

IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

IMPORTANCE OF ORGANIC MATTER IN THE SOIL

Trinidad-Santos, A.^{1*}; Velasco-Velasco, J.²

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, municipio de Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ²Colegio de Postgraduados *Campus* Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94961.

*Autor responsable: trinidad@colpos.mx

RESUMEN

Los suelos agrícolas en México son generalmente pobres en materia orgánica, con valores menores a 1%. Un suelo con 1.0% de materia orgánica solo aporta 17.4 kg de N por ha, mientras que uno que es rico en esta (4%) puede contribuir con hasta 69.6 kg de N por ha, calculado a partir de su porcentaje de mineralización anual de 1.5%, con un contenido de nitrógeno en la materia orgánica de 5.8% para un peso de suelo por hectárea de 2×10^6 kg en los primeros 15 cm de profundidad. Esto es un indicador de la importancia que tiene la materia orgánica en el suelo desde el punto de vista nutrimental, aunque no solo es importante como fuente de nutrimentos, sino también por ser un mejorador de las características físicas y almacén de energía para la vida microbiana del suelo. La única forma de mantener un buen contenido de materia orgánica en el suelo es mediante la adición de abonos orgánicos y residuos vegetales e industriales apropiados y transformados como compost y vermicompost.

Palabras clave: fertilidad, abonos, enmiendas orgánicas.

ABSTRACT

Agricultural soils in México are generally poor in organic matter (OM), with values lower than 1 % with estimated contributions of 17.4 kg of nitrogen (N) ha^{-1} , while a rich soil (4 %) can contribute up to 69.6 kg N ha^{-1} , calculated from its percentage of annual mineralization of 1.5 %, with an N content in organic matter of 5.8 % for a soil weight per hectare of 2×10^6 kg in the first 0-15 cm. This is an indicator of the importance that organic matter has in the soil to supply minerals and as improver of the physical characteristics and energy storage for microbial life. The only way of maintaining a good OM content in the soil is through the addition of organic fertilizers, and plant and industrial residues, suitable and transformed as compost and vermicompost.

Keywords: fertility, fertilizers, organic improvements.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura se observa que la aplicación de abonos orgánicos, principalmente estiércoles, repercute de manera favorable en el rendimiento, y siempre han sido una alternativa de los agricultores para abonar cuando sube el precio de los fertilizantes, además de que los abonos orgánicos siguen siendo importantes en el uso y la sostenibilidad del recurso suelo bajo las condiciones en que se practica la agricultura tradicional. En general, los suelos agrícolas son pobres en materia orgánica, con porcentajes desde 0.07% en la zona del Plan Puebla, México, hasta 6% en Valles altos de Toluca, México; no obstante, se ha llegado a cuantificar 16% de materia orgánica en suelos de la Sierra Tarasca (Michoacán, México). El abono orgánico es un material de origen vegetal o animal de composición química variable, que en su proceso de mineralización aporta nutrientes para el desarrollo y rendimiento de los cultivos. La aplicación de abonos orgánicos tiene una potencialidad para aumentar los rendimientos de las cosechas mucho mayor que los fertilizantes químicos en cantidades equivalentes de nutrientes. Una prueba de esta potencialidad es el efecto de la aplicación de una enmienda orgánica contra un fertilizante químico en cantidades equivalentes de un nutriente (Figura 1) al trazar las curvas de respuesta del cultivo.

La mayor respuesta fue aplicando abono orgánico, además con fertilizante, los desbalances nutrimentales ocurren antes y se observan decrementos de rendimiento en la curva de respuesta, mientras que con el orgánico se amortiguan y no observan abatimientos drásticos en rendimiento (Avnimelech, 1986). Se podría señalar que esta es la parte más importante del uso de los abonos orgánicos en la producción de los cultivos, debido a que estos no solo aportan nutrientes, sino que también mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo que influyen en un mayor rendimiento del cultivo. El objetivo de este trabajo es presentar algunas ventajas de los abonos orgánicos aplicados al suelo y resultados de investigaciones realizadas empleando abonos orgánicos.

Clasificación de abonos orgánicos

Los abonos orgánicos se clasifican en turba, estiércoles, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, desechos orgánicos urbanos, compost, vermicompost y bocashi, entre otros. De los estiércoles, en orden decreciente del valor nutrimental, se cita al de origen humano, gallinaza, porqueraza, caprino, ovino, bovino y equino. Dentro de los abonos verdes se incluyen las leguminosas y no leguminosas, que se incorporan al suelo en estado verde 30 a 45 días antes de la siembra de un cultivo. Entre los residuos de las cosechas se incluyen los rastrojos y pajas, que son subproductos de un cultivo. Existe gran número de residuos industriales que se pueden utilizar como abonos orgánicos después de su compostaje. Estos son pulpa de café, bagazo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.), cascarilla de arroz (*Oryza sativa* L.), aserrín, cachaza y orujo de la uva (*Vitis vinífera* L.). Entre los desechos orgánicos urbanos se puede considerar las aguas negras, sedimentos y basuras exentos de radioactividad y elementos potencialmente tóxicos, y de contaminantes en general (Ruiz-Figueroa, 2009). Aun dentro del mismo tipo, los abonos

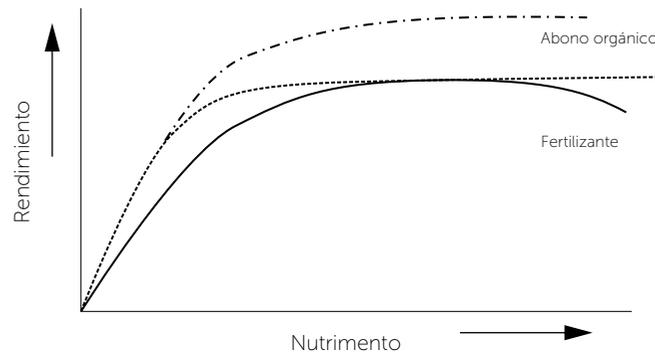


Figura 1. Rendimiento como respuesta a la aplicación del fertilizante químico y abono orgánico en cantidades equivalentes (Avnimelech, 1986).

orgánicos son muy variables en su composición química (Cuadro 1). Sin embargo, se puede apreciar que entre los tipos de abonos orgánicos existen diferencias, principalmente en el contenido de elementos esenciales. El contenido de nitrógeno en el estiércol vacuno varía de 1% a 3%, mientras que en el de gallinaza, de 2.5% a 5%, y se observa la misma tendencia con la concentración de otros nutrientes. En el caso de los compost y vermicompost, la concentración de los elementos esenciales dependerá mucho del manejo que se le haya dado durante el proceso de compostaje.

Los abonos orgánicos y la materia orgánica influyen fuertemente en las características físicas, químicas y biológicas del suelo. En la literatura se señala que el suelo es un cuerpo que está integrado por cuatro componentes principales: mineral (45%), orgánico (5%), líquido (agua 25%) y gaseoso (25%). Los porcentajes anteriores indican una composición hipotética ideal para el buen cre-

Cuadro 1. Composición química de estiércoles y lombricompost comunes para uso agrícola (valores con base a materia seca).

Determinación	Vacuno	Gallinaza	Porcino	Caprino	Lombricompost
Humedad (%)	28-45	5-55	30-50	-----	22
pH 1:2	7.5-8.6	7-7.8	6.8-7.5	7.3-7.8	7.2
Materia Orgánica (%)	25-30	25-35	----	----	40
Nitrógeno total (%)	1-3	2.5-5	3-5	3-4.5	2.5
Fósforo (P) (%)	0.2-1	1.0-3.5	0.5-1	0.4-0.8	0.8
Potasio (K) (%)	1-4	1.5-4	1-2	2-3	1.9
Calcio (Ca) (%)	1.5-5	2.7-8.8	----	----	8
Magnesio (Mg) (%)	0.4-1.2	0.5-1.5	0.08	0.2	1.5
Sodio (Na) (%)	0.3-3	0.3-2	0.05	0.05	----
Zinc total mg kg ⁻¹	130.5	516	----	----	600
Manganeso total (mg kg ⁻¹)	264	474	----	----	450
Hierro total mg kg ⁻¹	6354.1	4902	----	----	3800
Sales solubles (%)	3.2-9.1	4.2-8.3	1-2	1-2	----
Relación C/N	13-19	8-14	----	----	----
Cenizas (%)	38-72	15-42	----	----	

Adaptado de: Castellanos, (1982); Donahue *et al.*, (1977); Villarroel, (1979).
Fuente: Trinidad-Santos (1987).

cimiento de las plantas. Un suelo sin materia orgánica carece de energía, buena estructuración, presencia de cargas negativas dependientes de pH y actividad microbiana, que juntos le imparten al suelo la dinámica de un proceso físico, químico y biológico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los abonos orgánicos tienen diferentes efectos benéficos en las propiedades físicas del suelo, mejoran la estructura, disminuye la densidad aparente, aumenta la porosidad, aireación e infiltración y retención de agua; disminuye el escurrimiento superficial del agua, aumenta la estabilidad de agregados y evita la erosión del suelo. Los datos del Cuadro 2 muestran el efecto de cuatro años de aplicación continua de estiércol vacuno en algunas características físicas del suelo (Unger y Stewart, 1974; Mathers y Stewart, 1980).

El Cuadro 2 muestra que la materia orgánica del suelo aumentó de

1.4% a 2.8% con la aplicación de 134 t año⁻¹ de estiércol vacuno fresco por hectárea durante cuatro años, lo que representa un incremento de 200%. En la retención de agua, las constantes de humedad en todos los casos fueron mayores con la aplicación de abono orgánico y lo mismo se observó con la estabilidad de agregados y conductividad hidráulica, la cual aumentó con la aplicación de estiércol, que podría tener un efecto negativo en el rendimiento de los cultivos si no se tiene

cuidado de controlar este parámetro, ya que los estiércoles de bovino normalmente contienen elevadas concentraciones de sales. Se infiere que incrementar la materia orgánica del suelo aumenta la fertilidad y la disponibilidad de casi todos los elementos esenciales para el desarrollo y rendimiento del cultivo.

Efectos en propiedades químicas del suelo

Al utilizar los abonos orgánicos en forma rutinaria en los suelos agrícolas aumenta el contenido de materia orgánica a mediano y largo plazo y, con ello, la disponibilidad de nutrientes. Esto es, las

plantas cuentan con mayor disponibilidad de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn Ni, B, Mo y Cl), y registran mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) mayor que los suelos pobres en materia orgánica si el contenido es mayor a 3%. En el Cuadro 3 se muestra también el efecto positivo que tiene la materia orgánica en la retención y disponibilidad del agua en el suelo. Tanto la CIC como la retención de agua están relacionados con los compo-

Cuadro 2. Efecto de cuatro años de aplicación de estiércol vacuno sobre algunas características físicas del suelo.

Características	Estiércol (t ha ⁻¹)		
	0	67	134
Saturación de agua (%)	32.4	36.7	41.0
Capacidad de campo (%)	28.0	29.2	30.3
Punto de marchitamiento (%)	18.2	18.7	19.5
Densidad aparente (g/cc)	1.4	1.3	1.2
Agregados hidroestables (%)	13.5	15.7	20.9
Conductividad hidráulica (mm/seg)	1.0	-	2.0
CE (dS/m a 25 °C)	0.01	1.2	2.6
Materia orgánica (%)	1.4	2.6	2.8

Fuente: Unger y Stewart, (1974); Mathers y Stewart, (1980).

Cuadro 3. Cambios en las características químicas del suelo por aplicación de gallinaza, vermicompost y estiércol bovino en árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) 2010-2011.

Suelo	pH	CE (dS/m)	MO (%)	N total (%)	P Olsen (mg kg ⁻¹)
Sin abono orgánico	6.80	0.09	2.23	0.11	19.72
Con abono orgánico	7.10	0.15	4.86	0.24	55.78

Determinaciones con NH₄OAc 1N pH 7.

Suelo	K ⁺ (mg kg ⁻¹)	Ca ⁺² (mg kg ⁻¹)	Mg ⁺² (mg kg ⁻¹)	Na ⁺ (mg kg ⁻¹)	CIC (cmol kg ⁻¹)
Sin abono orgánico	245.80	3119.04	1341.79	170.00	40.69
Con abono orgánico	304.28	3674.97	1593.36	216.80	47.63

Determinaciones con Solución Extractora DTPA.

Suelo	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)
Sin abono orgánico	5.57	22.16	82.79	79.31
Con abono orgánico	8.98	35.17	71.04	92.15

Fuente: Datos experimentales (2009-2012).

nentes activos de la materia orgánica, como son los ácidos fúlvicos, húmicos y huminas, los cuales están saturados de radicales orgánicos que, con las ofertas de OH⁻ en el medio, reaccionan y generan cargas negativas que retienen los cationes y aumentan la capacidad de intercambio catiónico (Brady y Weil 2006). En un ensayo experimental sobre la aplicación de abonos orgánicos en la producción de guayaba (*Psidium guajava* Mill.) en la región oriente del estado de Michoacán, México, se tiene información sobre las características químicas del suelo testigo y del suelo tratado con niveles crecientes de aplicación de gallinaza, vermicompost y estiércol bovino durante dos años consecutivos. Los árboles de guayaba en el huerto están separados entre líneas y árboles a 5.5 m de distancia, y cada árbol representa una unidad de observación. Los tratamientos en cantidades correspondientes de cada uno de los abonos orgánicos se aplicaron en el cajete del árbol hasta la zona de goteo. A los dos años después de los tratamientos se hizo un muestreo de suelo fuera y dentro del cajete. Los resultados de análisis químicos de las muestras se presentan en el Cuadro 3.

Los resultados muestran que pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio aumentaron en el suelo al recibir como fertilizante los abonos orgánicos y se observaron los mismos cambios con calcio, magnesio, sodio, capacidad de intercambio de cationes y micronutrientes como cobre, zinc, manganeso y hierro. Estos resultados muestran la importancia que tienen los abonos orgánicos como mejoradores físicos, fuente de

nutrientes y energía para los microorganismos, que se refleja en la sostenibilidad del recurso suelo en la productividad de los cultivos.

Efectos en la biología del suelo

La adición de la materia orgánica al suelo favorece la proliferación de los microorganismos benéficos, como son las bacterias, hongos y actinomicetos. Estos microorganismos participan en los diferentes procesos de degradación de la materia orgánica, oxidación y reducción de nutrientes e inhibición de algunos patógenos del suelo.

Romero-Lima (1997) observó que los tubérculos de papa sin abono orgánico mostraban infecciones de *Rhizoctonia solani*, mientras que los tubérculos que no lo tenían estaban completamente sanos y exentos de este patógeno. En este mismo trabajo, Romero-Lima reportó que la gallinaza puede inhibir la incidencia de *Phytophthora cinamomi* y *Rhizoctonia solani* en papa y aguacate, el compost de lodos a *Rhizoctonia solani* en chícharo y algodón, el extracto líquido de compost a *Phytophthora infestans* en papa y tomate, el compost de corteza a *Rhizoctonia* sp en los cultivos en general y el vermicompost a *Phytophthora nicotianae*, *Fusarium oxisporum* y *Plasmidiophora brassicae* en tomate. Por otra parte, Pool-Novelo (1997) reportó la importancia de la aplicación de gallinaza sobre el incremento de hongos, bacterias y actinomicetos en un andisol, en los Altos de Chiapas. Con la aplicación de 10 t ha⁻¹ de gallinaza durante cuatro años la población de hongos se incrementó en 499%, comparado con el tratamiento testigo con 0 t ha⁻¹ de gallinaza, con el que las colonias de bacterias se incrementaron en 378% y los actinomicetos en 127% con respecto al testigo. Estos valores se pueden observar en el Cuadro 4.

Respuestas de los cultivos

Los cambios físicos, químicos y biológicos que ocurren en el suelo por la aplicación de los abonos orgánicos se manifiesta en un mejor desarrollo y rendimiento de la planta. En el proyecto "Generación y validación tecnológica para producción orgánica de guayaba" que se lleva a cabo en la región Oriente del estado de Michoacán

Cuadro 4. Aplicación de gallinaza en la población de hongos, actinomicetos y bacterias en un suelo andosol en Los Altos de Chiapas.

Gallinaza (t ha ⁻¹)	Hongos (10 ⁴ UFC g de suelo)	Actinomicetos (10 ⁴ UFC g de suelo)	Bacterias (10 ⁶ UFC g de suelo)
0 durante 4 años	53.97	7.75	103.0
10 durante 4 años	269.62	9.85	353.0

Adaptado de: Pool-Novelo, (1997).

se están aplicando gallinaza, lombricompost, estiércol bovino y un digestado llamado Súper Magro, comparados con el fertilizante químico en el rendimiento de guayaba. Se observó que todos influyeron en el incremento de rendimiento de fruta fresca de guayaba en relación con el testigo. Con el uso de Súper Magro se obtuvo un rendimiento menor que con el resto de los abonos orgánicos. El lombricompost y estiércol bovino fueron ligeramente superiores que el fertilizante químico. Sin embargo, la respuesta de guayaba en el incremento de rendimiento fue superior con la gallinaza que con los otros abonos orgánicos y el fertilizante químico.

En la Figura 2 se observan respuestas del

árbol de guayaba a la aplicación de niveles crecientes de abonos orgánicos; en la segunda línea de valores del eje X se muestran los valores en kg de abono orgánico por árbol. La aplicación de 14 kg de gallinaza por árbol mostró el mayor rendimiento de fruta fresca, lo que no se observó con el lombricompost y estiércol bovino. Sin embargo, la media de

estos dos últimos abonos orgánicos en la producción de fruta fue superior que el testigo.

Como lo muestra Cuervo-Osorio (2010), otra forma de aprovechar los abonos orgánicos es en los cultivos hidropónicos. El abono orgánico incorporado en el sustrato (tezontle <5 mm) produjo mayores rendimientos de chile güero (*Capsicum annuum* L.) que al aplicarlo sobre la superficie del sustrato (Cuadro 5). En

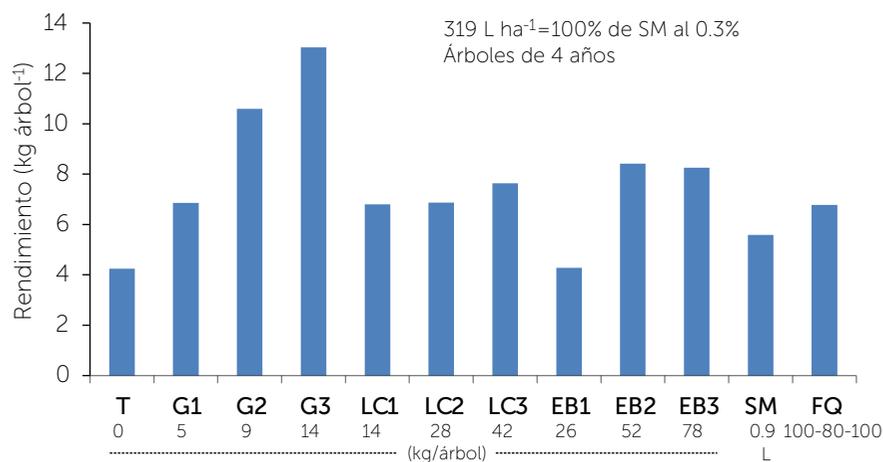


Figura 2. Rendimiento de fruta fresca de guayaba ciclo de producción abril-diciembre, bajo diferentes tipos de abonos orgánicos en Cerro Colorado, Mpio. de Benito Juárez, Michoacán México. Sitio 1, 2011. Gallinaza (G), lombricompost (LC), estiércol bovino (EB) y Súper Magro (SM 0.9 L/árbol), Fertilizante químico (FQ); 1, 2 y 3=40, 80 y 120 kg N ha⁻¹ de cada abono orgánico.

el abono orgánico aplicado sobre la superficie del sustrato se aprovechan los lixiviados cuando se riega el cultivo, en tanto que al incorporarlo se pueden tener otros efectos, como la retención de agua, mayor y mejor contacto de las raíces con el sustrato y aprovechamiento de nutrientes que se liberan del abono orgánico.

También se ha evaluado la respuesta de maíz a la aplicación de estiércol de cerdo como abono orgánico en un Andisol de Villa Escalante, Michoacán, México. Los resultados mostraron que la aplicación de 5 t ha⁻¹ en maíz, superó en más de 50% en altura comparado con el testigo. Se observó que el maíz fertilizado con estiércol de cerdo estaba a punto de emitir la espiga, mientras que en las plantas de la parcela testigo no. En estos ensayos que se llevaron a cabo en diferentes sitios en la Sierra Purépecha del estado de Michoacán, en promedio, el rendimiento de maíz en grano fue de 5 t/ha, mientras que en aquellos obtenidos en la parcela sin abono orgánico se obtuvo un rendimiento medio de 0.7 t ha⁻¹ (Contreras, 1984; Guerrero, 1987; Peto, 1991). De los trabajos experimentales que se llevaron a cabo en los Andisoles de la Sierra Purépecha del estado de Michoacán se hizo una comparación de la respuesta de maíz en grano (kg ha⁻¹) entre el nitrógeno proveniente de la porqueriza y el del fertilizante químico. Se observó un máximo rendimiento con la aplicación de 120 kg N ha⁻¹ del fertilizante químico, a partir de la cual hay señales de abatimiento, en tanto que el más alto de maíz en grano (4.7 t ha⁻¹) se obtuvo con la aplicación de 100 kg N ha⁻¹ del abono orgánico sin que hubiera señales de una caída de la curva de respuesta. Este efecto de

te químico. Se observó un máximo rendimiento con la aplicación de 120 kg N ha⁻¹ del fertilizante químico, a partir de la cual hay señales de abatimiento, en tanto que el más alto de maíz en grano (4.7 t ha⁻¹) se obtuvo con la aplicación de 100 kg N ha⁻¹ del abono orgánico sin que hubiera señales de una caída de la curva de respuesta. Este efecto de

la aplicación de abono orgánico como fuente de nutrimentos en el cultivo de maíz puede estar relacionado no solamente con el aporte de nutrimentos de la cerdasa, sino también con otros efectos químicos y biológicos del fertilizante orgánico, lo que señala que este subproducto tiene potencialidad para incrementar los rendimientos de maíz en la región de estudio.

Alcance y limitaciones del uso de los abonos orgánicos

Indudablemente los abonos orgánicos han sido usados en la agricultura con resultados satisfactorios; sin embargo, el uso de material orgánico no estabilizado puede tener efectos negativos, tales como la contaminación de acuíferos por la lixiviación de nitratos y la emisión de gases nitrogenados como el amoníaco y óxido nitroso. Respecto a la lixiviación de nitratos, Mahboubeh-Zarabi y Mohsen-Jalali, (2012) observaron que la cantidad de nitratos y amonio lixiviados debido a la aplicación al suelo de gallinaza y residuos de papa no estabilizados puede representar pérdidas económicas y efectos ambientales negativos considerables. Por ejemplo, estos autores observaron que en suelo franco arenoso con aplicación de gallinaza se lixiviaron 206.4 kg de N-nitrato ha^{-1} ; mientras que en suelo arcilloso con aplicación de gallinaza se perdieron 454.3 kg de N-amonio ha^{-1} . No obstante, la aplicación de compost proveniente de residuos orgánicos municipales mostró la cantidad más baja de lixiviación y pérdida de compuestos nitrogenados vía nitratos y amonio. Respecto a la emisión de amoníaco, Aneja *et al.*, (2007) mencionan que 80% proviene de actividades agropecuarias tales como manejo de estiércol de las explotaciones pecuarias y aviares, de la fertilización y las prácticas de manejo de fertilizantes. Finalmente, cabe mencionar que actualmente existen diversos métodos para transformar y estabilizar los residuos orgánicos; el compostaje sigue siendo un proceso biótico efectivo para este fin, aunque también se mencionan los abióticos, usando óxidos de metal y arcillas coloidales. Los residuos agrícolas estabilizados se pueden usar para restauración ecológica y productiva de suelos degradados y biorremediación de

Cuadro 5. Rendimiento de chile güero (*Capsicum annum* L.) con tratamientos de gallinaza, lombricompost y estiércol bovino equivalente a 200 kg de nitrógeno ha^{-1} en aplicación superficial e incorporado.

Componentes de Rendimiento	Abono orgánico superficial	Abono orgánico incorporado
	g planta ⁻¹	
Fruto	4.90	6.06
Hojas	3.73	4.29
Tallo	5.03	6.00
Total	13.66	16.35

Fuente: Cuervo-Osorio (2010).

suelos contaminados, principalmente, entre otros.

CONCLUSIÓN

El uso de abonos orgánicos estabilizados y la conservación e incremento de la materia orgánica será siempre importante en la sostenibilidad del suelo. El contenido adecuado de

materia orgánica se refleja en el potencial para la producción de los cultivos.

LITERATURA CITADA

- Aneja V. P., Blunden J., James K., Schlesinger W. H., Knighton R., Gilliam W., Niyogi D., Cole, S. 2007. Ammonia assesment from agriculture: status and national needs. *In: Ammonia emission in agriculture*. Eds G. J. Monteny & E. Hartung), Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. 44-51.
- Avnimelech Y. 1986. Organic residues in modern agriculture pp: 1-10 *In: The role of organic matter in modern agriculture* (Eds.). Y. Chen and Y. Avnimelech. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht.
- Brady N.C., Weil R. R. 2008. The nature and properties of soils. Revised fourteenth edition. Pearson Prentice Hall. New Jersey Columbus, Ohio. USA. 975 p.
- Castellanos R.J.Z. 1982. Memorias del Primer Ciclo Internacional de conferencias sobre la utilización de los estiércoles en la agricultura. Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey, A.C. Sección Laguna. Marzo 17-18,1982. Torreón, Coah. México.
- Contreras H.J.R. 1984. Efecto de la porqueraza en combinación con nitrógeno y fósforo en el rendimiento de maíz en los Andisoles de la Sierra Tarasca. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. México.
- Cuervo-Osorio V. D. 2010. Abonos orgánicos como insumo de nutrición vegetal en un sistema hidropónico alternativo. Tesis de Maestría en Ciencias. Postgrado de Edafología. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México.
- Donahue R.L., Miller R.W., Shickluna J.C. 1977. Soils. An introduction to soils and plant growth (Animal manures p. 289). Fourth edition. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Guerrero M. S. 1987. Fertilización del maíz (*Zea mays*) con porqueraza y su efecto residual en un Andisol de la Sierra Purépecha. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. México.
- Mathers A. C., Stewart B.A. 1980. The effects of feedlot manure on soil physical and chemical properties. In livestock waste: A Renewable Resources. Proceedings of the 4th International Symposium on Livestock Wastes. April 15-17. Amarillo, Texas. USA.
- Mahboubeh Z., Mohsen J. 2012. Leaching of nitrogen and base cations from calcareous soil amended with organic residues, *Environmental Technology*, 33:14,1577-1588.
- Peto C. J. 1991. Efecto de la porqueraza sobre la disponibilidad de N y P en un Andisol y Mollisol. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro

- de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México.
- Pool-Novelo L. 1997. Mejoramiento de la fertilidad del suelo en la agricultura sostenible de las laderas de Los Altos de Chiapas, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad de Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México.
- Romero-Lima M. R. 1997. Abonos orgánicos y químicos en producción, sanidad, absorción nutrimental de papa y efecto en el suelo. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad en Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México.
- Ruiz-Figueroa J.F. 2009. Ingeniería del compostaje. Universidad Autónoma Chapingo. 237 pp.
- Trinidad-Santos A. 1987. El uso de los abonos orgánicos en la producción agrícola. Serie Cuadernos de Edafología 10. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. México.
- Unger P.W., Stewart B.A. 1974. Feedlot waste effects on soil conditions and water evaporation. SSSAJ 38:954-957.
- Villaruel A.J.M. 1979. Respuesta del maíz y frijol a la aplicación de gallinaza, estiércol vacuno, zinc, manganeso y hierro en suelos de ciudad Serdán, Puebla bajo condiciones de campo e invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. México.

