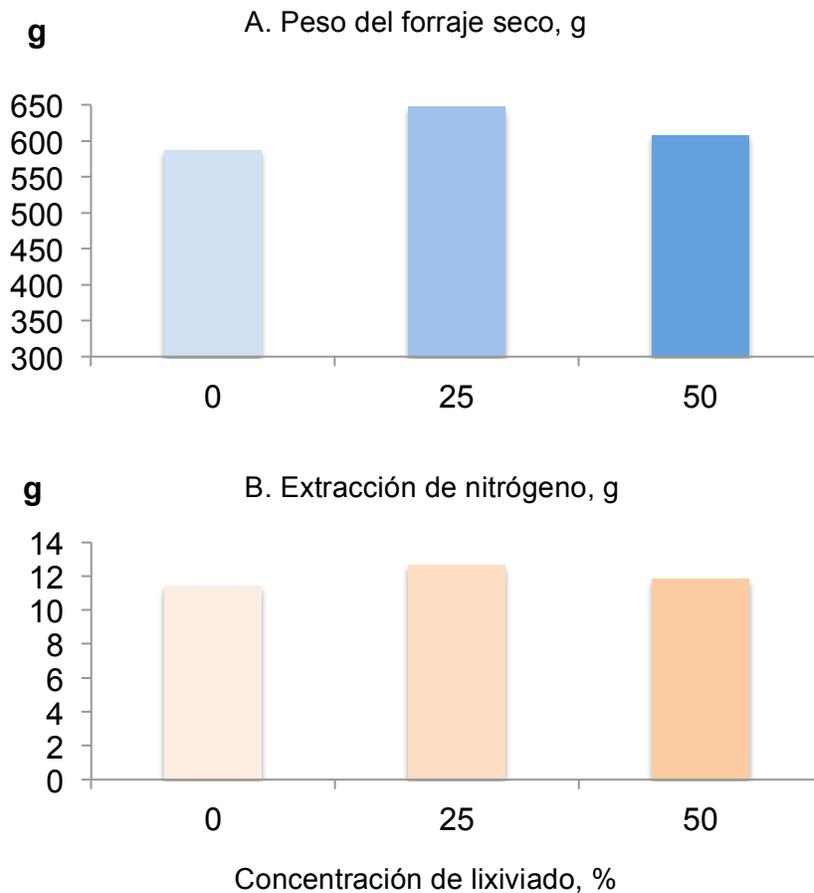
^b Efecto cuadrático del Lixiviado, $P < 0.05$.

¹² Jarecki M. K., C. Chong and R. P. Vronev. 2005 Evaluation of Compost Leachates for Plant Growth in Hydroponic Culture. *Journal of Plant Nutrition* 28: 651-667.

¹³ Quaik S, A. Embrandiri, P. F. Rupani, R. P. Singh and M. H. Ibrahim. 2012. Effect of Vermiwash and Vermicomposting Leachate in Hydroponics Culture of Indian Borage (*Plectranthus ambionicus*) Plantlets. UMT 11th International Annual Symposium on Sustainability Science and Management. e-ISBN 978-967-5366-93-2: 210-214.

Para la siguiente prueba se estimó que en promedio, con un Lix en concentración del 30% se puede obtener la mayor producción de materia seca y nitrógeno. Estos resultados son consistentes con las observaciones realizadas previamente con el uso de Lix como solución nutritiva en la producción de plantas de menta, maíz y caléndula.

Figura 5. Peso del forraje seco y extracción de nitrógeno en maíz producido en charolas.



En el experimento 2 se comparó el uso de tres soluciones (Agua corriente, Lix al 30% y una solución nutritiva comercial [SNC]) como fuente de nutrientes, para la producción de maíz en charolas usadas en hidroponía. El riego con las soluciones nutritivas inició en dos diferentes tiempos: días 1 y 5. Al término de la prueba, la cosecha del forraje fue realizada en dos diferentes tiempos: días 12 y 17 de iniciado el primer riego. Fueron sembraron 500 g de maíz en cada charola y el agua residual de riego de cada charola se recicló diariamente. Se tuvieron cinco charolas por cada tratamiento. Se presentan los resultados de forraje verde y forraje seco en el Cuadro 2 y las Figuras 6 y 7, respectivamente.

En la producción de forraje verde se observó que cuando se inició el riego en el día 1 el mejor tratamiento fue con SNC comparado con Agua y Lix (Cuadro 2). Pero cuando el riego se inició al día 5, la mayor producción de forraje fresco fue con Lix al 30% (Figura 6).

Cuadro 2. Efectos principales de la solución, tiempo de riego y tiempo de cosecha sobre el peso fresco y seco de forraje (Experimento 2).

Variable	Solución nutritiva				Inicio de riego, días			Edad de corte, días		
	Agua	Lix	SNC	EEM ^a	1	5	EEM ^a	12	17	EEM ^a
<i>Peso, g</i>										
Fresco ^{bc}	2133.8	2329.4	2331.2	69.28	2051.6	2478.0	56.58	1824.9	2704.6	56.58
Seco ^{bd}	431.92	454.77	435.98	6.690	459.71	422.06	5.625	468.62	413.16	5.545

^a EEM = Error estándar de la media.

^b Interacción Solución e Inicio de riego, $P < 0.05$.

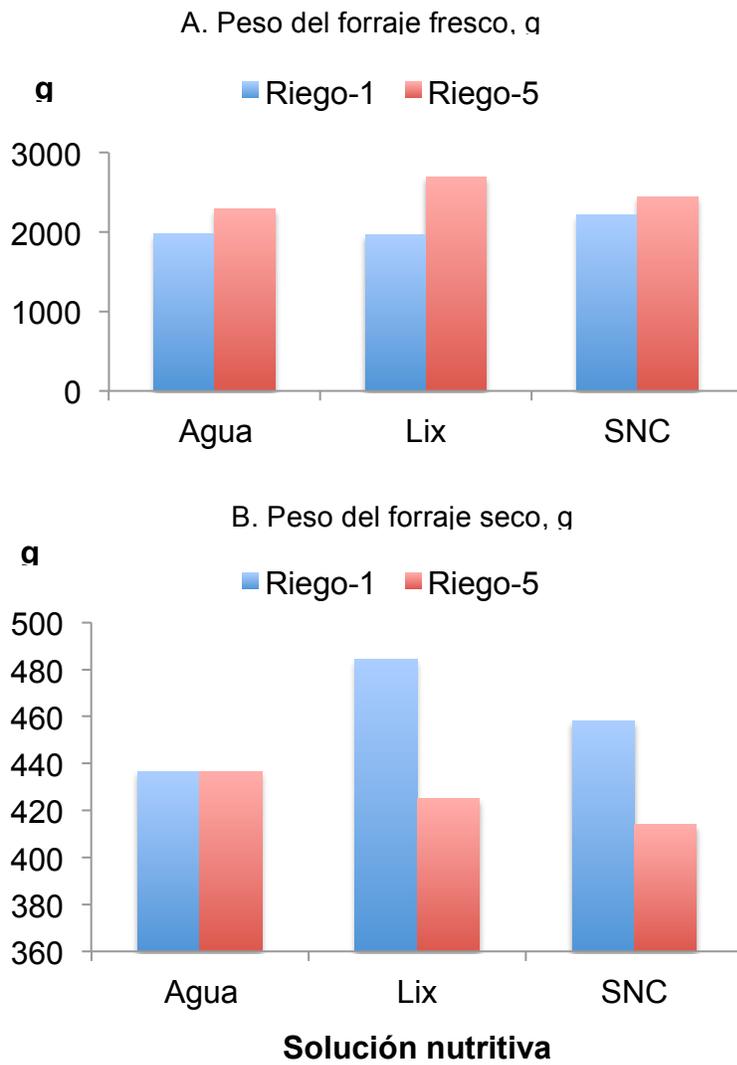
^c Interacción Solución y Edad de corte, $P < 0.05$.

^d Efecto del corte, $P < 0.01$.

En la producción de forraje seco, cuando el riego se inició al día 1 el mayor beneficio se observó con el Lix, la SNC fue menor, y con agua la producción fue la más baja. Sin embargo, cuando el riego se inició al día 5, la producción de forraje seco fue similar entre los tratamientos. Se debe resaltar que la variable más importante para evaluar la producción es la cantidad de forraje seco o la cantidad de materia seca ya que normalmente se hace un ajuste o se elimina el agua contenida en el forraje. Lo anterior está fundamentado en que las diferencias observadas en el forraje verde o fresco pueden estar influenciadas por la cantidad de agua en los tejidos de la planta.

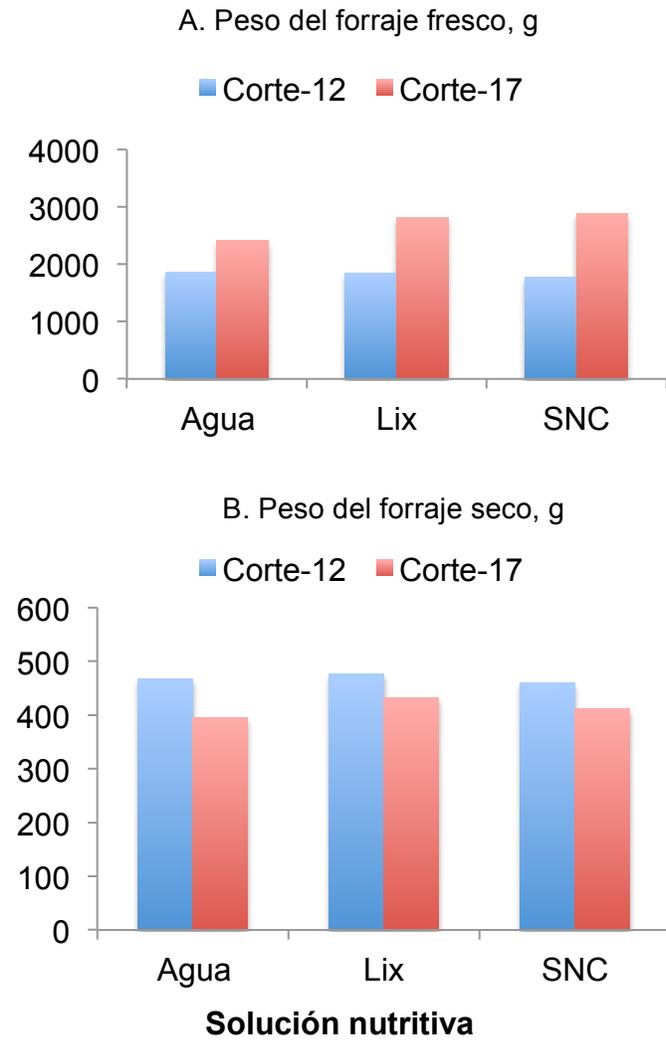
Respecto a la edad de cosecha, se encontró que la producción de forraje verde fue mayor cuando se cortó el forraje a una edad de 17 días, pero solamente cuando se usó Lix y SNC; mientras que con agua la producción fue menor. En contraste, cuando se cortó el forraje el día 12, la producción fue similar entre todas las soluciones (Figura 7). La producción de forraje seco fue mayor cuando se cosechó al día 12 comparado con el corte al día 17 (Cuadro 2). Biológicamente estas diferencias se deben a que el forraje que se cortó el día 12 contenía menos agua y más materia seca, y el forraje cortado el día 17 contenía más agua y menos materia seca.

Figura 6. Peso del forraje fresco y seco por efecto de la solución e inicio del riego.



Los resultados sobre el uso del Lix como solución nutritiva coinciden con trabajos anteriores ya que se encontraron efectos positivos en la producción de materia seca y contenido de nitrógeno en forraje de maíz. El Lix usado fue de mayor beneficio cuando el riego de las charolas se inició al día uno, esto coincide con los resultados reportados en el segundo y tercer experimento de producción de plantas de maíz en germinadores. Se estimó que los mejores resultados se tuvieron cuando el Lix se usa a una concentración entre 25-30% preparado a partir de excretas de cerdo.

Figura 7. Peso del forraje por efecto de la solución y la edad de corte.



Consideraciones finales

Producción de maíz en germinadores. No se recomienda usar el Lix en la pre-germinación de semillas ya que el porcentaje de germinación puede ser bajo. Es recomendable usar el Lix en el riego de las semillas a partir del día uno de la siembra. Se recomienda usar el Lix evaluado (preparado con excretas de cerdo como sustrato de la lombricomposta) a una concentración entre 25-30%.

Producción de maíz en charolas de hidroponía. Se recomienda usar el Lix diluido a una concentración entre 25-30% desde el día uno del riego de las charolas. Se debe reciclar el Lix varias veces en el riego de las charolas y posteriormente se recomienda volverlo a usar en el riego de las lombricompostas para enriquecerlo de nuevo con AH.

Se agradece el apoyo para la impresión de la presente publicación a:
Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación
(FORDECYT)

Comité Editorial del CENID Fisiología

Presidente, Dr. Héctor Raymundo Vera Ávila.
Secretario, Dr. Ricardo Basurto Gutiérrez.
Vocal, Dr. Miguel Enrique Arechavaleta Velasco.

Revisión Técnica

MC. María Denisse Montoya Flores
Dr. José Armando Partida de la Peña

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de Diciembre de 2013 en Impresos Guillen, S.A. de
C.V. Calle 37 No. 802 Col. Lomas d Casa Blanca CP 76080, Querétaro, Qro.
Su tiraje constó de 1000 ejemplares

www.INIFAP.GOB.MX

Una tecnología que ha ganado popularidad en los últimos años entre pequeños ganaderos es el uso de excretas animales para producción de fertilizantes orgánicos sólidos y líquidos por medio de la lombricultura. Los fertilizantes líquidos conocidos como lixiviados contienen diferentes nutrimentos y sustancias húmicas que estimulan el crecimiento de las plantas, por lo que son usados comúnmente como fertilizantes foliares o en el agua de riego de cultivos. En este documento se presenta un uso adicional de los lixiviados como solución nutritiva para producción de forraje en condiciones tipo hidroponia.