

DESEMPEÑO DE RYEGRASS BAJO DIFERENTES INSUMOS ORGÁNICOS LOCALES

PERFORMANCE OF RYEGRASS UNDER DIFFERENT LOCAL ORGANIC INPUTS

Mario Figueroa Cárdenas¹

Marta Astier Calderón²

Luzorquídea Castro Sánchez³

Dania Fabiola Alcántar Luna⁴

Pablo Iván Argueta Navarrete⁵

Ernesto Fernando Hernández Aguilar⁶

RESUMEN

El objetivo del trabajo es proponer una alternativa de desarrollo municipal al utilizar insumos orgánicos locales en sistemas en rotación de cultivos 2:1 (alfalfa y maíz nativo). Se analizó el desempeño de la fertilidad química edáfica de tres insumos locales (vermicomposta, paja de alfalfa, rastrojo de maíz). En invernadero se sembró ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) utilizando contenedores de 2.5 l (2.5 dm³) con tezontle, vermiculita, perlita, peat-moss y suelo agrícola. El estudio se realizó del 15 de enero al 15 de febrero de 2017; el diseño experimental fue en bloques al azar con tres tratamientos (vermicomposta madura y estabilizada, paja de alfalfa y rastrojo de maíz) obtenidos *in situ* aplicando cinco dosis equivalentes (1, 3, 6 9 y 12 t ha⁻¹) a cada tratamiento, cinco repeticiones y un testigo. Se midió el desarrollo vegetativo del ryegrass a los 30 días después de la siembra (dds). Para el análisis e interpretación de los resultados se utilizaron mode-

Artículo recibido el 18 de Enero de 2017 y aprobado el 29 de Mayo de 2017.

- 1 Posdoctorante (CONACyT). Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). E-mail: mfigueroa@ciga.unam.mx.
- 2 Profesora-Investigadora Titular "B" (PNP). Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) Universidad Nacional Autónoma de México UNAM). E-mail: mastier@ciga.unam.mx
- 3 Alumna de Maestría en Geografía con Orientación en Manejo Integrado del Paisaje. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA-UNAM). E-mail: icastro@pmip.unam.mx
- 4 Alumna de Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Escuela de Estudios Superiores (ENES-UNAM). E-mail: dannia_alcantar@hotmail.com
- 5 Alumno de Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Escuela de Estudios Superiores (ENES-UNAM). E-mail: ipanra@hotmail.com
- 6 Alumno de Maestría en Geografía con Orientación en Manejo Integrado del Paisaje. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA-UNAM). E-mail: ehernandez@pmip.unam.mx

los matemáticos polinomiales de segundo grado. El mejor desempeño se alcanzó con la vermicomposta y la paja de alfalfa; el rastrojo de maíz causó inmovilización nutrimental. Se obtuvo información importante que promueve el desarrollo municipal sustentable en suelos agrícolas con manejo de rotación de cultivos.

Palabras clave: Residuos orgánicos, alfalfa, vermicomposta, rastrojo de maíz, ryegrass, desarrollo vegetativo, macetas, invernadero.

ABSTRACT

In order to propose an alternative of municipal development using local organic inputs in crops rotation systems 2:1 (alfalfa: native maize). The performance of edaphic chemical fertility of three local inputs (vermicompost, alfalfa straw and maize stover) was analyzed. In greenhouse was planted ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) using containers 2.5 l (2.5 cm³). Volcanic rock, vermiculite, perlite, peat-moss and agricultural soil by handling alfalfa crop and maize-native rotation (ratio 2:1 respectively). The study was conducted from January 15 to February 15, 2017; experimental design was a randomized block with three treatments (mature and stabilized vermicompost, straw chopped alfalfa before flowering and corn stover) obtained in situ by applying five equivalent doses (3, 6, 9 and 12 t ha⁻¹) to each treatment, five repeats and a control. The vegetative development of ryegrass was measured 30 days after sowing. Second degree polynomial mathematical models for the analysis and interpretation of results were used. The best performance was achieved with vermicompost and alfalfa straw; maize stover caused nutrimental immobilization. Important information was obtained that promotes sustainable municipal development in agricultural soils with crop rotation management.

Keywords: Organic residues, alfalfa, vermicompost, corn stubble, ryegrass, vegetative development, pots, greenhouse.

Clasificación JEL: Q01, Q15, Q19.

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura y uso del suelo se encuentran en el centro de la atención de la investigación ambiental actual (Bocco *et al*; 2001). La deforestación sin control de bosques adyacentes a

la Cuenca del Lago de Pátzcuaro para habilitar superficies con orientación agrícola, se ha practicado ajena a los planes de desarrollo sustentable en esta región lacustre.

Conforme una región avanza en su desarrollo, se incrementan sus necesidades energéticas y los compromisos sociales con la sustentabilidad, en particular sobre el ahorro de las emisiones de carbono y los impactos económicos y ambientales (Santos y Espitia, 2016) derivados por prácticas agrícolas intensivas y semintensivas.

Numerosos proyectos de investigación se siguen desarrollando a través de enfoques predominantemente tecnológicos. Estos enfoques no hacen nada por ir al centro de los problemas ambientales de la agricultura, ni cuestionan la estructura del monocultivo que es la base ecológica de la inestabilidad de la agricultura moderna (Altieri, 1994); como consecuencia estos sistemas de producción se encuentran amenazados debido al deterioro ambiental, a la falta de mercados para sus productos y la presión de tecnologías externas (Ortiz y Astier, 2003).

El suelo agrícola es un sistema edáfico vivo que comparte integralmente las características de los sistemas vivientes; posee un patrón organizativo cerrado que se manifiesta en una estructura, este patrón organizativo surge del conjunto de elementos que conforman su estructura, con redes metabólicas y autopoéticas que aseguran su autoorganización, autogeneración y autorreproducción en un entorno, en espacio y tiempo específicos (Sánchez, *et al.*, 2012).

Por lo tanto es necesario ofrecer alternativas a nivel de parcela *in situ* que sustenten la conservación de suelos mediante prácticas ambientalmente armónicas, económicamente rentables y socialmente contextualizadas a través de la renovación, manejo y preservación ecológica de los recursos naturales; que practiquen el concepto de desarrollo cuando éste se inscriba en la civilidad de los pueblos en cuanto al grado de institucionalidad para que logren como sociedad ordenada y organizada el mejoramiento de las condiciones de vida (Valenzo *et al.*, 2016).

La fertilidad biológica, química y física de un suelo depende de las relaciones entre la calidad de los insumos utilizados y la extracción de sustancias nutritivas producto de la cosecha; es por ello que la agricultura moderna debe basarse en prácticas de manejo regenerativas e interactivas en términos ecológicos, mediante acciones que cubran las necesidades humanas sin dejar de mantener la calidad del medioambiente, de tal manera que conserven paralelamente los recursos naturales y ofrezcan oportunidades de desarrollo a las futuras generaciones.

Es por ello que los abonos orgánicos se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mejorar la estructura del suelo; de esta manera, se aumentan la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (López *et al.*, 2001); proveerán de sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento y que elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC); tienen además un alto contenido de ácidos húmicos y aumentan la capacidad de retención de humedad, así como la porosidad física del suelo que facilita la aireación, drenaje y los medios de crecimiento vegetativo de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2008); de igual manera favorece la fertilidad del suelo (fertilidad física) y la nutrición (fertilidad química) de las plantas (Álvarez *et al.*, 2010). Por lo anterior, la incorporación de materiales orgánicos en suelos agrícolas sólo debe considerarse como un continuo valor agregado para incrementar y equilibrar las reservas edáficas nutrimentales (Galvis, 1998).

La materia orgánica del suelo también contiene organismos muertos, materia vegetal y otros materiales orgánicos en varias etapas de descomposición. Humus, la materia orgánica obscura en los estados finales de descomposición, es relativamente estable. Tanto la materia orgánica como el humus sirven de reserva de nutrientes para plantas y proveen otros beneficios, como la formación de agregados aglutinantes que fomentan la fertilidad física del sistema edáfico, ya que la textura y estructura del suelo determinan el espacio de poros para la circulación de aire y agua, resistencia a la erosión, soltura, facilidad para ararse y penetración de raíces (Sullivan, 2007).

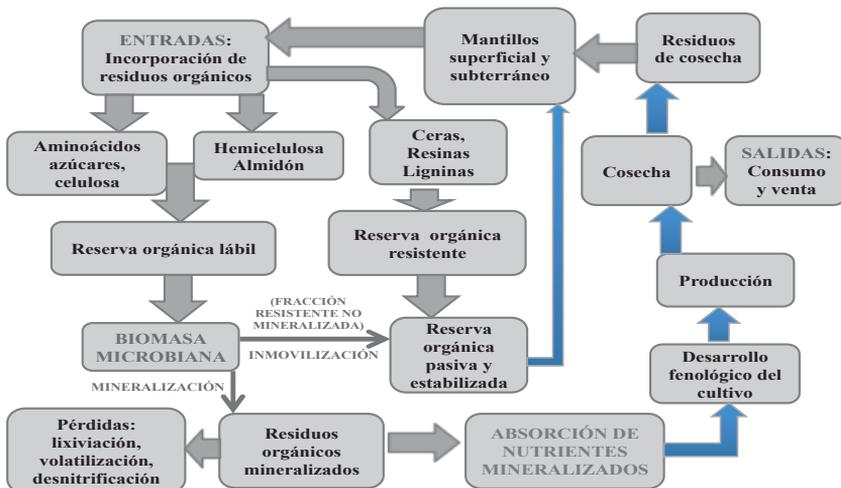
La importancia de analizar el desempeño de insumos locales susceptibles de ser utilizados como fertilizantes orgánicos, surge de la necesidad de conservar los sistemas edáficos sobre los cuales se sustenta la vida vegetal y animal. Se parte de la hipótesis en que la utilización de insumos orgánicos locales incrementa la fertilidad, química, física y biológica del suelo, permite una disminución en los costos de producción, fomenta el ahorro de energía y crea una conciencia social colectiva de desarrollo con relación a la sustentabilidad medioambiental. El concepto de metabolismo socioeconómico se ha desarrollado como un enfoque para estudiar la extracción de materiales o energía del medioambiente, su conversión en los procesos de producción y consumo, así como los productos resultantes para el medioambiente (Haberl *et al.*, 2013).

Las plantas no absorben compuestos orgánicos, éstos deben mineralizarse a través de la acción de la biomasa microbiana mediante el proceso de amonificación o mineralización, para ser absorbidos y asimilados por ellas. La mineralización es el proceso opuesto a la inmovilización

y consiste en la transformación microbiana del nitrógeno orgánico en nitrógeno inorgánico. Técnicamente la amonificación precede a la nitrificación y desnitrificación. Las bacterias remueven el nitrógeno de los residuos de cosecha mediante un proceso biológico llamado nitrificación seguido por la desnitrificación. La nitrificación es la conversión biológica del nitrógeno en forma de amonio a nitrato que se genera mediante dos pasos: La bacteria *Nitrosomonas* convierte el amoniaco y el amonio en nitrito para que después la bacteria *Nitrobacter* termine la conversión de nitrito a nitrato mediante un proceso rápidamente organizado, donde la temperatura, particularmente la del agua, afecta la tasa de nitrificación (Galvis, 1998).

La materia orgánica está constituida por carbohidratos (celulosas, hemicelulosas, almidones, azúcares), ligninas, taninos, ácidos orgánicos, grasas, ceras, aceites, resinas, compuestos nitrogenados (proteínas, aminoácidos) y pigmentos (Fig. 1). Los productos más difíciles de descomponer son las ligninas, aceites y ceras. La adición de material orgánico de fácil descomposición (material lábil) acelera la mineralización de materia orgánica más resistente (Alcántar y Trejo, 2007).

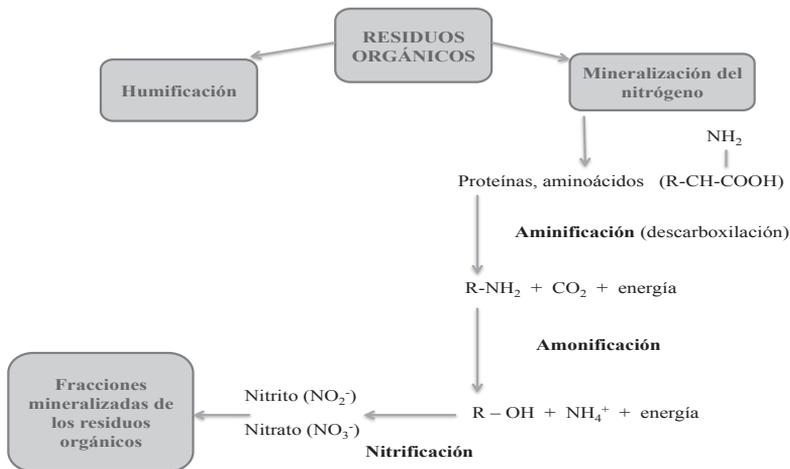
Figura 1. Entradas, salidas, flujos y componentes del sistema edáfico en el proceso de mineralización e inmovilización de los residuos orgánicos



Fuente: Elaboración propia en base a Galvis (1998).

El proceso de mineralización de compuestos orgánicos y compuestos nitrogenados (Fig. 2) de la materia orgánica en los suelos se esquematiza de la siguiente manera:

Figura 2. Proceso de mineralización de compuestos orgánicos y compuestos nitrogenados



Fuente: Elaboración propia en base a Alcántar y Trejo, (2007).

Así, las estrategias de diversificación agroecológica tienden a incrementar la biodiversidad funcional de los agroecosistemas (Altieri y Nicholls, 2007) mediante la aplicación de materia orgánica, que aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana (Félix *et al.*, 2008); es por ello importante considerar que los elementos nutrimentales que se localizan en la solución del suelo, resultante del proceso de mineralización de los insumos orgánicos, son muy susceptibles a modificaciones o a perderse debido a inadecuadas prácticas de manejo agrícola (Hernández, 2003); por lo anterior es necesario proponer alternativas racionales de desarrollo municipal que se funden en la ciencia, que hagan eficientes los sistemas de producción y que impidan impactos ambientales perniciosos en sus sistemas agroecológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo del trabajo es proponer una alternativa de desarrollo municipal en sistemas producción de alfalfa-maíces nativos en rotación de cultivos mediante el uso de insumos orgánicos locales. Para ello se determinó el desempeño nutrimental de tres materiales (vermicomposta, paja de alfalfa y rastrojo de maíz) colectado de una parcela con manejo en rotación 2:1 (alfalfa: maíz nativo). El experimento se realizó del 15 de enero al 15 de

febrero de 2017 en condiciones controladas de invernadero, ubicado geográficamente a los 19° 35' 54.82" de Latitud Norte y 101°42' 1.93" de Longitud Oeste a una altitud de 2063 msnm. El clima es del tipo Cwb, considerado como templado subhúmedo con lluvias en verano, con una época seca en invierno y oscilación térmica (5 – 7 °C), la temperatura media anual es de 15.5 °C (García, 1973), con una precipitación media anual de 995 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2001-2012).

Para determinar el desempeño nutrimental de los materiales orgánicos, se sembró pasto anual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) como especie extractora de nutrientes, de rápido crecimiento y extensa masa radicular. El cultivo se estableció en contenedores de plástico con capacidad de 2.5 l (2.5 dm³), con 1/3 de tezontle y 2/3 de mezcla homogénea compuesta de tezontle, vermiculita, peat-moss, perlita y suelo agrícola en rotación 2:1 (alfalfa: maíz nativo). Se midió la longitud de crecimiento del cultivo a los 30 días después de la siembra (dds) para relacionarlo con los procesos dinámicos del desarrollo vegetativo y obtener con ello información importante para eficientar el manejo agronómico de los cultivos en Napízaro, municipio de Erongarícuaro, Michoacán. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres tratamientos de materiales orgánicos incorporados al sustrato (vermicomposta madura y estabilizada, paja de alfalfa cortada antes de la floración y rastrojo de maíz colectados en Napízaro de un sistema de producción en rotación 2:1 (alfalfa: maíz nativo); se aplicaron cinco dosis equivalentes (1, 3, 6 9 y 12 t ha⁻¹), cinco repeticiones respectivamente a cada tratamiento y se tomó como referencia un testigo.

Para el análisis e interpretación de los resultados se utilizaron modelos matemáticos polinomiales de segundo grado (Excel 2011; ver. 14.7.2 e IBM SPSS Statistics ver. 22), a efecto de relacionar el crecimiento vegetativo de la especie sembrada (ryegrass) con el desempeño nutrimental de los insumos aplicados al sustrato, en donde la pendiente del modelo es la tasa de mineralización, que se correlaciona como una medida indirecta con la actividad de la biomasa microbiana y el crecimiento vegetativo del cultivo; el valor del término independiente es el valor calculado por el modelo que se relaciona por comparación con el valor observado en campo (testigo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se verificó una homogénea emergencia durante el nacimiento de las plantas. En todo el experimento no se observaron plagas o enfermedades que indujeran a la inhibición o retraso en el crecimiento vegetativo del rye-grass.

En la tabla 1 se muestran los tratamientos, dosis aplicadas y los valores del crecimiento vegetativo de la biomasa aérea encontrados durante el experimento.

Tabla 1. Tratamientos, dosis de insumos y valores de crecimiento vegetativo

	Tratamientos (*)	Dosis (ton ha⁻¹)	Altura planta (cm)
1	Rastrojo de maíz	M1	42.3
2		M3	41.1
3		M6	28.2
4		M9	25.7
5		M12	24.3
6	Paja de alfalfa	A1	39.2
7		A3	39.4
8		A6	39.7
9		A9	40.4
10		A12	41.0
11	Vermicomposta	V1	42.8
12		V3	43.3
13		V6	44.1
14		V9	45.3
15		V12	47.2
	Testigo	T ₀	38.7

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del experimento (2017).

Diseño experimental: bloques al azar (cinco repeticiones y un testigo).

(*) Insumos orgánicos aplicados al sustrato.

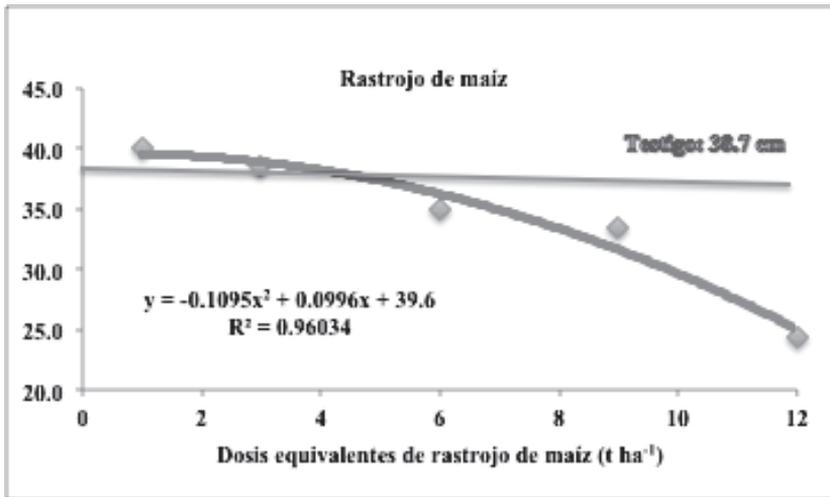
En el modelo matemático del tipo ($y = ax^2 + bx + c$), el signo del coeficiente cuadrático define si la curva es cóncava (-) o convexa (+) respecto al origen y su coeficiente se relacionan con la tasa de cambio; el valor del coeficiente del término lineal representa el desplazamiento de la curva en relación al eje de las abscisas y el término independiente (c) representa el valor calculado del testigo.

Como resultado del tratamiento rastrojo de maíz, el modelo presenta una línea parabólica cóncava (signo negativo del término cuadrático) con respecto al origen cartesiano; la línea de tendencia es negativa lo cual se interpreta que el material orgánico causó inmovilización nutricional inversamente proporcional a las dosis aplicadas. El valor de (0.0996) que corresponde al término lineal significa el desplazamiento de la curva con respecto al eje de las abscisas (dosis) y el término independiente representa el valor (39.6 cm) calculado por el modelo, mismo que resultó ser muy cercano al valor observado en campo (38.7 cm).

En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos del crecimiento vegetativo (cm), en donde se puede observar que a medida que se incrementan las dosis de este insumo (rastrojo de maíz), la línea de

tendencia del crecimiento vegetativo decrece con relación al testigo, lo que se interpreta como inmovilización nutrimental dentro del sistema edáfico, proceso que se explica mediante el coeficiente de determinación (0.96034) considerado como la bondad de ajuste del modelo polinomial utilizado.

Figura 3. Modelo polinomial de segundo grado relacionado al crecimiento vegetativo del ryegrass (insumo: rastrojo de maíz)

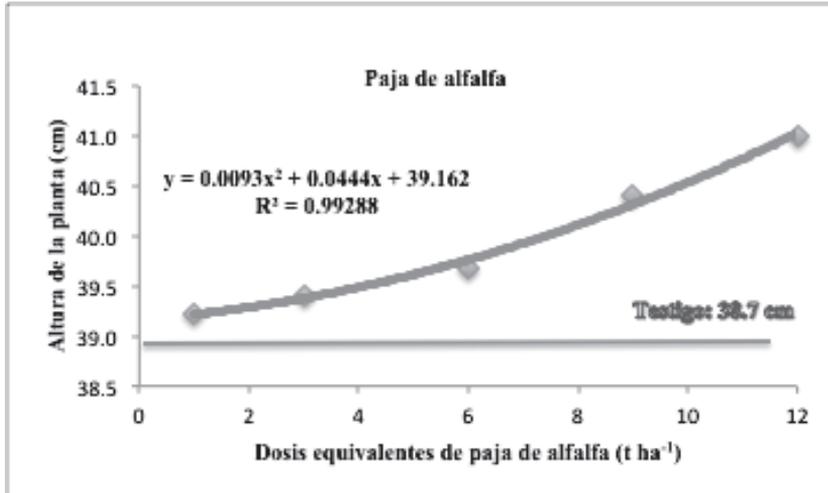


R^2 = Coeficiente de determinación. (Bondad de ajuste del modelo).

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del experimento (2017).

En la figura 4 se observa la línea de tendencia positiva al aplicar paja de alfalfa en el sustrato. El coeficiente del término cuadrático presenta un valor de (0.0093), considerado como la tendencia (tasa) de crecimiento vegetativo; la curva presenta un desplazamiento de (0.0444) respecto al eje de las abscisas y un dato importante lo muestra el término independiente, cuyo valor calculado (39.162 cm) por el modelo es cercano al valor observado en campo (38.7 cm), mismo que corresponde al testigo en donde no se aplicó ningún tratamiento. El valor del coeficiente de determinación ($R^2 = 0.99288$) indica que con este modelo se explica hasta un 99 % la relación que existe entre estas dos variables (dosis equivalentes y crecimiento vegetativo obtenido).

Figura 4. Modelo polinomial de segundo grado relacionado al crecimiento vegetativo del ryegrass (insumo: paja de alfalfa)



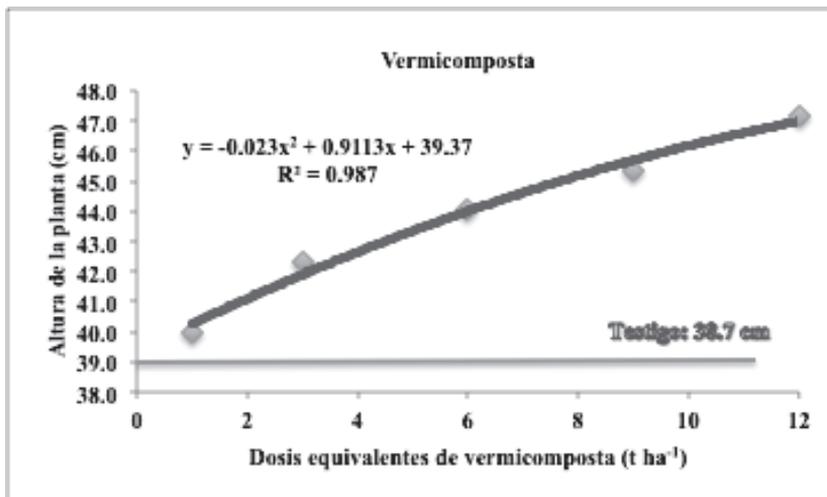
R^2 = Coeficiente de determinación. (Bondad de ajuste del modelo).

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del experimento (2017).

Con relación al tratamiento vermicomposta, en la figura 5 se observa que el coeficiente del término cuadrático (-0.023) indica la tasa de crecimiento vegetativo *cuasi lineal* del ryegrass, el desplazamiento de la curva (0.9113) en donde el término independiente (39.37 cm) calculado por el modelo es cercano al valor observado físicamente en el experimento (38.7 cm). El valor del coeficiente de determinación ($R^2 = 0.987$) indica que mediante este modelo matemático puede explicarse hasta un 98.7 % la relación que existe entre estas dos variables.

Al analizar los tres procesos en su dinámica de mineralización (rastreo de maíz, paja de alfalfa y vermicomposta), se observa que al incrementar las dosis de rastreo de maíz se causa severa inmovilización nutricional en el sistema edáfico (tasa decreciente de 0.1095); la paja de alfalfa y la vermicomposta presentan procesos dinámicos de mineralización positiva (0.0093 y 0.0230 respectivamente), materiales orgánicos que incrementan las reservas edáficas nutrimentales activas.

Figura 5. Modelo polinomial de segundo grado relacionado al crecimiento vegetativo del ryegrass (insumo: vermicomposta)



R^2 = Coeficiente de determinación. (Bondad de ajuste del modelo).

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del experimento (2017).

CONCLUSIONES

A los 30 dds se encontró una diferencia significativa en el crecimiento vegetativo de las plantas fertilizadas con los tres insumos orgánicos locales obtenidos de un sistema de producción en rotación 2:1 (alfalfa: maíz nativo). En la paja de alfalfa y vermicomposta se observó una tasa de crecimiento (0.0093 y 0.0230 respectivamente) con tendencia positiva (mineralización) directamente proporcional a las dosis aplicadas; mientras que las plantas fertilizadas con rastrojo de maíz presentan una tendencia negativa (inmovilización), con una tasa de crecimiento vegetativo (0.1095) inversamente proporcional a las dosis incorporadas al sustrato.

Se observó además que los valores calculados de los términos independientes (maíz 39.60, alfalfa 39.16, vermicomposta 39.37) del modelo polinomial son cercanos a los valores obtenidos en campo (testigo 38.70 cm) y los coeficientes de terminación (R^2) (0.96034, 0.99288 y 0.98700 respectivamente) como la bondad expresada de ajuste del modelo explican, ampliamente y con alto grado de confiabilidad, el desempeño en los procesos de mineralización e inmovilización de los materiales utilizados como insumos orgánicos fertilizantes.

Por lo tanto, conocer el desempeño de los tres insumos orgánicos permite realizar una propuesta de desarrollo municipal sustentable con base a fundamentos científicos y agronómicos que permitirán a los productores dar un manejo racional de los materiales orgánicos (rastrojo de maíz, paja de alfalfa y vermicompostas) en Napízaro, municipio de Erongarícuaro, Michoacán, México; materiales que son susceptibles de ser aplicados en suelos agrícolas *in situ* mediante la técnica de rotación de cultivos (2:1 alfalfa-maíz nativo) con excelentes resultados ambientales, ya que al agregar residuos orgánicos de cosechas al suelo se potencia su fertilidad física, se incrementan nutrimentalmente las reservas orgánicas edáficas, (Galvis, 1998 y Hernández, 2003), se fomenta la fertilidad biológica, se propicia la formación de agregados estables y permeables (Sullivan, 2007), aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuye está en suelos arcillosos (Félix *et al.*, 2008), y se crean las condiciones para eficientar el proceso de mineralización de la materia orgánica por la actividad de la biomasa microbiana (Alcántar y Trejo, 2007); así mismo se logra preservar a los sistemas agroalimentarios más sustentables (Ortiz y Astier, 2003) en términos medioambientales; además, se presenta como un patrón organizativo y metabólico (Haberi *et al.*, 2013), como alternativa de desarrollo municipal socialmente sustentable para la producción de alfalfa y maíces nativos en rotación 2:1, así como un modelo que se ajusta matemáticamente a los principios y fundamentos agronómicos planteados.

Es importante resaltar que cuando se tomaron las muestras representativas de este suelo, se observó mediante inspección visual, la presencia de meso y macro fauna (ácaros y lombrices), el color oscuro del suelo (relacionado con el contenido de materia orgánica), un suelo suave, mullido y un olor agradable al olfato.

AGRADECIMIENTOS

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA-UNAM)
Dra. Mayra Elena Gavito Pardo. Instituto de Investigaciones en Ecología Sustentable (IIES-UNAM)

Parte de este proyecto se realizó gracias al apoyo del Programa PAPIIT Proyecto IN210015

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántar G., G. y Trejo T., L. (2007). (Coordinadores). Nutrición de los Cultivos. Colegio de Posgraduados. Edit. Mundi Prensa México, S.A. de C.V. (México). Págs. 101-102.
- Altieri S., M.A. (1994). Bases Agroecológicas Para la Producción Agrícola Sustentable. Agricultura Técnica (Chile) 54 (4): 371 - 386.
- Altieri M.A. y Nicholls, C.I. (2007). Conversión Agroecológica de Sistemas Convencionales de Producción: estrategias y evaluación. AEET (España) Ecosistemas 16 (1): 3-12.
- Álvarez S., D., Gómez V., D.A., León M., S. y Gutiérrez M., F.A. (2010). Agrociencia (México) 44: 575-586.
- Bocco, G., Mendoza, M. y Masera, O.R. (2001). La dinámica del cambio del uso de suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas No. 44; ISSN 0188-4611, (México).
- Félix H., J.A., Sañudo T., R.R., Rojo M., G.E., Martínez R., R. y Olalde P., V. (2008). Importancia de los Abonos Orgánicos (ensayo). (México) Ra Ximhai 4 (1): 57-67.
- Galvis S., A. (1998). Diagnóstico y simulación del suministro de nitrógeno edáfico para cultivos anuales. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales, Especialidad Edafología. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 327 p.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM. (México). 246 p.
- Haberl, H., Erb, K. H., Gaube, V., Gingrich, S. y Singh, S. J., (2013). Socioeconomic Metabolism and the Human Appropriation of Net Primary Production: What Promise Do They Hold for LTSE? Springer Science+Business Media Dordrecht. pp. 29-52 (Viena, Austria).
- Hernández M., T. M. (2003). Uso de la termogravimetría para cuantificar las reservas orgánicas edáficas de nitrógeno y la capacidad del suelo para contenerlas. Tesis de doctorado en ciencias. Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales, Programa de Edafología. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 98 pp.
- López M., J.D., DÍAZ E., A., Martínez R., E. y Valdéz C., R. D. (2001). Abonos orgánicos y su Efecto en Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y Rendimiento en Maíz. Terra (México) 19: 293-299.
- Ortiz A., T. y Astier C., M. (2003). Sistematización de Experiencias Agroecológicas en Latinoamérica. LEISA Revista de Agroecología. (Lima, Perú).

- Rodríguez D., N., Cano R., P., Figueroa V., U., Palomo G., A., Favela CH., E., Álvarez R., V. DE P., Márquez H., C. y Moreno R., A. (2008). Producción de Tomate en Invernadero con Humus de Lombriz como Sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 31 (3): 265-272 (México).
- Sánchez de P., Prager, M., Naranjo, R.E. y Sanclemente, O. (2012). El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas. *Agroecología 7*: 19-34. (España).
- Santos, Y.Y. y Espitia, I.C., (2016). Estrategia de certificación de biocombustibles para el sector energético de México. *INCEPTUM*, Vol. XI, No. 21. Julio-diciembre, 2016. pp. 43-63. (México)
- Sullivan, Preston (2007). El manejo sostenible de suelos. *ATTRA-El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible.* (USA) Págs. 3-5
- Valenzo, M.A., Rodríguez, R. y Martínez, J. (2016). Estudio del desarrollo regional, desde una perspectiva bibliométrica. *INCEPTUM*, Vol. XI, No. 20. Enero-junio, 2016. pp. 5-25. (México).

DICTIOTOPOGRAFÍA

<https://es.climate-data.org/location/653418/>.

CLIMATE-DATA.ORG (2001-2012). Recuperado el jueves 29 de junio de 2017; consultado a las 11:29 hrs.