

Producción sostenida de maíz utilizando fertilización mixta en agroecosistemas de temporal

*Fulgencio González Reyes¹, Juan Carlos González Cortés²,
María Alcalá de Jesús², Carlos Alberto Ramírez Mandujano³*

¹Estudiante Lic.en Biología, Universidad Michoacana; ²Lab. Edafología "Martha Bustos Zagal", Fac. Biología-UMSNH; ³Profesor e Investigador, Facultad de Biología-UMSNH.

Resumen

La agricultura convencional ha provocado la degradación del suelo y existe la necesidad de buscar alternativas para mejorar su productividad sin la adición de fertilizantes químicos. La incorporación de abonos orgánicos es una práctica que ha mostrado efectos benéficos en la producción del cultivo y conservación del suelo, siendo la vermicomposta un producto orgánico alternativo. El objetivo del presente estudio fue comparar el efecto de la vermicomposta combinada con dosis reducida de fertilización química (50%), respecto a la fertilización química convencional en la producción de maíz de temporal. El experimento se realizó en la comunidad de Joyas de la Huerta, municipio de Morelia, Michoacán en una parcela de 30 x 30 metros, bajo un diseño de bloques al azar, con 6 bloques y seis repeticiones, en cuadrantes de 5 X 5 metros. Los tratamientos fueron: Testigo absoluto, Tratamiento convencional, Lixiviado y Vermicomposta con 4, 8 y 16 ton ha⁻¹. Las variables evaluadas fueron el tamaño y grosor total de la planta, biomasa en hojas, tallos, raíces y la producción de grano. Los resultados mostraron que existen diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) en el crecimiento vegetativo y producción de biomasa (hojas, tallos y raíces) de los 5 tratamientos, comparados con el Testigo absoluto.

Sin embargo, la biomasa del grano fue ligeramente mayor con la fertilización química, pero no se encontraron diferencias significativas respecto a los tratamientos con vermicomposta. Los resultados sugieren que es factible substituir el uso de fertilizantes químicos por orgánicos, sin una reducción significativa en la producción de grano.

Palabras clave: Vermicomposta, suelo, productividad, biomasa, maíz.

Abstract

Sustained production of corn, using mixed fertilization in agro temporary

Conventional agriculture has caused soil degradation and there is a need for alternatives to improve productivity without the addition of chemical fertilizers. Add organic fertilizers is a practice that has shown good effects on crop production and soil conservation, an alternative vermicompost organic product. The aim of this study was to compare the effect of vermicompost combined with low quantities of chemical (50%) fertilization, compared to conventional chemical fertilization in corn production. The experiment was conducted in the community of Joyas de la Huerta, Michoacan, Morelia, on a acreage of 30 x 30 m, with a of 6 x 6 random blocks separation and a grid of 5 x 5 m. The treatments were: absolute control, conventional treatment, leachate and vermicomposta with 4, 8 and 16 ton ha⁻¹. The control variables were the size and total thickness of the plant biomass in leaves, stems, roots and grain production. The results showed significant differences (Tukey, $p \leq 0.05$) in the vegetative growth and biomass production (leaves, stems and roots) of the 5 treatments, compared with the absolute control. However grain biomass was slightly higher with chemical fertilization, but no significant differences were found related to the treatment with vermicompost. The results suggest that it is feasible to replace the use of chemical fertilizers for organic, without upsetting the production.

Key words: Vermicompost, soil, productivity, biomass, corn

Introducción

El suelo es considerado como uno de los recursos naturales más importantes para el ser humano, de ahí la necesidad de conservar y mejorar su productividad, para que a través de él y las prácticas agrícolas adecuadas se establezca un equilibrio entre la producción de alimentos y el acelerado incremento demográfico (Porta *et al.*, 1994).

El uso de los fertilizantes inorgánicos ha ocasionado contaminación al campo y al manto freático debido a que tienden a lixiviarse rápidamente. Las prácticas agrícolas inadecuadas llevadas a cabo durante décadas, aunado a la adición excesiva de fertilizantes y agroquímicos han conducido a un desequilibrio de la microflora del suelo (Terry *et al.*, 2005), lo cual se manifiesta en una disminución de la eficiencia de mineralización y humificación de la materia orgánica del suelo e incremento en la incidencia de enfermedades radiculares (Díaz *et al.*, 2001; Santillana, 2006).

En la actualidad se hace énfasis en la necesidad de establecer prácticas que permitan mantener el nivel de productividad de los suelos, incrementar la producción agrícola y preservar los ecosistemas en el tiempo (Matheus *et al.* 2007).

El uso de compostas como bioabonos o acondicionadores de suelos se propone como una tecnología alternativa a la fertilización química, práctica que resulta costosa y poco accesible a los pequeños productores (Gallardo, 1995). El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia para la agricultura, ya que es una respuesta a la mejora de las prácticas agrícolas (Nieto-Garibay *et al.*, 2002). Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen la composta y la vermicomposta, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen & Carey 2004).

La vermicomposta es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices (Edwards *et al.*, 1984), que incrementa la materia seca de los cultivos (Albuzio *et al.*, 1994), el crecimiento de la raíz y la parte aérea de la planta; la productividad se debe a la actividad hormonal de los ácidos húmicos debido a su implicación de la respiración celular, fotosíntesis, fosforilación oxidativa, síntesis de proteína y varias reacciones enzimáticas. Los acondicionadores y mejoradores del suelo son recursos naturales de extraordinaria importancia para corregir limitantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos con vocación agrícola (Atiyeh *et al.*, 2002a).

Amossé *et al.* (2013) encontraron que la composta y vermicomposta favorecen el desarrollo de lombrices de *Dichogaster bolau* (Michaelsen, 1891) e influyen sobre las poblaciones de bacterias y virus en el suelo, lo que implica un funcionamiento dinámico de la flora y fauna edáfica en el reciclaje de nutrientes y por tanto en el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

La producción de maíz, por tradición, es necesaria para la alimentación de la población rural y urbana del país, para la ganadería y para la creciente industria y su evolución ha sido importante, ya que pasó de ser un país exportador a importador debido a las crecientes demandas que generan una balanza de producción-consumo desfavorable en los últimos años. Actualmente el desarrollo de Agricultura Orgánica va en aumento, millones de personas exigen cada día más al productor, productos de calidad y sin residuos contaminantes que afectan al organismo y al medio ambiente (SAGARPA-SIAP, 2010), es por ello, que se realizó este estudio de investigación, en el cual se prueba un producto orgánico que es la vermicomposta para evaluar su efecto sobre la biomasa aérea (hojas, tallo y fruto) y radicular en cultivo del maíz de temporal, bajo condiciones de campo. Lo anterior, considerando que en su mayoría los estudios realizados sobre el tema, se han efectuado bajo condiciones de invernadero y utilizando dosis elevadas de mejoradores orgánicos lo cual limita su utilidad práctica.

La producción de maíz

El maíz es uno de los cuatro principales cultivos en el mundo, así como el trigo, arroz y cebada. México aporta el 3% de la producción mundial, ubicándose en el 4º lugar mundial en producción (FAO, 2007).

En México su producción ocupa el 50.3% de la superficie agrícola sembrada, equivalente a 8.07 millones de hectáreas. Existen poco más de 3 millones de productores de este grano, de éstos, aproximadamente 90% tienen parcelas menores de cinco hectáreas y más de 80% utilizan semilla propia, adaptada a una enorme diversidad de situaciones geo-climáticas (SAGARPA, 2006b). Éste es uno de los cultivos más importantes y comerciales de nuestro país, dada la diversidad de usos que presenta, como consumo doméstico para la alimentación humana y animal, como materia prima de bajo costo para la fabricación de más de 3,500 productos y para las aplicaciones industriales como el jarabe de maíz con alto contenido de fructosa, que ha sustituido al azúcar como edulcorante en las bebidas carbonatadas (InfoAgro, 2004).

En el 2009 México produjo 7 millones de ha de maíz blanco con un rendimiento de 3.27 ton ha⁻¹ y 370 mil ha de maíz amarillo con un rendimiento de 4.49 ton ha⁻¹, de los cuales 80% se siembra con maíz criollo y el 20% con semillas mejoradas, principalmente en buen temporal y riego (SIAP, 2009).

Los principales productores de maíz en México son Sinaloa, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Chiapas, Guanajuato y Guerrero; los cuales aportan el 70% de la producción Nacional (SAGARPA, 2006a).

En el Estado de Michoacán durante el año 2008 se sembraron alrededor de 450 mil hectáreas de maíz, el 81% en agricultura de temporal y el 19% bajo riego. Se cosecharon 1.6 millones de toneladas bajo temporal, con un rendimiento promedio de 2.9 ton ha⁻¹ y 0.6 millones de toneladas bajo riego, con un rendimiento promedio de 6.0 ton ha⁻¹. Con esta producción Michoacán ocupó el cuarto lugar nacional como productor de maíz y aportó el 6.56% a la producción total de México. Se estima que alrededor de 70% de la superficie se siembra con variedades criollas y el restante con variedades mejoradas en agricultura de temporal (SAGARPA, 2006a).

Las regiones de mayor producción de maíz son: Ciénega de Chapala, Oriente, Centro y Tierra Caliente con una producción de 291 726.44, 245 967.93, 222 599.46 y 115 899.00 ha⁻¹, respectivamente. Las regiones Ciénega de Chapala y Centro presentaron un rendimiento promedio de 4.38 y 3.89 ton ha⁻¹; respectivamente, debido principalmente al uso de variedades mejoradas (más del 90 %) en áreas de riego (SAGARPA, 2003).

Fertilización química y orgánica

Prácticamente el 80% de la superficie agrícola del país usa fertilizantes químicos, o llegó a usar, obviamente en diversas dosificaciones, dependiendo sobre todo de la capacidad económica del productor; pero en todos los casos esta práctica se aplica sin el rigor técnico requerido, sin contar con la información previa del tipo de suelo, sus características, disponibilidad y limitación de nutrientes, del cultivo y sus requerimientos, etc. simplemente se aplica el fertilizante con un pragmatismo que raya en la irresponsabilidad, ya que resulta altamente costoso, ineficiente y contaminante. Se estima que del fertilizante químico que se aplica al suelo sólo es aprovechado por la planta entre 30 y 40%, el resto se desperdicia. El 60 o 70% del fertilizante que se aplica al suelo se filtra para contaminar los mantos freáticos, se escurre para contaminar ríos y cuerpos de agua o se pierden como gases contaminantes a la atmósfera, contribuyendo a la destrucción de la capa de ozono y al calentamiento de la tierra (FAO, 2007).

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia,

edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000). Además, la materia orgánica que contiene, ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980).

Manjarrez *et al.* (1999) Mencionaron que la vermicomposta como sustrato permitió satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos hortícolas en invernadero, así como reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos.

Cooke (2002), indica que algunos de los méritos que se atribuyen a los fertilizantes orgánicos son los siguientes: el nitrógeno y el fósforo presente no son solubles en agua a medida que el fertilizante se descompone en el suelo, esos nutrientes pueden liberarse con lentitud, en una tasa equiparable a la absorción por las plantas.

Acuña (2003) y Soto (2003). Sostienen que con práctica de fertilización orgánica, se reciclan componentes nutricionales de estos desechos y se mejora la calidad física, química y biológica del suelo. El abono orgánico ofrece la ventaja de restablecer el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico del suelo; incrementa la cantidad y diversidad de la flora microbiana benéfica, permite la reproducción de lombrices de tierra al tiempo que libera los elementos químicos que las plantas necesitan.

Soleri *et al.* (2006) y Perales *et al.* (2005), encontraron que las variedades criollas de maíz requieren menos agroquímicos a diferencia de las semillas mejoradas e híbridas, ya que gran parte de su rentabilidad se explica por el uso de los mismos.

Nieto-Garibay *et al.* (2002), encontraron que los abonos orgánicos pueden satisfacer la demanda de nutrientes de los cultivos, reduciendo significativamente el uso de fertilizantes químicos y mejorando las características de los vegetales consumidos, además, los abonos orgánicos mejoran las características de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación.

Importancia de la vermicomposta para el desarrollo de los cultivos

Con respecto a la reutilización de los residuos, se destaca que desde tiempos inmemorables, la lombriz de tierra se consideró como un animal ecológico por definición. El papel de las lombrices en el mejoramiento de las tierras de cultivo fue ampliamente conocido en Egipto, ya que gran parte de la fertilidad del Valle del Nilo dependía de su actividad. Las lombrices de tierra utilizan residuos, de origen animal,

vegetal, industrial y humano, como fuente de energía para su metabolismo y generan deyecciones, mismas que por sus características fisicoquímicas y biológicas se convierten en un abono orgánico y ecológico de alta calidad, denominado vermicomposta.

Aunque el abono orgánico, entre los que se encuentra la vermicomposta, es uno de los fertilizantes más antiguos, desde hace algunos años ha tomado relevancia el uso de este producto como fertilizante para la producción agrícola, particularmente a partir de la década de 1980, mediante el establecimiento de sistemas de desarrollo integrado de nutrición de plantas en los que se promueve el empleo de fuentes orgánicas de nutrimentos, lo que constituye un enfoque sustentable (ecológica, social y económicamente viable) y ambientalmente correcto de manejo de los sistemas agrícolas, los materiales orgánicos no solo suplen nutrimentos, sino que también mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo incrementando la productividad de los sistemas agrícolas en el tiempo (Valerio, 2000).

Abonos orgánicos y crecimiento vegetativo

Se han realizado varios trabajos aplicando abonos orgánicos a diferentes cultivos, con el fin de evaluar el crecimiento de las plantas, su producción y al mismo tiempo devolver la fertilidad de los suelos de cultivo.

Atiyeh *et al.* (2000), en ensayos de invernadero, encontró que el crecimiento de plántulas de maravillas (*Caléndula*) y tomate se incrementó significativamente al sustituir el medio de crecimiento comercial Metro-Mix 360 con 10 o 20% de desechos de cerdo vermicomposteados o de residuos de alimentos vermicomposteados, cuando todos los requerimientos nutritivos fueron suministrados.

Atiyeh *et al.* (2000), afirma que la vermicomposta generada a partir de estiércol de ganado vacuno, estimuló el crecimiento de las plantas de tomate y lechuga en comparación con el estiércol a partir del cual se generó la vermicomposta.

Atiyeh *et al.* (2002b), señalan que la mayor respuesta de crecimiento y de rendimiento de las plantas se ha presentado cuando las vermicompostas constituyen una proporción relativamente pequeña (10 - 40%) del volumen total del medio de crecimiento de la planta dentro de los cuales estos materiales son incorporados. Generalmente, ni proporciones más grandes o más reducidas de

vermicompostas, ni sustituyendo a los medios de crecimiento han incrementado el crecimiento de las plantas.

Atiyeh *et al.* (2002b), menciona que los efectos de las vermicompostas sobre el crecimiento de diversos cultivos incluyendo cereales y leguminosas, especies vegetales, plantas ornamentales y florales han sido evaluados bajo condiciones de invernadero y en un menor grado bajo condiciones de campo.

En un estudio realizado por Arancon *et al.* (2004), se encontró que la aplicación de la vermicomposta sobre el crecimiento de tomates, fresas y pimienta, tuvo aumentos significativos de peso del retoño, hojas y de frutas, comparado con aquellos tratados con fertilizantes inorgánicos, lo que sugiere que posiblemente podrían estar previstas parcialmente aumentos microbianos al suelo después de aplicar lombricompostaje, conduciendo a la producción de hormonas o humus que actúan como reguladores de crecimiento de las plantas.

Abonos orgánicos y producción de maíz

González (2001), reportó el uso de vermicomposta como sustrato para la producción de maíz, con la finalidad de observar su comportamiento y eficiencia agronómica en un ciclo de crecimiento bajo condiciones de invernadero, favoreciendo el crecimiento y productividad de las diferentes variedades.

Matheus *et al.* (2007), probaron la eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicomposta, composta, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays*). Señalan que la vermicomposta sola y mezclada con fertilizante químico superó ampliamente al tratamiento con fertilizante químico de referencia, en cuanto a la producción de biomasa, lo que indica claramente el efecto residual de los abonos orgánicos.

Materiales y métodos

Localización de la parcela experimental

El presente trabajo se realizó en la comunidad de Joyas de la Huerta, municipio de Morelia, en el estado de Michoacán y que se encuentra dentro del cuadrante 19°36'52.05" y 19°37'02.32" latitud Norte y 101°18' 29.25" y 101°18' 42.79" longitud Oeste (Fig. 1). El centro de la parcela experimental se encuentra en las coordenadas

19°36' 57.12" latitud Norte y 101°18' 36.30" longitud oeste con una altitud de 2114 msnm (INEGI-CONAGUA, 2007).

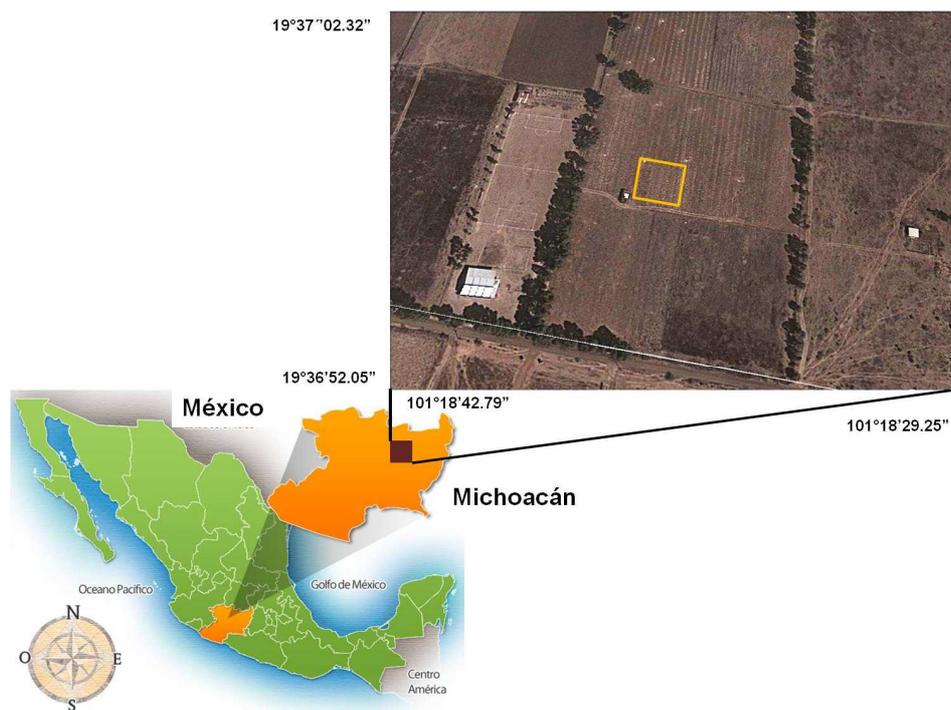


Figura 1. Macro y micro-localización de la parcela experimental.

Características generales del área

De acuerdo a las estadísticas climatológicas básicas del estado de Michoacán (período 1954-2004 para temperatura y 1964-1999 para precipitación) de la estación climatológica Santiago Undameo, de acuerdo con la clasificación de Köppen, el clima que predomina en la región es del tipo Cb(w2)(w)(i')g: clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Con una temperatura media anual de 15.6 °C y precipitación media anual de 820 mm, con oscilación térmica >5°C (Carlón y Mendoza, 2007).

Considerando la geología la zona agrícola donde se ubica la parcela, se encuentra sobre roca ígnea extrusiva de tipo basáltico y andesítico (**Qb**) (Ramos, 2012). El

suelo de la parcela experimental corresponde a Luvisoles, suelos considerados como bien desarrollados con una saturación de bases $\geq 50\%$ (SEEM-UMSNH, 2003). Análisis previos, realizados en el Laboratorio de Investigación en Edafología, a muestras de suelo de este sitio, mostraron que tiene una textura franco-arcillosa, densidad aparente media de 1.14 g cm^{-3} , porosidad media (50%), pH ligeramente ácido (6.3), contenido medio de materia orgánica (2.3%) y una capacidad media de intercambio de cationes $28 \text{ Cmol}(+)\text{kg}^{-1}$, de acuerdo con Muñoz *et al.* (2013)

Trabajo de campo

En el mes de mayo se barbechó con tractor para remover el suelo. Se sembró en la primera semana de junio, con una densidad de $28\ 800$ plantas ha^{-1} , con una distancia de 38 cm entre las plantas y 90 cm entre los surcos. Como material de siembra se utilizaron semillas de maíz criollo de la región, seleccionados previamente por el agricultor.

TABLA 1
Dosis y tiempo de aplicación de fertilizantes utilizados en los tratamientos.

Tratamientos	Dosis ton (v)	Dosis	Dosis	Dosis	Aplicación
	+ kg (f)/ ha^{-1}	kg/25 m^2	kg/ m^2	g/planta	
T. Absoluto (TA)	0	0	0	0	0
T. Convencional (TC)	640	1.6	0.064	22.22	45 d.d.s
Lixiviado (L)	16 m^3	40 l	1600 ml	556 ml	15 y 45 d.d.s
Vermicomposta (TV4)	4 + 324.3	10 + 0.81	0.4 + 0.03	138.88 +11.25	15 y 45 d.d.s
Vermicomposta (TV8)	8 + 324.3	20 + 0.81	0.8 + 0.03	217.77 +11.25	15 y 45 d.d.s
Vermicomposta (TV16)	16 + 324.3	40 + 0.81	1.6 + 0.03	555.55 +11.25	15 y 45 d.d.s

v=vermicomposta, f=fertilizante, d.d.s.=días después de la siembra

Diseño experimental

Se seleccionó un sitio en el área agrícola y se delimitó una superficie de 30 x 30 metros, la cual fue dividida en 36 cuadrantes de 5 x 5 metros cada uno. El diseño experimental fue de bloques al azar (6) con 6 repeticiones.

Los tratamientos estuvieron determinados por las dosis de cada uno de los productos orgánicos, como se muestra en la tabla 1.

Características de los mejoradores abonos orgánicos aplicados

La vermicomposta se obtuvo a partir de estiércol bovino, porcino y desechos de jardín, utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el Jardín botánico Nicolaita. El lixiviado de vermicomposta, se obtuvo a partir de los escurrimientos de las camas de vermicomposta, colectado al final del proceso.

Los mejoradores de suelo utilizados fueron enviados a diferentes laboratorios de investigación para sus análisis físicos y químicos. Las muestras de vermicomposta se enviaron al Centro de Estudios de medio Ambiente (CEMA) que es un laboratorio certificado, y el lixiviado fue caracterizado en el Laboratorio de Investigación en Análisis Químico de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Los resultados se muestran en las tablas 2 y 3.

TABLA 2
Características químicas de la vermicomposta,
obtenidas con base en la NOM-021-RECNAT-2000.

PARÁMETROS DE LABORATORIO	U	CONCENTRACIÓN
CIC	meq/100	42.4
MATERIA ORGANICA	%	23.84
NITROGENO TOTAL K	%	1.27
FOSFORO TOTAL	ppm	3.28
POTASIO	ppm	512.49
MAGNESIO	ppm	335.8
CALCIO	ppm	1010.0
SODIO	ppm	85.1

TABLA 3
Características fisicoquímicas del lixiviado de vermicomposta.

PARAMETRO	MUESTRA
Color	Café claro
Olor	Sin olor
Conductividad E. ($\mu\text{S}/\text{cm}.$)	880
pH	8.2
Sólidos sedimentables (ml/L)	0.8
Acidez (mg /L)	3.2
Alcalinidad a la fenolftaleína (mg/L)	0.0
Alcalinidad al anaranjado de metilo ó total (mg /L)	2740
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5 (mg /L)	22.34
Cloruros (mg /L)	30.49
Dureza total (mg /L)	800
Dureza de calcio (mg /L)	150
Dureza de magnesio (mg /L)	650
Sulfatos (como $\text{SO}_4 =$) (mg/L)	4.78
Nitritos (mg/L)	7.22
Fósforo reactivo (mg/L)	0.78
Fósforo total (mg/L)	0.78

Fertilización-abonamiento

La aplicación de lixiviado y vermicomposta se realizó en dos etapas (a los 15 y 45 días) y el fertilizante convencional que se aplicó solo una vez, a los 45 días después de la siembra. La fertilización convencional consistió en una mezcla de 3 bultos de sulfato de amonio (20.5-00-00), con un bulto de súper fosfato triple de calcio (00-46-

00). De esta mezcla se aplicó 1.6 kg por tratamiento equivalente a 22.22 gramos por planta. Se registró un promedio de 72 plantas por cuadrante y la aplicación del fertilizante se realizó a nivel superficial cerca de la planta. El lixiviado se aplicó directamente a nivel de raíz, con el apoyo de una regadera manual, con una concentración de 1 litro de lixiviado aforado a 20 litros de agua por cuadrante.

Las tres diferentes dosis de vermicomposta se aplicaron alrededor de las plantas y a nivel superficial en cada cuadrante en forma manual, adicionando a los tres tratamientos 800 g/25m² de fertilizante convencional como auxiliar para el crecimiento de las plantas, que equivale a 11.11 gramos para cada planta, es decir, el 50% de lo que se aplica normalmente.

La limpieza de la maleza se hizo de forma manual, utilizando herramientas de mano, para no utilizar herbicidas o insecticidas.

Evaluación del crecimiento vegetativo

Durante el desarrollo vegetativo del cultivo, se realizó una visita cada 15 días, para tomar los datos de tamaño y grosor de las plantas, en cada uno de los tratamientos establecidos, empezando 15 días después de la siembra, hasta que la altura y el grosor se mantuvieron constantes que fue a los 4 meses aproximadamente y a partir de esta fecha la mediciones se tomaron cada mes hasta el mes de noviembre. Para ello se tomaron 30 plantas por cuadrante.

La altura se midió con una cinta métrica desde el nivel del suelo hasta la parte más alta de la planta expresado en cm y el grosor se midió al nivel del segundo fragmento del tallo (aproximadamente a 30 cm del suelo), con un vernier expresado en mm.

Obtención de material vegetal

El corte de las plantas se realizó a los 4 meses y medio después de la siembra del maíz, cuando se detuvo el crecimiento vegetativo. En cada cuadrante se cortaron 3 plantas para determinar la biomasa de cada una de sus partes, este trabajo se realizó de forma manual para desprender las mazorcas del tallo, con la ayuda de un cuchillo para desprender las hojas y el corte del tallo se realizó con el apoyo de un machete a nivel del suelo, para después fragmentarlo en pedazos de 20 cm aproximadamente. Al momento de que se iban desprendiendo cada una de estas partes se depositaban en bolsas de papel. La extracción de las raíces se llevó a cabo con la ayuda de una pala, eliminando en lo posible el suelo adherido a las mismas y depositadas en bolsas de plástico.

La cosecha del fruto, se realizó en forma manual durante los últimos días del mes de octubre cuando las plantas estaban secas y los granos lograron la madurez y secado ambiental en la parcela experimental. Se recolectaron las mazorcas y se depositaron en bolsas de papel para su traslado al laboratorio.

Trabajo de laboratorio

El material vegetal obtenido en campo (hojas, tallos, mazorcas y raíces) se transportó en bolsas de papel o de plástico al laboratorio de Edafología de la Universidad Michoacana para su procesamiento.

Determinación de Biomasa

Las diferentes partes de las plantas (hojas, tallo, raíces) contenidas en las bolsas de plástico, fueron sometidas a un proceso de secado en una secadora botánica. El tiempo de secado varió para cada parte de la planta de maíz: tallos y mazorcas 21 días, hojas 7 días y raíces 5 días.

Durante el secado se pesaban 8 muestras cada dos días, hasta obtener un peso constante.

Variables evaluadas del fruto (mazorca)

Se obtuvo el peso de la mazorca, que considera el peso total (granos + olote), así como el peso de las semillas por mazorca utilizando una balanza semi-analítica (0.01 de precisión) marca Sartorius Modelo PT600.

Considerando el peso del grano y el número de plantas por superficie, se calculó el rendimiento en ton ha^{-1} .

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) para los parámetros que se evaluaron como la biomasa de las plantas y las diferentes variables de las mazorcas. Se utilizó el programa JMP v.6.0.0 (SAS Institute Inc. 2005).

Resultados

Crecimiento vegetativo

El crecimiento promedio de las plantas evaluadas con los diferentes tratamientos fue similar en los primeros 45 días, pero a los 60 días y hasta la madurez se notó la separación en el crecimiento con los diferentes tratamientos. En la figura 2 se observa un menor crecimiento de la planta respecto al testigo absoluto (TA), al cual no se le aplicó ningún tipo de fertilizante, de igual manera el tratamiento con lixiviado (TL) tuvo un menor crecimiento, pero fue mayor que el TA, y menor que TC y las diferentes dosis de vermicomposta.

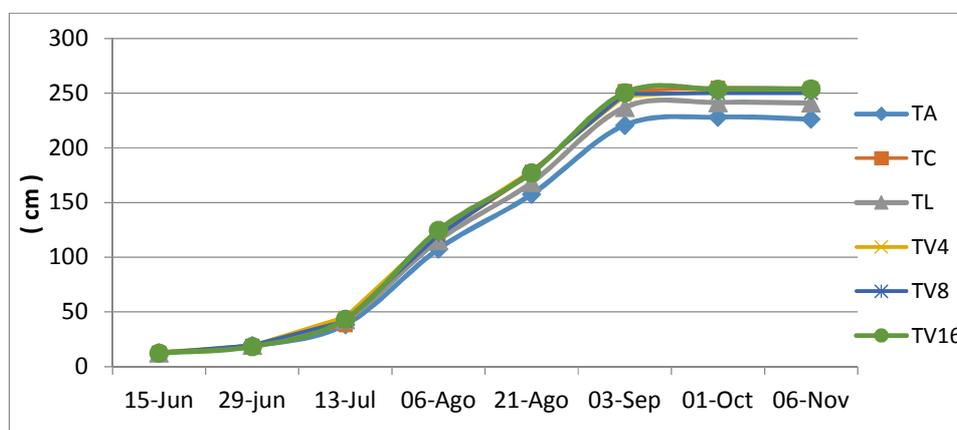


Figura 2. Curva de crecimiento de plantas de maíz criollo, bajo diferentes tratamientos. TA=Tratamiento absoluto, TC=Tratamiento convencional, TL=Lixiviado de vermicomposta, TV4= 4 t ha⁻¹ vermicomposta, TV8= 8 t ha⁻¹ vermicomposta y TV16=16 t ha⁻¹ vermicomposta.

En tanto que los tratamientos TV4, TV8 y TV16 aunque son ligeramente menores al TC, presentaron un crecimiento similar con al tratamiento convencional (TC) que siempre se mantuvo por encima de los demás, con una altura promedio de 254.3 cm y 253.8 cm para el TV16 que es el que compitió mejor con el TC.

Biomasa de las hojas

En todos los tratamientos se obtuvieron cantidades mayores de biomasa foliar en comparación con el testigo absoluto (TA). Las tres dosis de vermicomposta y el lixiviado fueron aún mayores que el TC. De los tres tratamientos con vermicomposta el V4 es el que produjo la mayor cantidad de biomasa con un promedio de 30.49 gramos por planta en comparación con el TC que produjo 22.96 gramos por planta.

El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$) mostró diferencias significativas del tratamiento V4 respecto al control absoluto (TA), como se muestra en la figura 3. Sin embargo, existe una similitud con el resto de los tratamientos.

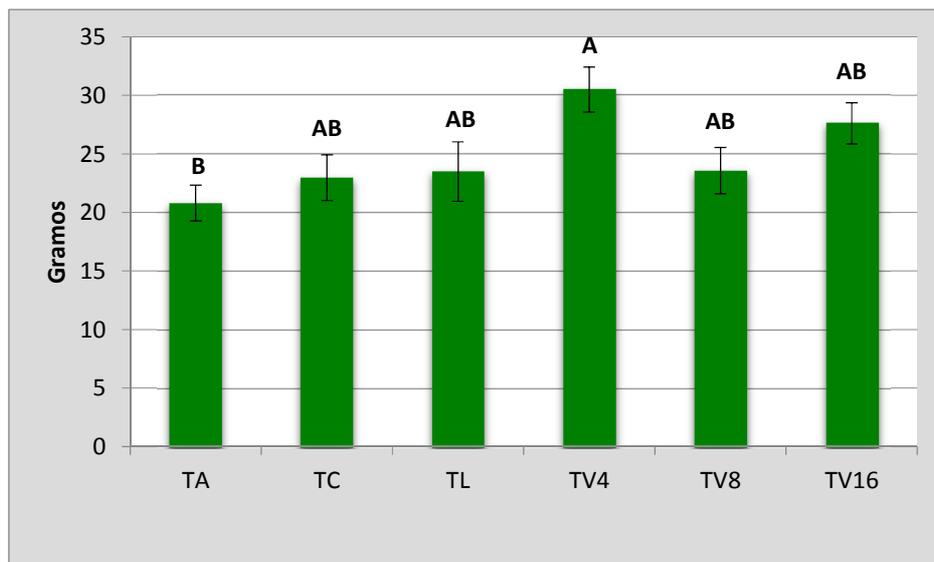


Figura 3. Producción de biomasa seca de hojas de maíz criollo, bajo diferentes tratamientos: TA=Tratamiento absoluto, TC=Tratamiento convencional, TL=Lixiviado de vermicomposta, TV4= 4 t ha⁻¹ vermicomposta, TV8= 8 t ha⁻¹ vermicomposta y TV16=16 t ha⁻¹ vermicomposta.

Biomasa de los tallos

En los tallos la producción de biomasa también fue mayor en todos los tratamientos en relación con el testigo absoluto, aquí el TL se mantuvo por encima del TA y por debajo de los tres tratamientos con vermicomposta, pero mostrando una reducción en comparación con el TC.

En los tres tratamientos con vermicomposta se obtuvieron valores más altos en comparación con el TC, siendo el tratamiento TV4 el que tuvo la mayor producción con 113.82 gramos por planta en comparación al TC que fue de 98.97 gramos por planta.

En este caso la comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) mostró diferencia significativa respecto al TA de los tratamientos V4 y V16, que tuvieron la mayor producción de biomasa y una similitud con los demás tratamientos (Figura 4).

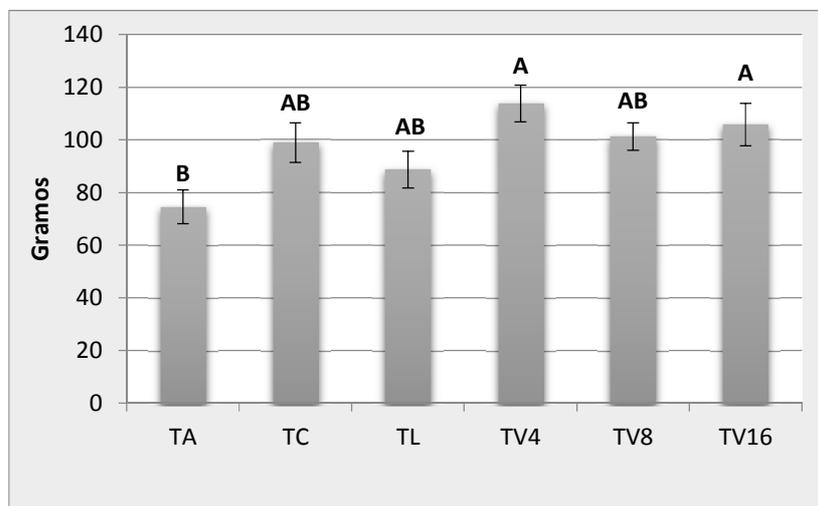


Figura 4. Producción de biomasa seca del tallo de maíz criollo, bajo diferentes tratamientos: TA=Tratamiento absoluto, TC=Tratamiento convencional, TL=Lixiviado de vermicomposta, TV4= 4 t ha⁻¹ vermicomposta, TV8= 8 t ha⁻¹ vermicomposta y TV16=16 t ha⁻¹ vermicomposta.

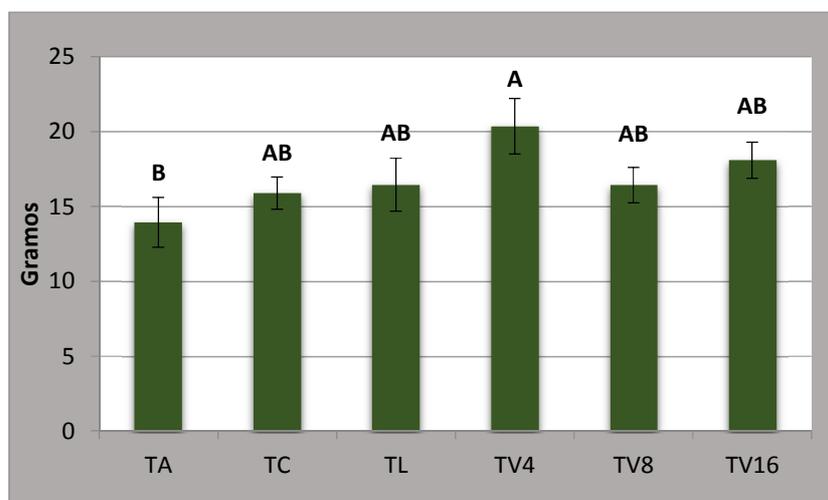


Figura 5. Producción de biomasa seca de raíces de maíz criollo, bajo diferentes tratamientos: TA=Tratamiento absoluto, TC=Tratamiento convencional, TL=Lixiviado de vermicomposta, TV4= 4 t ha⁻¹ vermicomposta, TV8= 8 t ha⁻¹ vermicomposta y TV16=16 t ha⁻¹ vermicomposta.

Biomasa de las raíces

En cuanto a la producción de biomasa de las raíces el comportamiento fue similar a la producción de hojas, ya que todos los tratamientos fueron superiores al TA, sin embargo los tratamientos con vermicomposta fueron mayores que el TC, y como en los casos anteriores el tratamiento que tuvo la mayor producción fue el V4 con 20.35 gramos por planta en relación con el TC que tuvo 15.88 gramos por planta.

La comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) mostró diferencia significativa entre el control y tratamiento con vermicomposta V4, pero este último fue similar al resto de los tratamientos (Figura 5).

Biomasa de la mazorca después de la cosecha

El peso de las mazorcas (incluyo granos de maíz y olote) fue mayor en todos los tratamientos en comparación con el TA. Aun cuando la biomasa en el tratamiento TV16 fue mayor de los tratamientos orgánicos, quedó por debajo del TC (Figura 6).

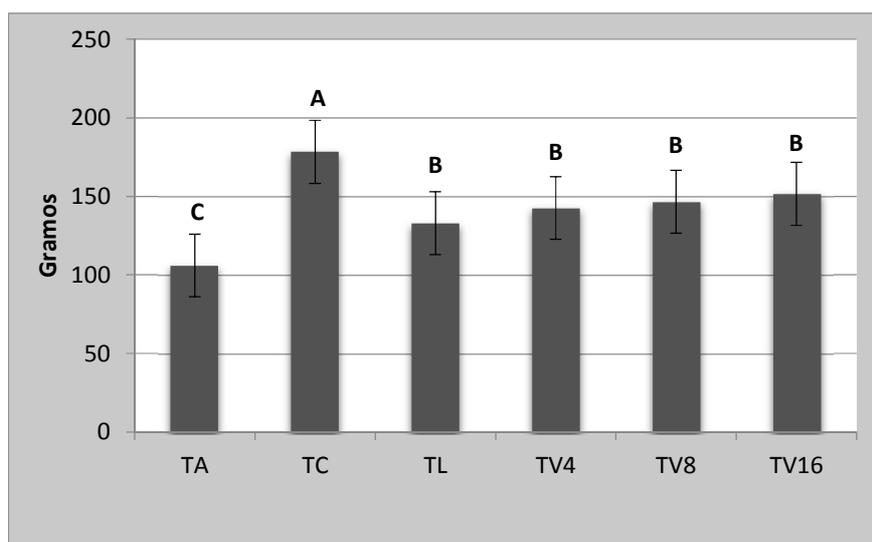


Figura 6. Peso promedio de mazorcas de maíz criollo, bajo diferentes tratamientos: TA=Tratamiento absoluto, TC=Tratamiento convencional, TL=Lixiviado de vermicomposta, TV4= 4 t ha⁻¹ vermicomposta, TV8= 8 t ha⁻¹ vermicomposta y TV16=16 t ha⁻¹ vermicomposta.

El análisis de varianza nos muestra que hay una diferencia significativa entre el TA, TC y las dosis de vermicomposta, ya que el peso de la mazorca del TA fue de 106

gramos, del TV16 fue de 152 gramos y del TC que tuvo el mayor peso por mazorca fue de 178 gramos.

Peso de semillas de la mazorca

En esta variable, el TA tuvo el menor peso de las semillas en relación con los demás tratamientos. Los tratamientos orgánicos mostraron valores similares entre sí, observándose una competencia adecuada entre los tratamientos TV8 y TV16 con el TC, siendo el V16 el que tuvo el mayor peso que fue de 131.92 gramos, pero menor que el TC que tuvo 147.64 gramos por planta (Figura 7).

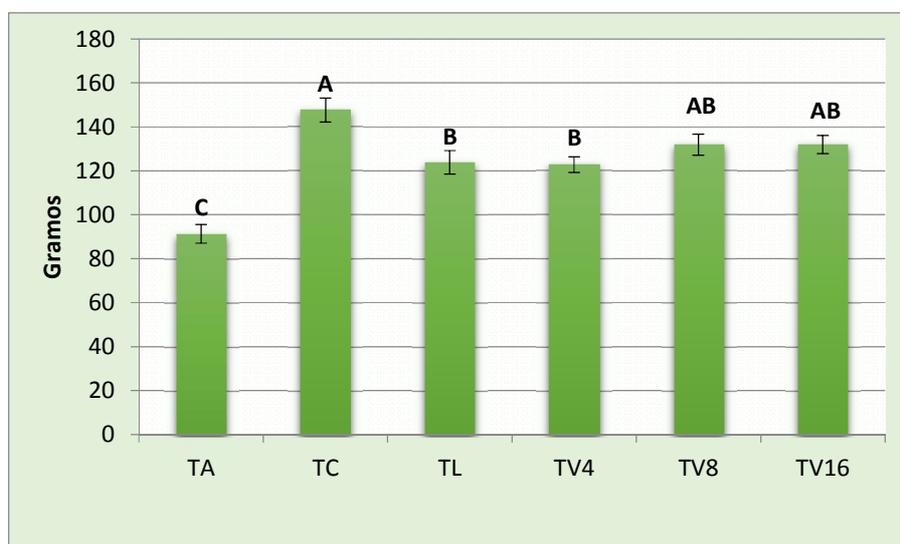


Figura 7. Peso promedio de semillas por mazorca en maíz criollo, bajo diferentes tratamientos: TA=Tratamiento absoluto, TC=Tratamiento convencional, TL=Lixiviado de vermicomposta, TV4= 4 t ha⁻¹ vermicomposta, TV8= 8 t ha⁻¹ vermicomposta y TV16=16 t ha⁻¹ vermicomposta.

La prueba de Tukey ($p < 0.05$) mostró que hay una diferencia significativa entre el TA y los demás tratamientos. En tanto TV8 y TV16 no mostraron diferencia significativa respecto al TC, indicando un buen nivel de competencia.

Rendimiento del grano por hectárea

El rendimiento del grano de maíz en toneladas por hectárea se observa en la figura 8, observando diferencias significativas de los tratamientos con respecto al control, pero no entre los tratamientos TC, TL y las diferentes dosis de vermicomposta, lo cual indica que la densidad de plantas es determinante para estimar el rendimiento

absoluto. Los tratamientos con vermicomposta variaron de 3.591 a 4.012 ton ha⁻¹, con el máximo para el tratamiento convencional con 4.084 ton ha⁻¹.

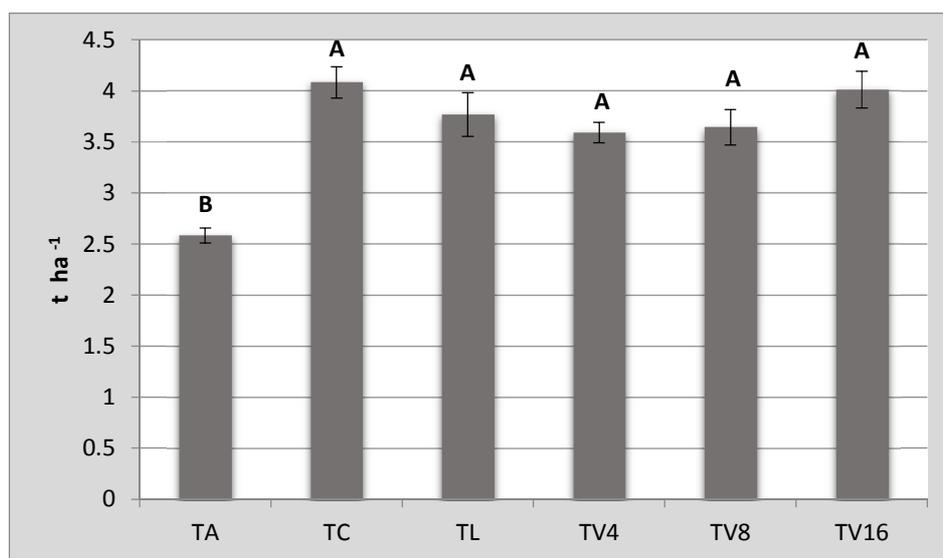


Figura 8. Rendimiento del grano en maíz criollo, bajo diferentes tratamientos: TA=Tratamiento absoluto, TC=Tratamiento convencional, TL=Lixiviado de vermicomposta, TV4= 4 t ha⁻¹ vermicomposta, TV8= 8 t ha⁻¹ vermicomposta y TV16=16 t ha⁻¹ vermicomposta.

Lo anterior muestra el potencial del uso de la vermicomposta como fertilizante orgánico respecto a los fertilizantes químicos.

Discusión y conclusiones

Desarrollo vegetativo de la planta

Los resultados obtenidos mostraron que existe un efecto favorable de la vermicomposta sobre el crecimiento del cultivo de maíz, al obtener la mayor altura con estos tratamientos particularmente el TV16, lo que se atribuyó al aporte de elementos nutritivos y mejoramiento de las propiedades del suelo de acuerdo con lo señalado por Atiyeh *et al.*(2000) bajo condiciones de invernadero. En el tratamiento absoluto además de la menor altura, se observó amarillamiento y raquitismo en general. El tratamiento con lixiviado mostró menor eficiencia para el crecimiento, lo cual se atribuye a que al ser una solución y aplicarse a nivel radicular existió mayor pérdida de su contenido nutricional durante las lluvias por lixiviación, en tanto que la vermicomposta al ser sólida libera gradualmente los nutrientes y

contribuyó a conservar la humedad del suelo. Estos resultados se concuerdan con los obtenidos por Astudillo (2001), quien aplicó diferentes fuentes de materia orgánica a un cultivo de maíz, (Bocashi 2000 Kg ha⁻¹; Humus 2000 Kg ha⁻¹ y Bioabor 1000 Kg/ha), encontrando que no hubo diferencias significativas en relación con el testigo químico.

Producción de Biomasa

Con base en los resultados experimentales obtenidos, se determinó que las diferentes dosis de vermicomposta influyeron significativamente en la producción de biomasa de las hojas, tallos y raíces, ya que mostraron una mayor producción en comparación con el TA, TL e incluso TC. Los tratamientos V4 y V16 mostraron mayor producción de biomasa en cada una de las partes de la planta, aun comparándolos con el TC.

No obstante que los tratamientos con vermicomposta mostraron mayor producción de biomasa en hojas, tallos y raíces, en mazorcas no se observó el mismo efecto, siendo el TC el de mayor producción, seguido por los tratamientos con vermicomposta. Cabe señalar que aun cuando no se obtuvieron diferencias significativas, la producción de biomasa en las mazorcas aumentó a medida que fue aumentando también la dosis de vermicomposta. De igual forma, los resultados de la biomasa del grano de maíz se fueron similares a los resultados obtenidos de la biomasa de las mazorcas, ya que el TA tuvo la menor producción de biomasa, seguida por el TL. El TC es el que tuvo la mayor cantidad de biomasa en mazorcas seguido por los tratamientos con vermicomposta, teniendo como mejores competidores al TV16 y TV8.

Estos resultados coinciden con Matheus, *et al.* (2007), quienes probaron la eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicomposta, composta, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays*); señalan que la vermicomposta sola y mezclada con fertilizante químico superó ampliamente al tratamiento con fertilizante químico de referencia, en cuanto a la producción de biomasa, lo que indica claramente los efectos residuales de las dosis de vermicomposta aplicados en este trabajo. De igual forma Méndez-Moreno (2012), encontraron una mayor producción de biomasa vegetativa de la planta de maíz al aplicar la vermicomposta, lo cual coincide con lo obtenido en este estudio.

Sin embargo, se considera que el efecto de la vermicomposta se potenciaría al paso de cada ciclo de cultivo, viéndose reflejado en ciclos posteriores sobre el fruto, pero no se encontraron trabajos que permitan confirmarlo. No obstante, es claro que

existe la necesidad de continuar trabajando un mayor número de ciclos de cultivo para considerar también los tiempos de aplicación obtener las dosis recomendadas que puedan ser factibles de uso práctico por los pequeños agricultores, quienes pueden producir la vermicomposta y abaratar el costo de la fertilización orgánica con la consecuente mejora del suelo a mediano plazo.

Rendimiento del grano

El rendimiento del grano por unidad de superficie se calculó con base en la densidad de plantas por tratamiento (cuadrante), encontrando que no existieron diferencias significativas en la producción en ton ha^{-1} , lo que muestra que en condiciones de campo, la densidad de las plantas por tratamiento es determinante en la estimación del rendimiento del maíz. Se observó que en cuadrantes donde se tuvieron mazorcas grandes, pero poca densidad de plantas, el rendimiento fue similar a aquellos donde se encontraron mazorcas más pequeñas y mayor densidad de plantas.

El mayor rendimiento de grano de los diferentes tratamientos se obtuvo con el TC ($4.084 \text{ ton ha}^{-1}$); mientras que el TA carente de abono orgánico produjo el menor rendimiento ($2.584 \text{ ton ha}^{-1}$). Los resultados sugieren que el que tuvo la mayor competencia con el TC ($4.084 \text{ ton ha}^{-1}$), es el TV16, ya que tuvo un rendimiento similar ($4.012 \text{ ton ha}^{-1}$). El rendimiento en ton ha^{-1} obtenidos en este trabajo se pueden comparar con el obtenido por López *et al.* (2001), quienes obtuvieron un rendimiento de 6.05 ton ha^{-1} con el tratamiento de fertilización inorgánica y el abono orgánico de composta produjo un rendimiento de 5.66 ton ha^{-1} . Donde se evaluaron cuatro tratamientos de abonos orgánicos a dosis de 20, 30 y 40 ton ha^{-1} para bovino, caprino y composta, y 4, 8 y 12 ton ha^{-1} para gallinaza, y un testigo con fertilización inorgánica (120-40-00 de N-P-K). Aunque en el presente trabajo el rendimiento del grano con las dosis de vermicomposta fueron menores a la fertilización inorgánica, los resultados obtenidos coinciden con las afirmaciones de algunos autores como Altieri (1995), quien plantea que la superioridad de los abonos orgánicos es visible a partir de un tercer o cuarto año de producción. Para este tiempo la producción se estabiliza y los resultados pueden ser casi o igual de buenos que la aplicación de fertilizantes sintéticos. Esto lo confirma Félix y Sañudo (2008), quienes concluyen que los buenos resultados para las aplicaciones de abonos orgánicos se esperan a un largo plazo y que el periodo de transición para que un suelo sea orgánico oscila entre los tres y cinco años dependiendo del manejo previo del suelo y los factores medio ambientales. Recientemente, Saini y Kumar (2014) encontraron que en un sistema de cultivo maíz-frijol soya, la producción se incrementó con el uso de

vermicomposta hasta después de los primeros tres años y se asoció a la aportación de nutrientes como al mejoramiento del componente biológico del suelo. Por otra parte, Doan *et al.* (2015) encontraron que la vermicomposta incrementó de manera significativa el crecimiento y producción de maíz, en un acrisol degradado, solo cuando la disponibilidad de agua fue limitada, lo cual no se analizó en nuestro estudio.

Así, podemos concluir que aún cuando hay la necesidad de prolongar el trabajo durante más tiempo, los resultados sugieren que la implementación de la fertilización mixta en el campo (no en invernadero), es una primera etapa para la transición de la producción convencional hacia la producción orgánica, considerando que los tratamientos en los que se utilizó vermicomposta compitieron adecuadamente con el tratamiento convencional y se espera una mejor respuesta en los ciclos subsecuentes del cultivo.

Literatura citada

- Acuña, O. 2003. El uso de biofertilizantes en la agricultura. P. 67-75. *En*: Taller de abonos orgánicos (Gloria Meléndez y Gabriela Soto, Eds.) Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.
- Albuzio, A., G. Concheri, S. Nardi y G. Dell'Agnola 1994. Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedlings grown in varied nutritional conditions. p. 199-204. *En*: Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health (Senesi, N. and T.M. Miano, Eds). *Elsevier Science*.
- Altieri, M. 1995. Agroecología: creando sinergia para la agricultura sostenible. Universidad de Berkeley y Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo (CLADES) 63 pp.
- Amossé J., Y. Bettarel, C. Bouvier, T. Bouvier, T. Tran D., T. Doan T., P Jouquet. 2013. The flows of nitrogen, bacteria and viruses from the soil to water compartments are influenced by earthworm activity and organic fertilization (compost vs. vermicompost) *Soil Biology & Biochemistry* 66: 197-203
- Anguiano C. J., J. A. Ruiz C., J. J. Alcántar R., I. Viscaino V. y I. J. González A. 2006. Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Michoacán (Periodo 1961-2003). Centro de Información del Pacífico Centro, Campo Experimental Uruapan. INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico No. 3. 248 pp.

- Arancon N. Q., Edwards C. A., Bierman P., Metzger J.D., Lee S. y Welch C. 2004. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiología*. 47(5-6):731-735
- Astudillo C. D. R. 2011. Efectos de la incorporación de materia orgánica al suelo, sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), en la zona de Babahoyo". Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UTB. Babahoyo - Los Ríos- Ecuador. 61 pp.
- Atiyeh R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q. and Metzger, J. D. 2002a. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*. 84: 7-14
- Atiyeh R.M., N.Q. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2002b. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*. 81:103-108
- Carlón A.T. y M. Mendoza E. 2007. Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del lago de Cuitzeo. Investigaciones Geográficas. *Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM. 63: 56-76
- Castellanos R., J.Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Seminarios Técnicos. Torreón, Coahuila, México. 5 (13).
- Claassen V. P., Carey J. L. 2004 Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. *Compost Sci. & Útil*. 12(2): 145-152
- Cooke G. 2002. Fertilización para rendimientos máximos. Compañía Editorial Continental S.A de CV México. 63 pp.
- Díaz P., R. Ferrera-Cerrato, J. Almaraz-Suárez & G. Alcántar. 2001. Inoculación de Bacterias Promotoras de Crecimiento en Lechuga. *Terra*. 19(4): 327-335
- Doan T. T., Tureaux T.H., Rumpel C., Janeau J-L., Jouquet P. 2015. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. *Science of the Total Environment* 514: 147–154
- DOF 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. 72 pp.
- Edwards, C. A., Burrows I., Fletcher K. E., Jones B. A. 1984. The use of earthworms for composting farm wasted. En: Composting of agricultural and other wastes. (Gasser J. K. R. Ed). Els. App. Sci. Publ. London. 241 pp.

- FAO, 2007. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Anuario Estadístico.
- Félix-Herrán J.A., R.R. Sañudo-Torres, G. E. Rojo-Martínez, R. Martínez-Ruiz y V. Olalde-Portugal. 2008. Importancia de los Abonos Orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1): 57-67
- Gallardo M. 1995. La granja integral: una alternativa para pequeños productores. FONAIAP *Divulga*. Año XII, N° 47, enero - marzo. P. 15-18
- González G., D. 2001. Eficiencia agronómica residual de tres fertilizantes orgánicos en el cultivo de maíz dulce. Reunión Interamericana de Ciencias Hortícolas. *Horticultura Mexicana*. 8: 63
- InfoAgro, 2004. El cultivo del maíz. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>. (Accesada en mayo 2013)
- INEGI-CONAGUA. 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México, Escala 1:250 000. México.
- López-Martínez J.D., A. Díaz E., E. Martínez R. y R. D. Valdez C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra*. 19: 293-299
- Manjarrez M. J, Ferrato-Cerrato R, González-Chávez MC (1999) Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra*. 17: 9-15
- Matheus L., J. Caracas., F. Montilla y O. Fernández. 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays*). *Agricultura Andina*. 13: 27-38
- Méndez M. O., N.S. León M., F.A. Gutiérrez M., R. Rincón R. y J.D. Alvarez S. 2012. Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. *Gayana Bot.* 69 (Número Especial): 49-54
- Muñoz, I.D.J., A.Soler A., F. López G. y M.M. Hernández M. 2013. Edafología: Manual de métodos de análisis de suelos. Universidad Nacional Autónoma de México. FES Iztacala, México. 139 pp.
- Nieto-Garibay A., Murillo-Amador B., Troyo-Diéguez E., Larrinaga-Mayoral JA., García-Hernández JL (2002) El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum L.*) en zonas áridas. *Interciencia*. 27(8): 417-421
- Perales, R.H., S.B. Brush y C.O. Qualset. 2003. Landraces of maize in central Mexico: An altitudinal transect. *Economy Botany*. 57: 7- 20
- Porta, C., J., López A. R.M. y Roquero, C. 1994. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. 3ª ed. Mundi-Prensa. Madrid. 960 pp.

- Saini, J.P. y Kumar R. 2014. Long term effect of organic sources of nutrients on productivity and soil health in maize+soybean-wheat+gram cropping system. P. 611-614. En: RAHMANN G & AKSOY U (Eds.) (2014) Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey (eprint ID 23210).
- Santillana V. (2006). Producción de Biofertilizantes utilizando *Pseudomonas* sp. *Ecología Aplicada*. 2 (5): 87-91
- SAGARPA-SIAP. 2010. Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México. 1996-2010. 1-174 pp. <http://www.siap.gob.mx> (Accesada en marzo 2012).
- SEEM-UMSNH, 2003. Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. Editorial Editora y Distribuidora EDDISA, S.A DE C.V. Segunda Edición, México, 308 pp.
- Soleri D., D.A. Cleveland y F. Aragón-Cuevas, 2006. Transgenic crops and crop varietal diversity: The case of maize in Mexico. *BioScience*. 56: 503-513
- Romero L., María del R., A. Trinidad S., R. García E. y R. Ferrara C. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia*. 34: 261-269
- SAGARPA. 2003. Informe de Evaluación Nacional. Programa Fomento Agrícola.
- SAGARPA. 2006a. Distritos de Desarrollo Rural de Michoacán
- SAGARPA, 2006b. Anuario estadístico de producción agrícola.
- Soto, G. 2003. Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. In: Gloria Meléndez y Gabriela Soto (eds.) Taller de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. 30-57 pp.
- Terry E., Leyva, A. & Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Revista Colombiana de Biotecnología*. 2(4): 5-54
- Valerio, L. 2000. Conceptos básicos en fertilidad de suelos. En: Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo (eds.) Curso Manejo de la fertilidad de los suelos. Maracay, Edo. Aragua. Venezuela, 12 pp.