

**FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DEL GIRASOL ORNAMENTAL EN  
UN CALCISOL**

**LUIS FERNANDO BARBOSA ABUNDIS**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el grado de:**

**Maestro en Ciencias**

**En Ingeniería de Sistemas de Producción.**

**Universidad Autónoma Agraria**



**Antonio Narro**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila**

**Diciembre de 2007.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DEL GIRASOL ORNAMENTAL EN UN  
CALCISOL**

**TESIS**

**POR**

**LUIS FERNANDO BARBOSA ABUNDIS**

**Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como  
requisito parcial para optar al grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

**COMITÉ PARTICULAR**

**Asesor Principal:**

---

**Dr. Rubén López Cervantes**

**Asesor:**

---

**Dr. Adalberto Benavides Mendoza**

**Asesor:**

---

**Dr. Alejandro Zermeño González**

**Asesor:**

---

**Dr. Mario Cantú Sifiente**

**Asesor:**

---

**Dr. Edmundo Peña Cervantes**

---

**Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Director de Postgrado**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre de 2007**

## AGRADECIMENTOS

A *Dios* por permitirme dar grandes pasos en mi vida profesional, por darme la vida y guiarme hacia el camino de la sabiduría, por estar siempre presente en los momentos más difíciles de mi vida, por darme salud y esperanza en la cuesta más difícil.

A mi *Madre* por darme la vida, todo su cariño y su apoyo, en todas las etapas de mi camino en esta tierra, siempre te estaré agradecido por ello.

A mi *Padre* por su apoyo y enseñarme el camino el cual se debe seguir para ser una persona honesta y prudente en mis dediciones

A mis *Hermanas* las cuales han estado conmigo en los momentos de felicidad y tristeza en los juegos y regaños y sobre todo en mi vida.

A mis *Abuelos y Abuelas* por ser personas las cuales me han guiado por este camino incierto con su sabiduría de tantos años.

A mis *Primos y Primas* los cuales me han enseñado ver una vida, la cual no es tan compleja donde se puede reír y ver el mundo de otra forma.

A mis *Tíos y Tías* que son grandes consejeros, buenos amigos y han guiado y corregido aspectos de mi vida.

A la *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro* por darme la oportunidad y cobijo para realizar mis estudios de maestría.

Al Dr. *Rubén López Cervantes* por confiar en mí. Ser un maestro, amigo y asesor en esta tesis. Además de compartir sus conocimientos, observaciones y permitir mi desarrollo.

Al Dr. *Adalberto Benavides Mendoza* por su apoyo en la elaboración del trabajo de investigación además de sus observaciones y sugerencias del mismo.

Al Dr. *Alejandro Zermeño González* por su apoyo en la elaboración del trabajo de investigación además de sus observaciones y sugerencias del mismo.

Al Dr. *Mario Pantú Sifuentes* por su apoyo en la elaboración del trabajo de investigación además de sus observaciones y sugerencias del mismo.

Al Dr. *Edmundo Peña Cervantes* por su apoyo en la elaboración del trabajo de investigación además de sus observaciones y sugerencias del mismo.

A el T.L.Q *Carlos Alberto Arévalo San Miguel (Parlitos)* por su apoyo y su gran amistad en el desarrollo de mi tesis de maestría.

A la Lic. *Laura Olivia Fuentes Lara* por su apoyo para el desarrollo del trabajo en el laboratorio

A la Mc. *Rosa Martha Arredondo* por el tiempo dedicado a enseñarme inglés, por sus consejos y sobre todo por ser una excelente persona.

A la Dra. *Rosalinda Mendoza Villareal* por su apoyo en la elaboración del trabajo de investigación además de sus observaciones y sugerencias del mismo.

Al personal *Docente y administrativo* que trabajan en el Departamento de Suelo.

Al personal *administrativo de Post-Grado* muy en especial a *Ana María, Yolanda y Lupita*.

A mis compañeros de *maestría y doctorado*, *Patricia, Amalia Margarita, Ruth Vanesa, Heidi Melania, Peni, Nely, Armando, Mario, Emilio, Marcelino, Jorge, Elloy, Luis, Yadira, Don Ricardo y Don Sergio*.

A mis *amigos Eliu, Brenda, Luis, Susana, María de Jesús, Teresa, Ivon, Wendoline, Gerardo, Angélica, Gemima, Ana María Zaret y Rubén*.

A mi hermana *Rolly y su hija Lupita*, a mi hermano *Erick y su novia Luz y su familia* gracias por admitirme en su familia

A *Hermila Trinidad García Osuna* por cuidarme y estar al pendiente de mí

A la Mc *Felipa Morales* por todo el apoyo y su ayuda en estos dos años

Al Dr. *Pedro Posos Ponce y a su familia* por todo el apoyo brindado y su amistad

Al Mc. *Carlos Aguirre Torres* por sus consejos y su gran apoyo dios lo bendiga

A la Mc. *Leticia Felix Fragoso* por su amistad y apoyo en esta tesis y por estar conmigo siempre

A los *maestros del ULQBA* los cuales les debo mi formación como ingeniero agrónomo.

A mis *amigos de Guadalajara* *Victor Manuel Garcia Abundis, José Patricio Macias Venegas, Salvador Moisés Ramos Esparza, Salvador González Huerta, Victor Jiménez Merino, Maria del Rosario González Esparza, Verónica Azucena Ibarra Medina, José Maria Gudiño Ocegüera, Lilia del Rocío Corona González, Erika Morales Padilla, Pelina Hernández de León, Ana Rivas, Griselda Ibarra Aparicio, Nancy Barrera González, Carlos Raúl Zamora Pérez, Raquel Forzan Cárdenas, Nadia Barrera González, Esther Guadalupe Corona Sánchez, Ramón Turincio Tadeo, Mariana, Marce, Maria Guadalupe Zepeda Guzmán* los cuales me han brindado su cariño y su comprensión en todas las etapas de mi vida.

A mi *novia Nancy Domínguez Montejo* por su apoyo y cariño en la última etapa de mi tesis gracias.

## DEDICATORIAS

Dedicados a mi padres

*Maria Abundis Vázquez*  
*Fernando Barbosa de los Santos*

A mis Hermanas

*Isabel Maria de los Angeles Barbosa Abundis*  
*Rosalina Barbosa Abundis*  
*Hilda Pristina Barbosa Abundis*

A mis Abuelos

*Lina Vázquez Aguilera (+)*  
*David Abundis Ladilla (+)*  
*Catarino Barbosa Jacobo (+)*  
*Rosario Rosas González*

A mi familia

*Barbosa Camarena*  
*Abundis Carreño*  
*Abundis Vázquez*  
*A todos mis tíos, primos y sobrinos*

A mi Amiga

*Ing. Rosa Pelia Altamirano Hernández*

Y a toda la gente, que ha intervenido de otra manera en mi formación, con mucho respeto y admiración

## **COMPENDIO**

**Fertilización Orgánica del Girasol Ornamental en un Calcisol**

**POR**

**Luís Fernando Barbosa Abundis**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN**

**INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, DICIEMBRE 2007**

**Dr. Rubén López Cervantes -Asesor-**

**Palabras clave: Composta, Nutrientos.**

Con los objetivos de determinar los cambios en la composición nutrimental en compostas originadas de diferentes materias primas y el potencial nutrimental de dos fertilizantes orgánicos en la calidad del girasol ornamental cv. “Sunbrighth” en un calcisol se caracterizaron seis compostas: dos del sureste del estado de Coahuila y cuatro del centro oeste del estado de Jalisco; por su calidad nutrimental se seleccionaron dos: una comercial denominada Miyaorganic (MY) y una lombricomposta (LO) elaborada a base de estiércol de bovino. En una cama de siembra de 10 m<sup>3</sup>, se colocó el horizonte Ap de un calcisol con pH de 8.3. 0.6 de materia orgánica y un 32 % de carbonato de calcio.

Las dos composta se adicionaron a 1000 y 2000 Kg ha<sup>-1</sup>, así como estiércol de bovino “Fresco” como testigo. Se midieron la altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y capitulo (DC); a los 45, 90 y 135 días, al tejido vegetal del follaje se le midió la cantidad de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), sodio (Na) y boro (B). Mediante el análisis de desviación optima de porcentaje (DOP). Se establecieron los índices de las cantidades de nutrimento. Se encontró que al agregar la LO- 2000 kg ha<sup>-1</sup>, la AP y DC superaron al testigo en 128.9 %; mientras que con la aplicación de MY-1000 y 2000 kg ha<sup>-1</sup> se aventajo al testigo en 28.31 % en el diámetro de tallo. El P, K, Ca y Na fueron deficientes en los tres muestreos; El N fue deficiente en el primer muestreo, sin embargo, en el segundo y tercer muestreo, fue excesivo. El Mg fue excesivo en todo el ciclo vegetal. El fierro fue deficiente, el manganeso va de óptimo a excesivo durante el desarrollo del vegetal. El Zn al inicio del ciclo fue óptimo, a la mitad deficiente y al final excesivo y el cobre fue óptimo durante todo el ciclo. Se concluye que las compostas no aportaron gran cantidad de macro nutrimentos pero si lo realizan en micro nutrimentos, para el girasol ornamental.



## **ABSTRACT**

**Organic Fertilization of Ornamental Sunflower in a Calcisol**

**BY**

**Luis Fernando Barbosa Abundis**

**MASTER IN SCIENCES**

**IN ENGINEERING OF PRODUCTION SISTEMES**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, DECEMBER 2007**

**Dr. Rubén López Cervantes - Advisor –**

**Key words: Compost, Nutriments.**

With the aim of to determiner the nutrimental composition exchange of compost the some origin and it establisher the nutrimental power of two organic fertilizers in the ornamental sunflower cv. “Sunbrihgt” quality, in a calcisol, it were characterized six composts: two of southeast of Coahuila state and four of center west of Jalisco state; for its nutritional quality two compost were selected: a commercial named Miyaorganic (MY) and a lombricomposta (LO) elaborated with bovine dung. In “bed” of planting of 10 m<sup>3</sup>, Ap horizon of a calcisol with pH of 8.3; 0,6 % of organic matter and 32 % of calcium carbonate. The two composts was added 1000 and 2000 kg ha<sup>-1</sup>, and bovine dung as control. It was measured the plant height (PH), steam diameter (SD) and flower

diameter (FD). The total nitrogen ( TN ), phosphorus ( P ), potassium ( K ), calcium ( Ca ), magnesium ( Mg ), iron ( Fe ), manganese ( Mn ), copper ( Cu ), zinc ( Zn ), sodium ( Na ) and boron (B) with to the 45, 90 and 135 days, to the foliage's woven plant. With the analysis of optimal deviation of percentage (DOP), the quantities indexes of nutriment were established. When was added LO-2000 kg ha<sup>-1</sup> 128.9 % the PH and FD they surpassed the witness in 28.31 % While than with MY- 1000 and 2000 kg ha<sup>-1</sup> application surpass to the two concentrations the witness in one 18% in the SD . The P, K, Ca and Na were deficient in the three sampling time. The N was deficient in the first sampling; however, in the second and third sampling, it was excessive. The Mg was excessive in all vegetable cycle. The iron was deficient; the manganese was to optimal to excessive during the development of the plant. The Zn to the start of cycle, was optimal, to half of cycle deficient and at the end excessive and the copper was optimal throughout the cycle. It is concluded that the composts do not contribute great quantity of macro nutriment but if they accomplish it in micro nutriments from ornamental sunflower.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>COMPENDIO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	3
Objetivo Especifico.....	3
<b>HIPÓTESIS</b> .....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
Compostaje.....	4
Fertilización orgánica.....	7
Nitrógeno.....	11
Fósforo.....	12
Potasio.....	14
Calcio.....	15
Magnesio.....	16
Manganeso.....	17
Fierro.....	18
Cobre.....	19
Zinc.....	20
Sodio.....	21

<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	22
Localización del Experimento.....	24
Metodología.....	24
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	26
Primera Etapa.....	26
Característica Química.....	26
Nutrimento Totales.....	28
Nutrimento Extractables.....	30
Nutrimento Hidrosoluble.....	32
Segunda Etapa.....	32
Variables agronómicas.....	40
<b>CONCLUSIONES</b> .....	41
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	42

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Materiales de elaboración de seis compostas y tiempo de maduración.....	23
<b>Tabla 2.</b> Características químicas y nutrimentales de las dos compostas seleccionadas .....	24
<b>Tabla 3.</b> Algunas características químicas de seis compostas de diverso origen.....	28
<b>Tabla 4.</b> Macronutrientes totales de seis compostas de diverso origen.....	30
<b>Tabla 5.</b> Micronutrientes totales de seis compostas de diverso origen.....	30
<b>Tabla 6.</b> Macronutrientes extractables de seis compostas de diverso origen....	31
<b>Tabla 7.</b> Micronutrientes extractables de seis compostas de diverso origen....	31
<b>Tabla 8.</b> Macronutrientes solubles de seis compostas de diverso origen.....	32
<b>Tabla 9.</b> Contenido de elementos nutrimentales de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental a los 45, 90 y 135 días de siembra, con la adicción de dos compostas en un calcisol.....	38
<b>Tabla 10.</b> Cuantificación nutrimental y sumatoria D.O.P. en girasol ornamental en los tres muestreos.....	39
<b>Tabla 11.</b> Variables agronómicas del girasol ornamental a los 135 días después del transplante.....	40

## INTRODUCCIÓN

Es conocido que el uso de fertilizantes químicos provee a las plantas de los nutrientes que estas requieren; sin embargo, por su uso excesivo e irracional en la agricultura intensiva de las regiones semiáridas, los suelos se están salinizando. Ahora bien, con el auge de la agricultura sostenible, el empleo de abonos orgánicos es cada vez más común, porque es una alternativa que mejora las características del suelo y con su descomposición aportan elementos nutritivos a las plantas (Raviv *et al.*, 2004). Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas para mejorar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos *et al.*, 2000), sin embargo, de los elementos nutritivos contenidos en cualquier composta, el 11 por ciento del nitrógeno (N), del 70 al 80 por ciento del fósforo (P), y del 80 al 90 por ciento del potasio (K) se encuentran tan solo disponibles el primer año (Heeb *et al.*, 2005).

Los productores que emplean la agricultura sostenible como fundamento, están implementando procesos de producción que son la alternativa más empleada para armonizar con el medio ambiente y mejorar las condiciones de los suelos deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y la sobreexplotación, lo cual ha traído como consecuencia la pérdida de materia orgánica y de fertilidad natural de los suelos (EPA, 1999). Uno de los abonos de mas uso en hortalizas, es la composta elaborada a partir de

estiércol de bovino y los resultados de las investigaciones indican un incremento en el rendimiento y calidad de los productos cosechados (Valdtighi *et al.*, 1996) y una mayor disponibilidad de elementos nutritivos como nitrógeno, fósforo y potasio (Bernal *et al.*, 1998).

El girasol, en la actualidad, se cultiva principalmente como planta industrial para la obtención de aceite, sin embargo, en los últimos años ha tenido una importante demanda como “flor de corte”, sobre todo en grandes composiciones para decoración de escenarios, escaparates y mesas. La mayor cantidad de girasoles, paradójicamente, son artificiales, principalmente de tela y plástico y una menor presencia de la flor natural. También se cultiva como planta ornamental en maceta, aunque para ello se utilizan cultivares enanos (Sauher, 1997). El cultivo de esta especie como “flor de corte”, se realiza tanto en invernadero como a “cielo abierto”; si bien, esta última modalidad limita en muchas zonas las épocas en las que se puede producir a la primavera y el verano (Altman y Streitz 1997), trabajos acerca de la fertilización química, han demostrado que los nutrientes más limitantes para su desarrollo son N, P, K y B.

Gran cantidad de trabajos enfocados a mejorar los suelos con residuos orgánicos, se han realizado, aunque un número reducido de investigaciones están dedicados a determinar el valor de las compostas como fertilizantes, es decir, el definir la cantidad de elementos nutritivos que posee y que puede aportar a la planta, además, desde el punto de vista económico, es más atractivo emplear estos materiales por su menor costo de producción y aplicación, pues representa en general un ahorro del 25 por ciento, con relación al uso de fertilizantes químicos (Trápaga y Torres, 1994).

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de fertilizantes orgánicos en la nutrición y calidad del girasol ornamental.

## **Objetivos Específicos**

Determinar los cambios en la composición nutrimental en compostas originadas de diferentes materias primas.

Analizar el potencial nutrimental de dos fertilizantes orgánicos en la calidad del girasol ornamental en un calcisol.

## **HIPÓTESIS**

Al menos un fertilizante orgánico tiene efectos positivos en la nutrición y calidad del girasol ornamental, en un calcisol.



## REVISION DE LITERATURA

### Compostaje

El compostaje es un método biológico que transforma restos orgánico de distintos materiales (paja, lodos, residuos domiciliarios, cortezas y estiércol, entre otros) es un producto relativamente estable, cuyo uso se ha incrementado en los últimos años como una alternativa efectiva para mejorar la productividad y la calidad de los suelos (Claassen and Carey, 2004).

El compostaje es un proceso aeróbico, biológico, termofílico de degradación y de transición de la materia orgánica, bajo condiciones controladas. Durante el proceso los compuestos mas labiles, como los azúcares, aminoácidos, lípidos y celulosas son descompuestos bajo condiciones controladas. Posteriormente se lleva a cabo la descomposición de los materiales más recalcitrantes como la hemi-celulosa y lignina (Hoitink y Changa, 2004) por organismos termófilos (resistentes a altas temperaturas) (Soto y Muñoz, 2002; Raviv, 2005). Según Nogales *et al.*, (1996), la composta es el producto de la descomposición de la materia orgánica, por la acción de hongos, bacterias y otros microorganismos, que la reducen a sustancias más simples y estables (humus). Labrador, (1996) la define como el producto resultante de la fermentación aerobia de una mezcla de materiales orgánicos en condiciones específicas de humedad, aireación, temperatura y nutrimentos.

La principal aplicación de la composta es como enmienda orgánica en agricultura, para mantener o incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo, puede ser utilizada también como fertilizante orgánico, con el objetivo de incrementar el rendimiento en las cosechas con beneficios a mediano y largo plazo, además se utiliza como promotor en la elaboración de sustratos mezclada con otros materiales. En la jardinería se emplea en la implantación y mantenimiento de césped y plantas ornamentales. En la silvicultura, se utiliza en viveros y para trasplante de coníferas. Otro extenso campo de aplicación, es en la restauración de canteras, escombreras de minas, en la regeneración de terrenos afectados por incendios forestales, re-vegetación de taludes, descontaminación de suelos, como bio-filtro en la retención de contaminantes y para la desodorización (Barral *et al.*, 2005).

Con el uso de composta, se alcanza el beneficio ambiental deseado y esta llega a ser una alternativa económicamente viable, se deberá tener la calidad adecuada y las características constantes en el tiempo (Raviv, 1998).

El establecimiento de los parámetros de calidad pretende fundamentalmente que la composta no resulte ser una transferencia de contaminación de los residuos al medio agrícola o natural. Además, la calidad de la composta es fundamental para conseguir una buena aceptación por parte de los potenciales consumidores y condiciona también su precio de venta y posibilidades de uso (Barral *et al.*, 2005).

Los requerimientos de calidad van dirigidos a conseguir un aspecto y olor aceptables, una higienización correcta, un bajo nivel de impurezas y contaminantes, un

buen nivel de componentes agrónomicamente útiles y una cierta constancia de características (Soliva, 2002). Pomares y Canet (2001), ofrecen algunos intervalos comunes de los principales parámetros para las compostas españolas: humedad generalmente inferior al 40 por ciento, pH neutro o ligeramente básico, los aportes de compostas son moderadas ( $12-24 \text{ t ha}^{-1}$ ) los aumentos de salinidad son insignificantes, la materia orgánica debe ser mayor a 30 por ciento. El contenido de nitrógeno que sea entre uno a dos por ciento, el fósforo expresado en  $\text{P}_2\text{O}_5$  alcanza normalmente contenidos entre 0.5-1.3 por ciento, contenido de potasio es muy variable según la procedencia de la composta, aunque los valores suelen oscilar de 0.2-1.2 por ciento, la concentración de CaO, del orden de tres a cinco por ciento (a veces hasta 10 por ciento) y de magnesio MgO entre 0.3 y 0.9 por ciento.

Gracias a la diversidad de materiales a partir de los cuales se elaboran las compostas, proporcionan los nutrientes principales: nitrógeno, fósforo, potasio y algún micro-nutriente como el manganeso, boro, zinc y cobre, entre otros. La composta representa una fuente de reserva de nutrientes, para la planta ya que la liberación de estos se realiza de una forma progresiva, coincidiendo en la época de mayor necesidad de las plantas, con la máxima liberación de nutrientes, como consecuencia del incremento de la actividad microbiana encargada de liberarlo. (Alcolea y González, 2000).

El proceso de humificación es el proceso que caracteriza a los suelos ricos en base, con buena aireación, presencia de lombrices, pH elevado y actividad microbiana alta. Estos suelos permiten un ciclo biológico rápido, con una mineralización activa de

los precursores hidrocarbonados y nitrogenados. Según la ecología del suelo, se caracteriza por la degradación activa de la lignina y la celulosa (Cepeda, 1985).

La mineralización de la materia orgánica es un factor de suma importancia en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, puesto que a través de este proceso se reciclan nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre y dióxido de carbono (Franzluebbers, 1999; Montagnini and Jordan, 2002). La mineralización es un conjunto de procesos por medio de los cuales el nitrógeno, fósforo entre otros en combinación con la materia orgánica son transformados a moléculas inorgánicas de constitución más simples para ser aprovechadas por las plantas (Meléndez y Soto, 2003).

### **La fertilización Orgánica**

El uso de materiales orgánicos como fertilizantes está ligado a la agricultura desde sus inicios ya que en el año 900 antes de Cristo (a. c.) Homero cita en la *Odisea* que el padre de Ulises añadía estiércol a sus viñas. Jenofonte, en el año 400 a. c., menciona el uso de abonos verdes y estercolados; Teofrasto en el siglo III y IV a. c., recomendaba estercolar las tierras poco productivas y mencionaba también como los agricultores de Tesalia y Macedonia, enterraban cultivos de leguminosas con el fin de enriquecer sus tierras. Columela en el siglo I después de Cristo (d. c.) en su extensa obra de agronomía explica cómo utilizar el estiércol, los abonos verdes y la técnica de compostaje (Jiménez y Lamo, 1998).

La fertilización orgánica supone un conjunto de técnicas basada en el aporte de productos orgánicos desde el exterior o bien provenientes de la propia síntesis-restos vegetales y animales- además de aportar elementos químicos de naturaleza mineral proveen de sustancias fito-activas que optimizan el desarrollo vegetal y de un elevado numero de microorganismos que tienen por objetivo fundamental, generar humus y mantener la actividad edáfica (Jiménez y Lamo, 1998).

A través de los tiempos el aporte orgánico y el mineral como complemento, se consideró como la base adecuada de una fertilización, sin embargo en los conceptos actuales de fertilización, corren paralelos con un modelo de agricultura industrializada que compara al suelo como un soporte del vegetal capaz de digerir cantidades ingentes de agroquímicos (Bellapart Vilá, 1998). Sin embargo, la fertilización como técnica debe estar enfocada a mantener o aumentar la fertilidad del suelo agrícola, englobando este concepto no solo con la capacidad del suelo para aportar nutrimentos minerales esenciales a la planta, sino también la capacidad del mismo para mantener un nivel de producción alto pero sustentable en el tiempo sin perder por ello su diversidad biótica ni su complejidad estructural y todo ello dentro de un equilibrio dinámico (Jiménez y Lamo, 1998).

La descomposición de la materia orgánica del suelo es una fuente principal de elementos nutritivos para la planta, especialmente en los ecosistemas con baja aplicación de insumos, como la pradera (Hodge *et al.*, 2000). En consecuencia, la disponibilidad de los elementos nutritivos en el suelo, depende principalmente del proceso de descomposición de la materia orgánica (Jégou *et al.*, 2000). La mayoría de los desechos,

independientemente de que provenga de hojas caídas o de raíces incorporadas, están sujetos a la descomposición por una vasta serie de descomponedores primarios (que incluyen bacterias, hongos y fauna), cuyas poblaciones e índices de actividad están determinadas por factores físicos (principalmente temperaturas y humedad) y químicos (calidad de los recursos). Por lo tanto, las velocidades de descomposición de los residuos están determinados por una amplia gama de factores que operan en escalas espaciales y temporales tremendamente diferentes (McInerney and Bolger, 2000).

Se estima que la composición de la materia orgánica en el medio del suelo estaría definida por: 10 % de compuestos nitrogenados incluyendo proteínas, péptido, aminoácidos, aminoazúcares, purinas, pirimidinas y otros compuestos; 15 % de grasas, ceras, resinas, etc., y 65 % de sustancias húmicas. Evidentemente estos porcentajes son variables y altamente dependientes de numerosos factores externos e internos (Schnitzer, 1990).

Durante la revolución verde en México la fertilización al suelo se concentró en aplicar fertilizantes químicos a base de nitrógeno y fósforo, marginando a los abonos orgánicos, que fueron la base y sustento de la agricultura por siglos (Arredondo, 1996). En contraste con la agricultura industrial en años recientes, comenzó a tomar fuerza un nuevo tipo de agricultura basada en principios más naturales y seguros para el ambiente y la sociedad; a este enfoque holístico de la agricultura se le conoce como “agricultura orgánica” (Rigby and Cáceres, 1997). Se trata de un enfoque holístico de la agricultura pues considera una profunda interrelación existente entre la producción y el ambiente (Mannion, 1995). La agricultura orgánica promueve la protección de los suelos y los

cultivos a través de prácticas tales como el reciclado de nutrientes y de materia orgánica (uso de composta y coberturas de suelo), las rotaciones de cultivos, el no uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos. Aunque existen algunas diferencias conceptuales con otros enfoques alternativos, conceptos relacionados con el de la agricultura orgánica, son los de “agroecología” (Altieri, 1987; Altieri and Nicholls, 2000); en la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelo agrícolas; someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar la estructura. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Castellanos, 1982).

De los elementos contenidos en las compostas, del 70 al 80 por ciento del fósforo (P) y del 80 al 90 por ciento del potasio (K), están disponibles el primer año, mientras que todo el nitrógeno (N) es orgánico y debe mineralizarse para ser absorbido por las plantas. En el primer año solo se mineraliza el 11 por ciento, generándose una deficiencia de este elemento, si no es abastecido apropiadamente (Heeb *et al.*, 2005).

Algunos trabajos de agricultura orgánica como el realizado por Zhao and Fun-Zhen, (1992) demostraron que aplicaciones de fertilizantes inorgánicos minerales en combinación con composta de lombrices incrementaron la absorción de nutrientes y la producción neta de trigo y caña de azúcar, y que la pérdida de nitrógeno del suelo se redujo notablemente cuando dicho abono fue la fuente de materia orgánica.

Maynard (1994), informó que las producciones de frutos de tomate y pimiento, de parcelas donde se utilizó composta de estiércol de gallinas, con otros residuos agrícolas como enmienda, fueron similares o mayores a las obtenidas en parcelas fertilizadas con productos químicos.

Atiyeh *et al.*, (2000) mostró que la vermicomposta generada a partir de estiércol de ganado vacuno, estimuló el crecimiento de las plantas de tomate y lechuga. Esto sugiere que las lombrices incrementaron la maduración de los residuos orgánicos. Por lo tanto, el incremento en el crecimiento de la planta podría ser debido a las características fisicoquímicas más favorables de los residuos procesados y el más alto contenido de  $\text{N-NO}_3^-$ , una forma de nitrógeno que es fácilmente disponible para la asimilación de las plantas.

### **Nitrógeno**

Las plantas absorben el nitrógeno en formas de iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). La descomposición de la materia orgánica provee más del 90 por ciento del nitrógeno nativo del suelo. En el pasado, casi todos los fertilizantes nitrogenados provenían de la aplicación de estiércol, residuos vegetales y compostas (Potash and Phosphate Institute, 1997). Algunos parámetros para la aplicación de compostas fueron establecidos por Barker, 1997 el cual reporta que la composta deberá de ser mayor de uno por ciento, para poder ser utilizado como fertilizante y en la agricultura, niveles mas bajos de 0.6 por ciento o menor es posible que el nitrógeno se inmovilice. Por el contrario a niveles superiores de tres por ciento la composta es considerada inmadura y



puede provocas daños a la planta. La dinámica del nitrógeno en la mineralización y inmovilización son dependientes de la relación carbono/nitrógeno y su forma de degradación (Amlinger and Betina, 2002). Otros factores que afectan la velocidad de la disposición del nitrógeno son la humedad del suelo, temperatura y actividad microbiana. (Giusquiani and Marucchini, 1988). En las plantas el nitrógeno se requiere principalmente en la síntesis de proteínas estructurales y enzimáticas; además, participa como componente en las coenzimas, nucleótidos, clorofila así como almacenamiento, incluidos los carbohidratos, ácidos grasos y pigmentos esta implicado en todos los procesos de crecimientos y desarrollo vegetal. Su principal síntoma de carencia es la clorosis la cual se debe a la inhibición de la síntesis de clorofila, donde se manifiesta en las hojas mas viejas debido a la gran movilidad de este elemento. En las monocotiledóneas la clorosis comienza en las puntas de las hojas y avanza hacia la base. En caso de extrema deficiencia todas las hojas aparecen amarillentas. Frecuentemente se forman pigmentos antociánicos en el cultivo del tomate en las que puede observarse una coloración púrpura en los pecíolos y nervios de hojas. (Barceló *et al.*, 2003). En caso de exceso se tiene un color verde oscuro presenta una abundancia de follaje con una elevada parte aérea- raíz en cuanto a la floración y la formación de semillas en varios cultivos agrícolas se ven retardados por exceso de nitrógeno. (Salisbury and Ross, 1994).

### **Fósforo**

Las plantas absorben la mayoría del fósforo como el ión ortofosfato primario ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), además absorben pequeñas cantidades de fósforo como ión ortofosfato primario ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). El pH del suelo influye en gran parte en la absorción de estas dos

formas de fósforo por la planta (Potash and Phosphate Institute, 1997). Amplias variaciones existe en la literatura sobre la eficacia de las compostas en el aporte de fósforo para la nutrición en la planta (Murillo y Cabrera, 1997). La aplicación de las compostas puede incrementar la disponibilidad de fósforo directa a la contribución por mineralización reduce la absorción de fósforo (Hue, 1990). . El fósforo total es expresado en términos de porcentaje el fósforo disponibles es usualmente expresado como PO<sub>4</sub>-P en mg/L sobre un peso fresco (Bord na mona, 2003) según este autor el rango de fósforo total es entre 0.4 por ciento a 1.1 por ciento para residuos biológicos y desechos verdes. El fósforo en la planta forma parte de los ácidos nucleicos, adenosinofosfatos (AMP, ADP, ATP) y piridin nucleótidos (NAD, NADP) por lo que participa en todas las reacciones energéticas del metabolismo, proceso anabólicos y transferencia de las características hereditarias. Forma parte también de otros componentes de las plantas como el piridoxal fosfato, que actúa como coenzima de los sistemas de transaminación y ácido fítico. En síntesis el fósforo participa desde la emergencia e implantación de plántulas y raíces hasta la formación del grano. Los primeros síntomas que se observan en muchas especies es una coloración verde azulada de las hojas. Otro síntoma muy general es la formación de pigmentos antociánicos adquiriendo una coloración púrpura debido a la gran movilidad del fósforo, son las hojas viejas las primeras en presentar estos síntomas. Se reduce el crecimiento de la planta y en condiciones extremas de carencia las plantas presentan un aspecto achaparrado. Si se proporciona fósforo en exceso, el crecimiento de la raíz con frecuencia se incrementa en relación con el crecimiento de la parte aérea. En condiciones de salinidad la absorción y traslocación del fósforo disminuye acumulándose más en las raíces. La absorción del fósforo es

favorecida por la presencia en el medio nutritivo de los cationes potasio, magnesio, calcio y los elementos nitrógeno y azufre. (Barceló *et al.*, 2003).

### **Potasio**

Este elemento es el único catión monovalente que es esencial no solamente para los vegetales, sino también para todos los seres vivos. El potasio es absorbido en forma iónica ( $K^+$ ) y a diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no forma compuestos orgánicos en la planta. La composta usualmente no contiene grandes concentraciones de potasio porque es altamente soluble en agua, esto puede ser fácilmente lixiviado de los materiales durante el proceso de compostaje. Esto puede ocurrir especialmente en la composta. (Fricke and Vogtmann, 1994). Bord na Mona (2003) menciona que el típico rango de potasio total en residuos biológico y en residuos verdes entre 0.6- 1.7 por ciento. El principal papel del potasio es el de actuar como un activador de numerosas enzimas entre las que podemos citar: acético tiokinasa, aldolasa, piruvato kinasa, succinil-CoA sintentasa, ATPasa, etc. las cuales como mencionan (Bhandal and Malik, 1988) son esenciales en la fotosíntesis y la respiración, además que activan enzimas necesarias para formar almidón y proteínas. Se ha sugerido por algunos investigadores que el potasio mantiene un ambiente iónico apropiado para preservar la estructura tridimensional necesaria para obtener una actividad enzimática óptima además, desempeña un papel importante en el transporte de azúcares por el floema. También durante los últimos años ha ido ganando cada vez más aceptación el papel del potasio en los mecanismos reguladores de la abertura y cierre de estomas. El síntoma más característico de la deficiencia de potasio es la aparición de un moteado de manchas

cloróticas seguido por el desarrollo de zonas necróticas en la punta y los bordes de las hojas. Debido a la movilidad de este elemento, los síntomas aparecen primero en las hojas maduras; en algunas especies las hojas presentan coloración verde oscura o verde azulada confundiendo con la deficiencia de fósforo. En general. Una planta deficiente en potasio presenta un aspecto achaparrado debido al acortamiento de los entrenudos. En condiciones extremas, las yemas terminales y laterales pueden morir. Además las plantas con deficiencia de potasio crecen lentamente, tiene un sistema radicular mal desarrollado, los tallos son débiles y el acame es común. Las semillas y los frutos son pequeños y deformes y las plantas tienen una baja resistencia a las enfermedades (Potash and Phosphate Institute, 1997).

### **Calcio**

El calcio se absorbe como un catión ( $\text{Ca}^{2+}$ ) divalente donde este elemento puede actuar en plantas bajo dos formas: como componente estructural de paredes y membranas celulares y como cofactor de varias enzimas. Clásicamente, el calcio ha sido asociado en la estructura de la pared celular de la cual formaría parte como pectato cálcico, localizado en la lámina media. Su función en la pared celular se supone que es contribuir por algún mecanismo aun no conocido a la rigidez de la pared misma. El calcio puede actuar como agente protector contra los iones hidrogeno, concentraciones salinas elevadas o bien contra otros iones presente en el medio potencialmente tóxico. Como cofactor enzimático son conocidos los efectos termo-estabilizadores del calcio en la  $\alpha$ -amilasas. También actúa como activador de fosfatasa en patata. Algunas ATPasas de cloroplasto y de la fosfolipasa D de col y zanahoria. Además de participar como un

mensajero secundario. Influye también indirectamente en el rendimiento al mejorar las condiciones de crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana, la disponibilidad del molibdeno y la absorción de otros nutrimentos. Los síntomas de deficiencia en calcio son fáciles de observar y muy espectaculares. Las regiones meristemáticas de los tallos, hojas y raíces son atacadas fuertemente y pueden acabar muriendo, cesando el crecimiento de estos órganos. Las raíces pueden acortarse y en los bordes de las hojas jóvenes aparece clorosis seguida de necrosis. También es un síntoma característico la malformación de las hojas jóvenes, siendo un síntoma más fácil de reconocer la forma de gancho que adquieren las puntas de las hojas. Debido a la inmovilidad del calcio dentro de la planta. Los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes. La deficiencia de calcio son más frecuentes en los suelos ácidos de tal forma que la deficiencia en este elemento va acompañado de niveles tóxicos de iones-hidrógeno y de iones de metales pesados como aluminio y manganeso, que son solubles en medios ácidos. Las raíces dañadas por la deficiencia de calcio son más susceptibles a la infección bacteriana y hongos (Barceló *et al.*, 2003).

### **Magnesio**

El magnesio es absorbido por las plantas como un catión ( $Mg^{++}$ ) y al igual que el calcio participa como elemento estructural o como cofactor enzimático. Su papel estructural es formando la molécula de la clorofila aunque bajo esta forma solo constituye el 10 por 100 del magnesio presente en las hojas. El magnesio y el nitrógeno son los únicos nutrimentos provenientes del suelo que son parte de la clorofila, y por esta razón, la mayoría del magnesio en las plantas se encuentra en este compuesto

(Barceló *et al.* 2003). Las semillas también tienen un contenido relativamente alto de magnesio, aun cuando los cereales como el maíz tienen bajos niveles en sus semillas. Como activador enzimático, el magnesio es cofactor de casi todas las enzimas que actúan sobre sustratos fosforilados, por lo que es de una gran importancia en el metabolismo energético. Los síntomas de deficiencia de magnesio aparecen primero en las hojas inferiores (hojas viejas), debido a que el magnesio se transloca dentro de la planta de tejido viejo a tejido joven. Las hojas presentan un color amarillento, bronceado o rojizo, mientras que las venas de las hojas se mantienen verdes (Potash and Phosphate Institute, 1997).

### **Manganeso**

El manganeso es absorbido por la planta como un catión manganeso divalente ( $Mn^{2+}$ ) (Uren, 1981). La concentración media de manganeso en la composta varía entre 400 a 600 mg kg<sup>-1</sup>. (De Hann 1981). El manganeso en la composta es más biodisponible que el manganeso en el suelo ya que este nutrimento es muy soluble en agua y por lo tanto más disponible para la planta (Zhenli *et al.*, 2005). Participa en la liberación de oxígeno que tiene lugar en el fotosistema II durante la fotosíntesis. La hipótesis más aceptada es la de que actúa como transportador de electrones entre agua y el fotosistema II. La deficiencia de manganeso provoca, también, una desorganización en la estructura de la membrana de los cloroplastos que se traduce en una inhibición del fotosistema II. La respiración es también profundamente afectada por la deficiencia en manganeso. Ya que este elemento actúa como activador de muchas enzimas del ciclo de Krebs. Otras enzimas activadas por el manganeso son la arginasa, que convierte la

arginina en urea y ornitina y el enzima málico dependiente de NAD en plantas C-4. La germinación y la maduración son aceleradas por este nutrimento incrementando la disponibilidad de fósforo y calcio. Los síntomas de deficiencia en manganeso varían mucho de una especie a otra, aunque el más frecuente suele ser una clorosis intervenal pudiendo hacer manchas necróticas de las hojas. Generalmente, los síntomas suelen aparecer primero en las hojas más jóvenes, aunque también se dan casos de aparición anterior en las hojas más viejas. En la semilla de leguminosas pueden presentarse necrosis en los cotiledones o en el embrión (Barceló *et al.*, 2003).

### **Fierro**

He *et al.*, (2000) menciona que la concentración total de fierro aportado por la composta es de 2,000 a 16,000 mg kg<sup>-1</sup>. Además que en los biosolidos tiene una concentración relativamente más alta de fierro, pero su solubilidad en agua es mas baja (la formas insolubles de fierro son las dominantes). Zhenli *et al.*, (2005) indica que las compostas a base de residuos sólidos urbanos generalmente contienen menos fierro que los elaborados a partir de biosolidos. El fierro funciona como componente estructural y como cofactor enzimático. Forma parte estructural de los citocromos, citocromos oxidasa, catalasa, peroxidasa y ferredoxina, se encuentra tanto en sistemas respiratorios como fotosintetizadores. Aproximadamente el 75 por 100 del fierro celular está asociado con los cloroplastos datos significativos del importante papel que este elemento desempeña en la fotosíntesis. El fierro es esencial para la síntesis de clorofila. Participa en la reacciones redox tanto en la respiración como la fotosíntesis. De la primera, formando parte estructural de los citocromos y citocromos oxidasa: de la segunda,

formando parte de la ferredoxina. Un dato a tener en cuenta, en relación con el metabolismo del hierro, es su baja movilidad en los tejidos vegetales. Esta movilidad, según Wallace, está influida negativamente por varios factores, como el elevado contenido en fósforo, deficiencia de potasio, cantidad elevada de manganeso y baja intensidad lumínica. La presencia de bicarbonato en el medio radicular reduce la movilidad de Fe en los tejidos vegetales. Esta es la razón de que, en ocasiones, la deficiencia de Hierro no es tal, sino que es un problema de movilidad del mismo. La deficiencia de hierro aparece en las hojas como un color verde pálido (Clorosis) mientras que las nervaduras permanecen verdes. Debido a que el hierro no se transloca dentro de la planta. Los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas jóvenes (Barceló *et al.*, 2003). Una deficiencia severa puede dar a toda la planta un color amarillento a blanquecino. La deficiencia del hierro se debe a un desbalance con otros metales como el cobre y el manganeso en planta así como a un excesivo contenido de fósforo en suelo (Potash and Phosphate Institute, 1997).

### **Cobre**

Las concentraciones de cobre en las composta varia de 43 a 630 mg kg<sup>-1</sup> (Vogtmann *et al.*, 1993; De Haan, 1981), sin embargo el cobre en las composta forma un quelato con la materia orgánica y puede ser nos disponible para la planta antes de la mineralización de las fracciones orgánicas (Zhenli *et al.*, 2005). El cobre es tomado por la planta como un ión cúprico (Cu<sup>2+</sup>) divalente en suelos aireados o como un ión cuproso monovalente en suelos húmedos con poco oxígeno. Este elemento forma parte de un grupo de enzimas tales como tirosinasa, lacasa, fenolasas y ácido ascórbico oxidasa,



todos aquellos caracterizados por la utilización directa del oxígeno. El cobre interviene también en la fotosíntesis, formando parte de la plastocianina, proteína que participa en el transporte de electrones fotosintéticos. La deficiencia de cobre interfiere de alguna forma como síntesis de proteínas y al igual que la deficiencia de zinc provoca un acúmulo de compuestos nitrogenados solubles. Como el fierro participa en reacciones redox. Citocromo oxidasa en el último paso a la cadena respiratoria contiene este elemento, aunque su función principal en vegetales es formando parte de la plastocianina, transportador de electrones entre el fotosistema II y I. Aunque los síntomas pueden variar mucho en las distintas especies, esta deficiencia suele provocar una necrosis del ápice de las hojas jóvenes que progresa a lo largo del margen de la hoja, pudiendo quedar los bordes enrollados. Las hojas pueden presentar clorosis, muriendo a menudo los brotes jóvenes (Barceló *et al.*, 2003).

### **Zinc**

El zinc en las plantas es absorbido como ( $Zn^{2+}$ ) divalente. Las compostas normalmente contienen más zinc que cobre con una concentración que varía de 211 a 1650 mg kg<sup>-1</sup> (Vogtmann *et al.*, 1993; De Haan, 1981). Los marcados efectos que la deficiencia de zinc tiene en el crecimiento vegetal se deben a las relaciones de este elemento con los niveles de auxinas. En plantas deficientes en zinc, la concentración de ácidos indolacético disminuye antes de que aparezcan los primeros síntomas. Juega un papel importante en biosíntesis de las auxinas que parece indicar que este elemento desempeña un papel importante en la ruta metabólica, que desde el triptófano, conduce a la formación de ácido indolacético, además de su papel en la biosíntesis de las auxinas

el zinc participa en el metabolismo vegetal como activador de varias enzimas como la anhidrasa carbónica cuyo niveles en plantas con deficiencia de zinc son solo un 10 por 100 de su concentración normal. Otras enzimas que requieren zinc son: alcohol deshidrogenasa, algunas piridín nucleótidos deshidrogenasas, glucosa-6- fosfato deshidrogenasa y triosa fosfato deshidrogenasa. Los primeros síntomas de deficiencia corresponden a una clorosis localizada entre los nervios corresponden una clorosis localizada entre los nervios de las hojas mas viejas, que se suele iniciar en el ápice y en los bordes. Se produce un retardo en el crecimiento que se manifiesta en forma de hojas más pequeñas y entrenudos más cortos. El aspecto irregular de la hoja es quizás el síntoma más fácil de reconocer. En caso extremos, la floración y la fructificación son frecuentemente dañados. La planta entera adquiere un aspecto de roseta o achaparrado (Barceló *et al.*, 2003).

### **Sodio**

En la naturaleza se encuentra como catión monovalente, se absorbe a los coloides de arcilla y a niveles elevados es capaz de desplazar al calcio y al potasio. Entre las funciones del sodio en las plantas encontramos las siguientes: Es un activador de las enzimas ATP-*asas* en las plantas. Puede remplazar al potasio en las enzimas que intervienen en la síntesis del almidón. Es requerido por las especies vegetales que presentan metabolismo de fijación de carbono (C4 y MAC). El sodio estimula el crecimiento de las plantas a través del alargamiento celular. La deficiencia de sodio causa problemas de clorosis y necrosis y es notorio que impida la formación de flores (Salisbury and Ross, 1994).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en dos etapas: en la primera, seis compostas fueron seleccionadas: la primera a base de gallinaza (MY) (Miyaorganic<sup>®</sup>) y la segunda a base de estiércol de bovino (OR) (Organodel<sup>®</sup>), ambas originarias de la región sureste de Coahuila. Una lombricomposta de estiércol de bovino (LO), otra elaborada de residuos de la industrialización de agave tequilero (AG), así como maleza arbustiva (MA) y de estiércol de ovino (BO). Estas últimas cuatro compostas provenientes de la región centro-oeste del estado de Jalisco. En el Cuadro 1, se presenta el material de origen y el tiempo de maduración de las seis compostas. A todas las compostas se le midió el pH en agua (relación 5:1 volumen / peso), la conductividad eléctrica (CE) (extracto de saturación), carbón orgánico (CO), materia orgánica (MO) y la relación carbono / nitrógeno (C/N) (Walkley and Black, 1934), concentración de ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF) (López *et al.* 2006), nitrógeno total (NT) (Kjeldalh), fósforo (P) (colorimetría), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), sodio (Na), boro (B) y zinc (Zn) totales (digestión con una mezcla ácido nítrico y perclórico relación 1:2), extractables (Umetsu *et al.* 2001) e hidrosolubles (relación 1:20 suelo / agua). La cuantificación de los minerales se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica (marca Varian y modelo AA1275).

Para evaluar las propiedades químicas y el valor nutrimental de las seis compostas se realizó un diseño experimental completamente al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia  $\alpha$  igual a 0.01. La prueba de Shapiro-Wilk se aplicó para sustentar la suposición de normalidad en los errores y la prueba de Bartlett para la homogeneidad de varianza.

Tabla 1. Materiales de elaboración de seis compostas y tiempo de maduración.

Composta	Material	Maduración
*Miyaorganic® (MI)	Gallinaza y paja de trigo	Dos días
*Organodel (OR)	Estiércol de bovino y suelo alcalino	60 a 80 días
**Maleza (MA)	Maleza arbustiva y tierra común	45 días
**Borrego (BO)	Estiércol de ovino, restos de maíz y tierra común	45 días
**Lombriz (LO)	Estiércol de bovino, tierra común, restos de maíz	45 días
**Agave (AG)	Fibra de agave, estiércol de porcino, tierra común	45 días

\*Compostas del sureste del Estado de Coahuila.

\*\*Compostas del centro-oeste del Estado de Jalisco.

En la segunda etapa se escogieron dos de las compostas analizadas anteriormente, una comercial denominada Miyaorganic® (MY) y otra elaborada de forma tradicional llamada lombricomposta (LO). En el Cuadro 1. Se muestra las características de las dos compostas seleccionadas.

Tabla 2. Características químicas y nutrimentales de las dos compostas seleccionadas.

Características composta		Miyaorganic <sup>®</sup> (MY)	Lombricomposta (LO)
Químicas			
Materia Orgánica	(MO) %	78.70	44.00
Carbono Orgánico	(CO) %	45.63	25.52
Relación	(C/N)	29.82	22.78
pH		8.76	7.36
Conductividad Eléctrica C. E.		3.79	0.35
Ácidos Fulvicos	(AF) %	100.34	82.14
Ácidos Húmicos	(AH) %	5.75	6.76
Macronutrientos			
Nitrógeno	(N) %	1.53	1.12
Fósforo	(P) %	0.0053	0.0123
Potasio	(K) %	1.713	0.090
Calcio	(Ca) %	6.38	5.55
Magnesio	(Mg) %	1.53	1.62
Micronutriente			
Manganeso	(Mn) mg kg <sup>-1</sup>	66.7	333.3
Fierro	(Fe) mg kg <sup>-1</sup>	1033	3077
Cobre	(Cu) mg kg <sup>-1</sup>	38.9	66.7
Zinc	(Zn) mg kg <sup>-1</sup>	0	150
Sodio	(Na) mg kg <sup>-1</sup>	2583.3	44.0

### Localización del Experimento

La segunda etapa se realizó en el área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a los 25° 23’ de latitud norte, 101° 00’ de longitud oeste y a la altura de 1742 m.s.n.m.

### Metodología

Una “cama” de un metro de ancho, 10 m de largo y un metro de profundidad, fue llenada con el horizonte Ap de un Calcisol con las siguientes características: pH 8.3 (relación peso / volumen 1:2); 0.6 por ciento de materia orgánica (Walkley and Black,

1934); 32 por ciento de carbonato de calcio (volumetría); donde existe una textura limo-arcillosa (pipeta de Robinson). Aquí se dividieron 10 áreas de  $1\text{m}^2$  en las cuales se adicionaron los tratamientos de 1000 y 2000  $\text{kg h}^{-1}$  de las dos compostas seleccionadas y estiércol de bovino como testigo. En charolas de poliestireno de 200 cavidades, se sembraron semillas de girasol ornamental híbrido “Sunbright”, donde se empleó peat-moss mezclado con “perlita” como sustrato, para producir la plántula. Cuando éstas contenían cuatro hojas verdaderas, se transplantaron 49 plántulas.  $\text{m}^2$ .

Las variables medidas a la planta fueron: altura (AP), diámetro de tallo (DT) y capítulo (DC). Al tejido vegetal de follaje se le analizó, nitrógeno (N) (Micro-Kjeldallh), fósforo (P) (colorimetría), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y boro (B) (vía húmeda por medio de un espectrofotómetro de absorción atómica, marca Varian, modelo AA1275). Con estos valores, se efectuó un diagnóstico nutrimental, mediante el Porcentaje de Desviación Óptima (DOP) (Montañés *et al.*, 1995).

El experimento se distribuyó de acuerdo a un diseño completamente al azar, el cual constó de 10 tratamientos con cinco repeticiones y cinco plantas formaron una repetición. El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza (ANVA), la prueba de medias Tukey al ( $P < 0.05$  y  $0.01$ ), homogeneidad de varianza (Bartlett) y la prueba de normalidad (Shapiro) además para tratamientos que no cumplieran con el supuesto de normalidad se empleó la prueba de Kruskal- Wallis para lo cual se emplearon los programas estadísticos para computador MINITAB versión 14 y “R”.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Primera Etapa**

#### **Características Químicas**

Los valores superiores de materia orgánica (MO) y carbón orgánico (CO) se encontró en las compostas del sureste del estado de Coahuila, mientras que las compostas del centro-oeste de Jalisco presentaron cantidades aceptables de acuerdo a los niveles establecidos por Pomares y Canet, (2001). Para el US Composting Council (2003), solo la composta a base de maleza (MA) sale de lo propuesto con anterioridad, la composta Miyaorganic (MI) superó a todas las compostas en el contenido de materia orgánica (MO) y carbón orgánico (CO) siendo estas características de gran importancia ya que el aporte de materia orgánica (MO) mejora la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrimentos y la capacidad de retención de agua; mientras que el carbón orgánico (CO) es un parámetro importante como indicador de la concentración de la materia orgánica; La madurez de una composta ocurre cuando los componentes orgánico están completamente degradados y no puede ser descrita por una sola propiedad, en cambio es descrita por dos o mas características, por ejemplo la relación C/N y el contenido de sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvico) US Composting Council, (2003). Así la relación C/N proporciona una estimación directa de los compuestos orgánico biológicamente degradables, lo cual indica la facilidad y/o

dificultad de descomposición de los mencionados compuesto Hughes, (1980), Anon, (1998) propone que la relación de estos elementos es un indicador de la descomposición de los materiales y cuando estos se encuentran maduros. Por lo general una relación C/N menor de 25 o más cercana al 15 en una composta se considera madura (Pascual *et al.*, 1997). La más alta relación C/N la tuvo la composta de agave (AG) seguida por Miyaorganic (MI) indicando que son las compostas menos maduras por su materiales de elaboración y por su tiempo de maduración respectivamente la relación C/N inferior la presentó la composta de maleza (MA), el pH las compostas del centro-oeste de Jalisco, tiene pH ligeramente alcalino y las del sureste de Coahuila, alcalino. Para Pomares y Canet, (2001) y Bord na Mona, (2003), el rango de pH para que una composta sea empleada como fertilizante es de 7 a 8 y de 6.9 a 8.3, respectivamente, lo cual indica que solo la composta Miyaorganic (MI) no reúne el requisito de pH para ser considerada como fertilizante orgánico. Para conductividad eléctrica (CE), las compostas del sureste del estado de Coahuila están por arriba del limite máximo propuesto por los mismos investigadores mientras que Barker (1997), establece que cuando una composta posee una conductividad eléctrica (CE) elevada, ocasiona efectos perjudiciales porque inhibe crecimiento y por consiguiente el rendimiento de los cultivos. La composta con el mayor contenido de ácidos fúlvicos (AF) fue borrego (BO) y de ácidos húmicos (AH) Organodel (OR) (Cuadro 5).



Tabla 3. Algunas características químicas de seis compostas de diverso origen.

Composta	MO (%)	CO (%)	Relación C/N	pH	C.E. (dS/m)	AF (%)	AH (%)
Miyaorganic	78.70 a	45.63 a	29.82 b	8.76 a	3.79 b	89.04 b	5.75 d
Organodel	55.70 b	32.29 b	14.28 e	8.09 b	7.13 a	25.60 f	32.50 a
Maleza	18.00 e	10.44 e	11.34 f	7.12 e	0.55 e	43.10 d	4.46 f
Borrego	30.00 d	17.40 d	17.93 d	7.15 e	1.13 c	90.06 a	5.53 e
Lombriz	44.00 c	25.52 c	22.78 c	7.36 d	0.35 f	82.14 c	6.76 c
Agave	45.70 c	26.49 c	38.39 a	7.75 c	0.73 d	31.08 e	18.78 b

Las medias resultaron significativamente diferentes ( $\theta^* < 0.01$ ), según la prueba de Tukey, los errores resultaron normales según la prueba Shapiro-Wilk y existe homogeneidad de varianzas según la prueba de Bartlett.

\* Medias con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.01).

### Nutrientos Totales

La composta Organodel (OR), presentó el mayor contenido de nitrógeno (N), superando a agave (AG) en 227 por ciento. El fósforo (P), fue superior en la lombricomposta (LO) siendo mayor que la composta de maleza (MA) y borrego (BO) en 193 por ciento. El valor de potasio (K) que se detectó en la composta organodel (OR) superó en 3800 por ciento al detectado en la composta de agave (AG). En calcio (Ca) la composta Organodel (OR), con tiene 144 por ciento mayor que la de borrego (BO). La mayor cantidad de magnesio (Mg), la presentó la composta organodel (OR) superando en 488 por ciento a la composta elaborada con fibra de agave y estiércol de porcino (AG) (Cuadro 6). La lombricomposta (LO), superó a la composta Miyaorganic (MI) en los contenidos de manganeso (Mn) con 399 por ciento, de cobre (Cu) con 71 por ciento, de zinc (Zn) con 150 por ciento. En sodio (Na) la composta de maleza (MA) superó en 12829 por ciento a la lombricomposta (LO) mientras que en la cantidad de fierro (Fe) sobrepasó a la composta elaborada con residuos de agave (AG) en 250 por ciento

(Cuadro 7). Para que una composta sea considerada como fertilizante, es necesario que contenga como mínimo 1.1 por ciento de nitrógeno total NT (Pomares y Canet, 2001), por lo que en este trabajo las compostas organodel (OR), Miyaorganic (MI) y la lombricomposta (LO) son las que reúnen este requisito. Los mismos investigadores y Bord na Mona (2003), establecieron que los niveles de fósforo (P) deberían ser los mismos que para nitrógeno total (NT) y ninguna de las seis compostas evaluadas cumple con esta característica, por lo que se haría necesaria la mezcla de las compostas con fertilizante a base de fósforo (P), aunque hay que considerar la lenta disponibilidad de estos compuestos químicos y la formación de sustancias insolubles en el suelo. Las compostas procesadas en el sureste de Coahuila, poseen las cantidades superiores de potasio (K) y aquí se puede comentar que, de manera general, las compostas no contienen cantidades suficientes de este nutrimento, porque es muy soluble en agua y hasta un 80 por ciento puede lixiviarse en el proceso de compostado (Fricke and Vogtmann, 1994; Umetsu *et al.*, 2001). Para Fricke and Vogtmann (1994), el rango típico de calcio (Ca) en una composta es de 1.0 a 4.0 por ciento y de magnesio (Mg) es de 0.2 a 0.4 por ciento, en base a peso seco. En este trabajo, las concentraciones superiores de estos nutrimentos las presentó la composta organodel (OR), con una proporción de 2 (12 %): 1 (6 %), lo cual está por encima de los rangos comentados, sin embargo, Umetsu *et al.*, (2001), encontraron que en compostas obtenidas de estiércol de bovino los valores de estos elementos están por encima del 70 por ciento. De acuerdo con Zhenli *et al.*, 2005, los rangos de los micronutrimentos contenidos en cualquier composta son: manganeso (Mn) (400-600 mg kg<sup>-1</sup>), fierro (Fe) (2000-16000 mg kg<sup>-1</sup>), cobre (Cu) (43-630 mg kg<sup>-1</sup>) y zinc (Zn) (211-1650 mg kg<sup>-1</sup>), por lo que solo en fierro (Fe) organodel (OR), borrego (BO), maleza (MA), lombricomposta (LO) y agave (AG)

cumple el requisito y éstas junto con todas las demás, no están dentro de los niveles propuestos. Estos elementos, en el proceso de mineralización, forman quelatos con los compuestos orgánicos por lo que no pueden ser disponibles para las plantas. El boro (B) no fue determinado.

Tabla 4. Macronutrientes totales de seis compostas de diverso origen.

Composta	N (%)	K (%)	P (%)	Mg (%)	Ca (%)
Miyaorganic	1.53 b	1.713 b	0.0053 b	1.527 b	6.388 b
Organodel	2.26 a	1.951 a	0.0101 a	5.300 a	12.222 a
Borrego	0.92 d	0.212 c	0.0043 b	1.020 c	4.444 d
Maleza	0.97 cd	0.059 de	0.0042 b	1.034 c	5.000 d
Lombriz	1.12 c	0.090 cd	0.0123 a	1.626 b	5.556 b
Agave	0.69 e	0.050 e	0.0053 b	0.900 d	5.833 c

Las medias resultaron significativamente diferentes ( $\theta^* < 0.01$ ), según la prueba de Tukey, los errores resultaron normales según la prueba Shapiro-Wilk y existe homogeneidad de varianza según la prueba de Bartlett. \* medias con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.01)

Tabla 5. Micronutrientes totales de seis compostas de diverso origen.

Composta	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Na (mg kg <sup>-1</sup> )
Miyaorganic	66.7 c	1033 b	38.9 c	0.00 d	2583.30 b
Organodel	116.7 ab	2966 ab	50.0 b	38.9 bc	5688.90 a
Borrego	183.3 c	3000 a	50.0 b	63.6 c	950.00 c
Maleza	244.4 bc	2361 a	55.6 c	50 bc	2811.13 b
Lombriz	333.3 a	3077 a	66.7 a	150 a	44.00 c
Agave	116.7 c	3622 a	66.7 a	96.4 b	2677.8 b

Las medias resultaron significativamente diferentes ( $\theta^* < 0.01$ ), según la prueba de Tukey, los errores resultaron normales según la prueba Shapiro-Wilk y existe homogeneidad de varianza según la prueba de Bartlett. \*medias con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.01).

### Nutrientes Extractables

La composta a base de maleza arbustiva y tierra común (MA), presentó el mayor contenido de fósforo (P) y superó en 480 por ciento a Organodel (OR) que a su vez fue mayor en 3738 por ciento de potasio (K) a la composta de agave (AG). Agave (AG)

aventajó en 76 por ciento a la de maleza (MA) en la cantidad de calcio (Ca); mientras que la lombri-composta (LO) superó en 169 por ciento a la de maleza (MA) en la cantidad de magnesio (Mg) (Cuadro 8). La composta de maleza (MA) tiene el mayor valor de manganeso (Mn) y superó a la lombricomposta (LO) en 2121 por ciento. La composta Organodel (OR) aventajó en 281 por ciento a Miyorganic (MI) en el valor de fierro (Fe) y en el de sodio (Na), Organodel (OR) adelantó en 283 por ciento a las compostas de borrego (BO) y lombriz (LO). Ninguna presentó cobre (Cu), boro (B) y zinc (Zn) (Cuadro 9). La cantidad de nutrimentos extractables en todas las compostas están muy por debajo de lo establecido por Umetsu *et al.*, (2001).

Tabla 6. Macronutrimientos extractables de seis compostas de diverso origen.

Composta	K (%)	P (%)	Mg (%)	Ca (%)
Miyaorganic	0.07376 a	0.00041 b	0.01090 c	0.03433 b
Organodel	0.07523 a	0.00010 d	0.01606 b	0.05233 a
Borrego	0.01013 b	0.00024 c	0.01253 c	0.03366 b
Maleza	0.00646 c	0.00058 a	0.00766 d	0.03066 b
Lombriz	0.00440 d	0.00047 b	0.02063 a	0.04866 a
Agave	0.00196 e	0.00026 c	0.01106 c	0.05400 a

Las medias resultaron significativamente diferentes ( $\theta^* < 0.01$ ), según la prueba de Tukey, los errores resultaron normales según la prueba Shapiro-Wilk y existe homogeneidad de varianza según la prueba de Bartlett.

\*medias con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.01)

Tabla 7. Micronutrimientos extractables de seis composta de diverso origen.

Composta	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Na (mg kg <sup>-1</sup> )
Miyaorganic	0.00 c	1.66 c	27.33 c
Organodel	0.00 c	6.33 a	283.66 a
Borrego	7.16 a	5.66 a	0.00 d
Maleza	8.00 a	3.33 bc	4.00 d
Lombriz	1.46 b	5.66 a	0.00 d
Agave	2.50 b	3.66 b	68.66 b

Las medias resultaron significativamente diferentes ( $\theta^* < 0.01$ ), según la prueba de Tuckey, los errores resultaron normales según la prueba Shapiro-Wilk y existe homogeneidad de varianza según la prueba de Bartlett.

\*medias con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.01).

### Nutrientes Hidrosolubles

En los nutrientes solubles en agua, se encontró que la composta Miyaorganic (MI) fue superior en fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en contra de las otras compostas. Para hierro (Fe), solo las compostas del centro oeste del estado de Jalisco presentaron este nutriente, para borrego 2.60 mg kg<sup>-1</sup>, maleza 2.13 mg kg<sup>-1</sup>, lombricomposta 1.80 mg kg<sup>-1</sup> y residuos de agave 2.33 mg kg<sup>-1</sup>. No se detectó cobre (Cu), zinc (Zn), sodio (Na), manganeso (Mn) y boro (B), en ninguna composta. Las seis compostas están por debajo de los rangos propuestos por LAGA, (1995) y Zarela *et al.*, (1993) (Cuadro 10).

Cuadro8. Macronutrientes solubles de seis compostas de diverso origen.

Composta	K (%)		P (%)		Mg (%)		Ca (%)	
Miyaorganic	0.0176	a	0.00029	a	0.0025	a	0.0030	a
Organodel	0.00	c	0.00022	b	0.00	e	0.00	c
Borrego	0.0014	b	0.00015	b	0.00096	c	0.0020	ab
Maleza	0.00	c	0.00015	b	0.00053	d	0.0016	b
Lombriz	0.0007	b	0.00011	b	0.00193	b	0.0026	ab
Agave	0.00	c	0.00	c	0.00093	c	0.0023	ab

Las medias resultaron significativamente diferentes ( $\theta < 0.01$ ), según la prueba de Tukey, los errores resultaron normales según la prueba Shapiro-Wilk y existe homogeneidad de varianza según la prueba de Bartlett.

\*medias con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.01).

### Segunda Etapa

A partir de los (Cuadros 9 y 10) se observó que a los 45 días después de trasplante (ddt), al adicionar la lombricomposta a 1000 kg ha<sup>-1</sup> (LO-1000), superó al tratamiento de estiércol de bovino solo a 1000 kg ha<sup>-1</sup> (T-1000), en el contenido de nitrógeno (N) del tejido vegetal de follaje; a los 90 ddt, al agregar el estiércol de bovino solo a 2000 kg ha<sup>-1</sup> (T-2000, aventajo a los demás tratamientos y a los 135 ddt la composta Miyaorganic® a 1000 kg ha<sup>-1</sup> adelanto de igual forma a todas las demás. La dinámica del

nitrógeno, esta en función del origen de la materia orgánica y de la relación C/N (Hadas y Portnoy, 1997; Amlinger and Betina, 2002); aquí se observa que la lombricomposta tiene una menor relación C/N que la de estiércol de bovino y la composta Miyaorganic®, las cuales son inmaduras (Cuadro 3). La lombricomposta proporciono el nitrógeno en la primera etapa del cultivo, sin embargo, de acuerdo con el análisis Desviación Óptima de Porcentaje (DOP) es deficiente; mientras que de los 45 a los 135 días el nitrógeno fue excesivo según lo propuesto por Mathers and Stewart, (1982). Porque tanto el estiércol de bovino como la composta Miyaorganic® poseen una relación C/N mayor y por lo tanto el nitrógeno se libera mas lentamente. Esto concuerda con lo establecido por Amlinger and Betina, (2002), al decir que cualquier composta es una reserva de nitrógeno orgánico, el que es mineralizado lentamente en el suelo, es decir, el primer año el 15 por ciento y en los años subsecuentes entre un dos a un ocho por ciento, cada año. Desde el momento del transplante hasta los 90 días es decir del inicio a la aparición del botón floral, el girasol no registra gran cantidad de nitrógeno, sin embargo, a partir de estos estadios y hasta la madurez del capitulo, la demanda de nitrógeno es grande (Uhart y Echeverria, 2000).

Ninguna de las dos compostas empleadas aportaron cantidades necesarias de fósforo al girasol ornamental, porque no hay efectos significativos de estas, en el tejido vegetal del follaje y en función del análisis DOP, este elemento fue deficiente durante todo el ciclo de cultivo según lo propuesto por Spencer and Chan, (1981). Lo anterior concuerda con Pomares y Canet (2001); donde establecen que una composta puede aportar fósforo a la planta, siempre y cuando contengan entre 0.4 y 1.1 por ciento de nutrimento. Además, Cabrera y Murillo, (1991) comenta que la eficacia de las

compostas en el aporte de fósforo, para la nutrición vegetal, tiene amplia variación en su uso, por lo que es necesaria la adición de fertilizantes químicos a base de este nutrimento.

A los 45 ddt la superior cantidad de potasio en el tejido vegetal de follaje fue del girasol producido con Miyaorganic® a 1000 kg ha<sup>-1</sup> (MY-1000) y el testigo con estiércol de bovino a 2000 kg ha<sup>-1</sup> (T-2000). A los 90 ddt la composta Miyaorganic® a 1000 kg ha<sup>-1</sup> (MY-1000) y la Lombricomposta a 1000 kg ha<sup>-1</sup> (LO-1000) representaron los niveles más altos de este nutrimento. A los 135 días Miyaorganic a 2000 kg ha<sup>-1</sup> (MY-2000) y el testigo a 2000 kg ha<sup>-1</sup> sobresalieron sobre los otros tratamientos. Conforme se desarrolló el cultivo el contenido de potasio disminuyó en forma progresiva ya que este nutrimento es altamente móvil en los tejidos vegetales y en la célula (Marschner, 1995) el análisis DOP muestra que a pesar de los niveles de potasio presentes en el tejido vegetal del follaje este nutrimento es deficiente. Según Zhenli *et al.*, (2005) la cantidad de potasio en las compostas varía de 0.7 a 1.2 por ciento. Se atribuye al origen de la composta, la disponibilidad del potasio por su alta solubilidad que puede ser lixiviado, en la dinámica del suelo.

Para calcio a los 45 ddt la lombricomposta a 2000 kg ha<sup>-1</sup> fue la que superó en el tejido vegetal de follaje; mientras que para los 90 y 135 ddt no hay diferencias significativas en el tejido vegetal del follaje. Cuando se realizó el análisis DOP, para todas las fechas de muestreo fueron deficientes según los rangos propuestos por Blamey *et al.*, (1985). La disponibilidad del calcio depende de su origen y la composición de la materia prima (Zhenli *et al.* 2005); siendo la principal función del calcio el determinar la rigidez de la pared celular y mensajero secundario para la protección de la misma (Barceló *et al.* 2003).

En el magnesio a los 45 ddt en el tejido vegetal de follaje sobresalió la adición de estiércol de bovino a 2000 (T-2000) kg ha<sup>-1</sup>; a los 90 ddt la lombricomposta a 1000 (LO-1000) kg ha<sup>-1</sup> y a los 135 ddt Miyaorganic® a 2000 (MY-2000) kg ha<sup>-1</sup>. El análisis DOP arrojó que en las tres fechas de muestreos hay exceso de magnesio en el tejido vegetal, según los rangos propuestos por Weir (1983) y Blamey *et al.*, (1985). Tanto la lombricomposta como Miyaorganic® aportan al cultivo cantidades de magnesio que exceden los propuestos por Pomares y Canet (2001), los cuales son de 0.3 a 0.9 por ciento, además, esta situación provoca antagonismos con otros iones fundamentalmente el calcio y el potasio (Barceló *et al.* 2003). En la planta la función principal es formar parte de la molécula de clorofila, así como un activador enzimático; mientras que la deficiencia de este nutrimento provoca amarillamiento en las hojas y en la nervaduras (Barceló *et al.*, 2003)

A los 45 días ddt el tejido vegetal de follaje, al adicionar la lombricomposta a 1000 (LO-1000) kg ha<sup>-1</sup> el fierro fue superior. Para los 90 ddt el testigo a 1000 (T-1000) kg ha<sup>-1</sup> fue el que sobrepasó a todos. A los 135 ddt mostró que los tratamientos superiores fueron Miyaorganic® a 2000 (MY-2000) kg ha<sup>-1</sup>, lombricompostas a 2000 (LO-2000) kg ha<sup>-1</sup> y el testigo a 2000 (T-2000) kg ha<sup>-1</sup>. De acuerdo con los resultados del análisis DOP a los 45 días cuando se aplicaron Miyaorganic® a 1000 (MY-1000) kg ha<sup>-1</sup>, lombricomposta a 1000 y 2000 kg ha<sup>-1</sup> y el testigo a 1000 (T-1000) kg ha<sup>-1</sup>, hay exceso de fierro mientras que, al agregar Miyaorganic a 2000 (MY-2000) kg ha<sup>-1</sup> y el testigo a 2000 (T-2000) kg ha<sup>-1</sup> hay deficiencia del nutrimento. A los 90 y 135 ddt en todas las fechas de muestreo fueron deficientes lo anterior esta en concordancia con los rangos establecidos por Blamey *et al.*, (1985). Al comparar composta elaborados con



biosólidos y residuos de jardín, con las compostas empleadas en este experimento, según Zhenlin *et al.*, (2005), en las primeras la mineralización de fierro es mucho mayor que en las segundas por lo que en los cultivos producidos en estas ultimas, hay deficiencia del nutrimento.

Al adicionar la composta Miyaorganic® a 1000 (MY-1000) kg ha<sup>-1</sup> a los 45 y 135 ddt y este mismo compuesto, solo que a 2000 kg ha<sup>-1</sup> a los 90 ddt, realizaron el efecto significativo en el contenido de manganeso del tejido vegetal de follaje del girasol ornamental. De acuerdo con el analisis DOP, desde el transplante hasta los 90 ddt, el contenido de manganeso fue optimo (Weir, 1983); mientras que a los 135 ddt, al agregar la composta Miyaorganic a 2000 kg ha<sup>-1</sup> y la lombricomposta a 1000 kg ha<sup>-1</sup> la cantidad fue optima y con los demás tratamiento hay exceso de este nutrimentos (Blamey *et al.*, 1985). De acuerdo con Zhelin *et al.*, (2005), esto es gracias a la solubilidad alta del manganeso y por lo tanto a la alta disponibilidad de este.

El contenido de zinc en el follaje a los 45 y 135 ddt no mostró diferencias significativas; mientras que a los 90 ddt la lombricomposta a 2000 (LO-2000) kg ha<sup>-1</sup>, superó a los demás. Al efectuar el análisis DOP, a los 45 ddt, la cantidad de zinc fue óptima. A los 90 ddt, con la adición de la composta Miyaorganic® a 2000 (MY-2000) kg ha<sup>-1</sup> y los testigos a 1000 y 2000 kg ha<sup>-1</sup> que el contenido de zinc fuera optimo; mientras que al agregar Miyaorganic® a 1000 (MY-1000) kg ha<sup>-1</sup> y la lombricomposta a razón de 1000 y 2000 kg ha<sup>-1</sup>, el valor del zinc es deficiente a los 135 ddt con todos los tratamientos, hay exceso de zinc. Martens y Westermann (1991), menciona que en suelos calcáreos y arenosos hay deficiencia de zinc y Zhenlin *et al.*, (2005) estipulan que

la aplicación de composta en este tipo de suelos, aumenta la disponibilidad y mejorar la nutrición de la planta ya que este es muy soluble. La mineralización de este nutrimento incrementa la disponibilidad del mismo o su potencial de extracción. El aumento de la disponibilidad del zinc, es benéfico para los suelos deficientes, pero aumenta la toxicidad de este nutrimento.

Los tratamientos, a los 45, 90 y 135 ddt, no realizaron efectos significativos en el contenido de cobre, en el tejido vegetal de follaje y de acuerdo con el análisis DOP, los contenidos del nutrimento, fueron los óptimos según los rangos establecidos por Blamey *et al.*, (1985).

En cuanto al contenido de sodio presente en el follaje a los 45 ddt al añadir Miyaorganic® a 1000 (MY-1000) kg ha<sup>-1</sup> y el testigo a 2000 (T-2000) kg ha<sup>-1</sup>, superó a los demás tratamientos; para los 90 ddt mostró que los tratamientos Miyaorganic® a 1000 (MY-1000) kg ha<sup>-1</sup>, la lombricomposta a 1000 y 2000 kg ha<sup>-1</sup> y el testigo a 1000 (T-1000) kg ha<sup>-1</sup> fueron superiores en este nutrimento, mientras que a los 135 ddt la lombricomposta a 1000 (LO-1000) kg ha<sup>-1</sup> fue la que supero a las demás tratamiento. Al determinar el análisis DOP en las tres fechas de muestreo fue deficiente en el tejido vegetal de follaje según los rangos propuesto por Blamey *et al.*, (1985). Ozores and Vavrina, (1999) proponen que altos niveles de sodio en las compostas cuando son aplicadas al suelo provocan efectos adversos en la planta, mientras que, cuando el rango de este nutrimento es bajo puede ser alentador en la producción de raíces. Marschner (1998) menciona además incrementa la eficiencia de agua en la planta.

Tabla 9. Contenido de elementos nutrimentales de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental a los 45, 90 y 135 días de siembra, con la adición de dos compostas en un calcisol.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Na (mg kg <sup>-1</sup> )
45 días	(*)	(NS)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(NS)	(NS)	(*)
MY-1000	3.37 ab	0.0031 a	1.96 a	0.23 ab	2.61 b	370.17 ab	123.83 a	49.50 a	11.83 a	211.33 a
MY-2000	3.27 b	0.0028 a	1.90 a	0.18 b	1.82 d	181.17 d	82.33 d	41.83 a	11.83 a	198.83 ab
LO-1000	3.59 a	0.0024 a	1.76 b	0.22 ab	1.66 e	397.66 a	101.5 c	47.5 a	10.5 a	199.16 ab
LO-2000	2.98 c	0.0030 a	1.87 ab	0.29 a	2.79 b	281.83 c	108.00 bc	43.83 a	10 a	187.167 b
T-1000	2.70 c	0.0027 a	1.48 c	0.15 b	2.24 c	344.33 b	106.00 c	46.33 a	9.33 a	204.00 ab
T-2000	3.39 ab	0.0026 a	1.98 a	0.13 b	2.98 a	358.00 ab	117.00 ab	46.00 a	10.33 a	220.67 a
90 días	(*)	(NS)	(*)	(NS)	(*)	(*)	(*)	(*)	(NS)	(*)
MY-1000	3.64 ab	0.0028 a	1.80 a	0.25 a	1.59 c	152.50 bc	98.33 b	34.00 c	12.50 a	171.33 a
MY-2000	3.56 abc	0.0029 a	1.45 c	0.23 a	1.80 b	151.17 bc	119.83 a	42.17 ab	13.17 a	139.50 b
LO-1000	3.46 cd	0.0030 a	1.78 a	0.24 a	2.12 a	162.66 b	106.17 b	40.17 abc	13.67 a	174.33 a
LO-2000	3.45 bcd	0.0031 a	1.47 bc	0.17 a	1.62 c	148.83 bc	79.17 c	45.50 a	12.67 a	162.50 a
T-1000	3.35 d	0.0026 a	1.83 ab	0.27 a	1.65 c	194.33 a	77.67 c	34.33 bc	8.67 a	191.33 a
T-2000	3.62 a	0.0029 a	1.67 abc	0.18 a	1.66 c	139.67 c	86.67 c	34.67 bc	11.67 a	136.67 b
135 días	(*)	(NS)	(*)	(NS)	(*)	(*)	(*)	(NS)	(NS)	(*)
MY-1000	3.12 a	0.0024 a	1.09 bc	0.25 a	1.22 b	116.33 bc	87.50 a	37.83 a	9.50 a	99.83 c
MY-2000	2.26 d	0.0027 a	1.51 a	0.23 a	1.56 a	138.17 a	62.83 c	35.67 a	11.33 a	114.67 b
LO-1000	2.32 d	0.0024 a	1.17 b	0.28 a	1.23 b	120.17 b	80.67 ab	36.17 a	11.00 a	130.67 a
LO-2000	2.76 b	0.0029 a	1.00 cd	0.30 a	1.33 b	148.50 a	83.50 ab	35.83 a	10.17 a	93.00 c
T-1000	2.51 c	0.0027 a	1.15 b	0.20 a	0.78 c	105.00 cd	76.00 b	36.67 a	8.67 a	103.67 bc
T-2000	2.62 c	0.0024 a	1.40 a	0.20 a	1.28 b	134.00 a	82.67 ab	39.00 a	9.67 a	116.33 ab

Las medias resultaron significativamente diferentes ( $\theta^* < 0.05$ ), según la prueba de Tukey, los errores resultaron normales según la prueba Shapiro-Wilk y existe homogeneidad de varianza según la prueba de Bartlett.

\* Medias con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, al 0.05).

Tabla 10. Cuantificación nutrimental y sumatoria por D.O.P. en girasol ornamental en los tres muestreos (45, 90,135 días).

Cuantificación nutrimentos DOP												
Muestreo	Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Na (mg kg <sup>-1</sup> )	Sumatoria DOP
45 días	MY-1000	D	D	D	D	E	E	O	O	O	D	452.44
45 días	MY-2000	D	D	D	D	E	D	O	O	O	D	454.39
45 días	LO-1000	D	D	D	D	E	E	O	O	O	D	489.38
45 días	LO-2000	D	D	D	D	E	E	O	O	O	D	527.37
45 días	T-1000	D	D	D	D	E	E	O	O	O	D	422.64
45 días	T-2000	D	D	D	D	E	D	O	O	O	D	489.44
90 días	MY-1000	E	D	D	D	E	D	O	D	O	D	337.99
90 días	MY-2000	E	D	D	D	E	D	O	O	O	D	348.77
90 días	LO-1000	E	D	D	D	E	D	O	D	O	D	345.20
90 días	LO-2000	E	D	D	D	E	D	O	D	O	D	246.79
90 días	T-1000	E	D	D	D	E	D	O	O	O	D	366.74
90 días	T-2000	E	D	D	D	E	D	O	O	O	D	332.89
135 días	MY-1000	E	D	D	D	E	D	E	E	O	D	490.40
135 días	MY-2000	E	D	D	D	E	D	O	E	O	D	476.44
135 días	LO-1000	E	D	D	D	E	D	O	E	O	D	379.94
135 días	LO-2000	E	D	D	D	E	D	E	E	O	D	473.87
135 días	T-1000	E	D	D	D	E	D	E	E	O	D	435.39
135 días	T-2000	E	D	D	D	E	D	E	E	O	D	485.61

D- Deficiente

O- Optimo

E- Exceso

## Variables agronómicas

Para la variable de altura de planta a los 135 ddt el tratamiento sobresaliente es la Lombricomposta a 2000 (LO-2000) kg ha<sup>-1</sup>, superando al testigo a 1000 (T-1000) kg ha<sup>-1</sup>; en diámetro de tallo, los tratamientos Miyaorganic® a 1000 (My-1000) kg ha<sup>-1</sup> y el testigo a 1000 (T-1000) kg ha<sup>-1</sup> superaron a los otros; por ultimo en diámetro de capitulo Miyaorganic® a 2000 (MY-2000) kg ha<sup>-1</sup> y la lombricomposta a 1000 y 2000 kg ha<sup>-1</sup> fueron en los que tuvieron el mayor diámetro de capitulo en el experimento. (Cuadro 11).

Tabla 11. Variables agronómicas del girasol ornamental a los 135 días después del transplante.

Tratamiento (135 días)	AP (m)	DC (cm)	DT (cm)
MY-1000	1.1216 cd	4.902 b	1.278 a
MY-2000	1.2932 b	6.7 a	1.216 ab
LO-1000	1.192 c	6.262 a	1.216 ab
LO-2000	1.5594 a	6.412 a	1.23 ab
T-1000	0.6812 e	3.84 b	1.332 a
T-2000	1.042 d	4.62 b	0.996 b

Las medias resultaron significativamente diferentes ( $\theta^* < 0.05$ ), según la prueba de Tukey, los errores resultaron normales según la prueba Shapiro-Wilk y existe homogeneidad de varianza según la prueba de Bartlett.

\* Medias con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, al 0.05).

AP. Altura de planta

DC. Diámetro de capitulo

DT. Diámetro de tallo

## CONCLUSIONES

- La composta Organodel<sup>®</sup> contiene la cantidad superior de macro nutrimentos totales y extractables; la lombricomposta y la composta de maleza la de micro nutrimentos totales; mientras que la mayor cuantía de macro nutrimentos hidrosolubles, la presentó la composta Miyaorganic<sup>®</sup>
- La composta Miyaorganic<sup>®</sup> y la lombricomposta, no proporcionaron nitrógeno al inicio del ciclo del girasol, pero de la mitad hasta el final si. Estos compuestos no aportaron fósforo, potasio, calcio y sodio en todo el ciclo, mientras que si aportaron magnesio, manganeso, fierro, cobre y zinc en las diferentes etapas vegetativas. Además, la lombricomposta realizó efectos significativos en la altura de planta y diámetro de capitulo; mientras que Miyaorganic<sup>®</sup>, lo efectuó en el diámetro de tallo.

## LITERATURA CITADA

- Alcolea, M. y C. González. 2000. Manual de compostaje domestico. Barcelona. España.
- Altieri, M. 1987. Agroecology. The scientific basic of alternative agriculture. Boulder, CO: West view Press.
- Altieri, M. and C. I. Nicholls. 2000. Agro-ecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. México: PNUMA.
- Altman, A. and D. Streitz. 1997. Die sonnenblume liegt weitewr mi trend. TASPO. Gartenbau magazin.
- Amlinger, F. and G. Betina. 2002. Nitrogen in biowaste and yard trimming compost: dynamics of mobilization and availability- a review-. Austria, Environment agency Austria: 29.
- Anon. 1998. Testing Compost. The Ohio States University Extension Fact Sheet. ANR-15-03.
- Arredondo V., C. 1996. Aplicación de estiércol de bovino como complemento a la fertilización química de maíz temporal. P. 194. *En*: Memoria del XXXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Sonora. México.
- Atiyeh, R. M., J. Domínguez, S. Subler and C. A. Edwards. 2000. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*. 44: 709-724.
- Barceló C., J., G. Nicolás R., B. Sabater G. y R. Sánchez T. 2003. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide. España. p.128-134.
- Barker, A. V. 1997. Composting a Uses of Compost, Agricultural Uses of By- Products and Waste ASC Symposium series. *Amer. Chem. Soc.* 668: 140-162.
- Barker, A. V. 1997. Composting a Uses of Compost, Agricultural Uses of By- Products and Waste ASC Symposium series. *Amer. Chem. Soc.* 668: 140-162.
- Barral, M. T., M. Domínguez D. y F. Díaz Fierro-Viqueira. 2005. Usos del compost y papel de la materia orgánica del suelo. la situación gallega. . [http:// ecotono.net/descargas/2005\\_docs/06\\_DOCUMENTO.Uso\\_Compost y su papel en Galicia .pdf](http://ecotono.net/descargas/2005_docs/06_DOCUMENTO.Uso_Compost_y_su_papel_en_Galicia.pdf).

- Bellapart Vilá, Carlos. 1988. Agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química: fertilización natural la agricultura del futuro. Aedos. 280 p.
- Bernal, M. P., A. F. Navarro, A. Roig y J. Cegarra. 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization. *Soil, Biol. Biochem.* 30: 305-313.
- Bhandal, I. S. and C. P. Malik. 1988. Potassium estimation, uptake, and its role in the physiology and metabolism of flowering plant. *International Rev. Cyt.* 110:205-254.
- Blamey, F. P.C., C. J. Asher and D.G Edwards. 1985. Department of agriculture, Univ. of Queensland. Australia. Unpublished data.
- Bord na Mona. 2003. Compost Testing and Analyses Service. Interpretation of Results, available from Bord na Mona. New bridge. CO. Killare.
- Cabrera, F. y J. M. Murillo. 1991. Fate of phosphorus added with urban compost to a calcareous soil. *J. Environ. Sci. Health B.* 26: 83-97.
- Castellano R., J. Z. 1982. La importancia de las condiciones física del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. *Seminario Técnicos 7 (8):* 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos, J. Z., J. X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelo y agua. 2 ed. D.F. México.
- Cepeda D., J. M. 1985. Química de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo. México. P. 49.
- Claassen, V. P. and J. L. Carey. 2004. Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. *Compost Sci. Util.* 12 (2):145-152
- Conover W. J. 1999. *Practical Nonparametric Statistics* 3 ed. p. 288-295.
- De Haan, S. 1981. Results of municipal compost research over more than fifty years at the institute for soil fertility at Haren Groningen, The Netherlands. *Netherlands J. Agr. Sci.* 29: 49-61.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1999. Reconocimiento y manejo de los envenenamientos por pesticidas. 5 ed. EEUU 252 p.
- Franzluebbers, A. J. 1999. Microbial activity in response to water- filled pore space of variably eroded southern piedmont soil. *Appl. Soil Ecol.* 11: 91-101.



- Fricke, K. and H. Votgmann. 1994. Compost Quality: Physical Characteristic Nutrient Content, Heavy Metals and Organic Chemical. *Toxicological Envir. Chem.* 43: 95-114.
- Giusquiani, P. L. and C. Marucchini. 1988. Chemical properties of soil amended with compost of urban waste. *Plant and soil.* 109: 73-78.
- Hadas, A. and R. Portnoy. 1997. Rates of decomposition in soil and release of variable nitrogen from cattle manure and municipal solid waste. *Compost Sci. Util.* 5: 48-54.
- He, Z. L., A. K. Alva, P. Yan, YC. Li, D. V. Calvert, P.J. Stofella and D.J. Banks. 2000. Nutrient availability and changes in microbial biomass in composts during field incubation. *Compost Sci. and Util.* In press.
- Heeb, A., B. Lundegardh, T. Ericsson and G. P. Savage. 2005. Effect of nitrate- ammonium and organic-nitrogen-based fertilizers on growth and yield of tomatoes. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168:123-129.
- Hodge, A., J. Stewart, D. Robinson, B. S. Griffiths and A. H. Fitter. 2000. Plant N capture and microfaunal dynamics from decomposing grass and earthworm residues in soil. *Soil Biol. Biochem.* 32: 1763-1772.
- Hoitink, H. A. J. and M. Changa. 2004. Production and utilization guideline for disease suppressive composts. *Acta Hort.* 635: 87-92.
- Hue, N. V. 1990. Interaction of Ca (H<sub>2</sub> PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> applied to an oxisol and previous sludge amendment: soil and crop response. *Commun. Soil Sc. Plant Anal.* 21: 61-73.
- Hughes, E. G. 1980. The composting of municipal waste. In: *Handbook of Organic Waste Conversion.* Van Nostrand Reinhold (Ed.) 65-67.
- Jégou, D., D. Cluzeau, D. Hallaire, V. Balesdent and P. Tréhen. 2000. Burrowing activity of the earthworms. *Lumbricus tenestri* and *Aporrectodea giordi* and consequence on C transfer in soil. *Eur. J. Soil Biol.* 36: 27-24.
- Jiménez D., R. M. y J. Lamo De Espinosa. 1998. *Agricultura Sostenible.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Labrador, J. 1996. *La materia orgánica en los agrosistemas.* Mundi- Prensa. Madrid.
- LAGA, Merkblatt. 1995. *Criterios de Calidad y Recomendaciones de Uso para el Compost.* LAGA.
- López C., R., A. Gallego-del Tejo, E. Peña C., A. Reyes L., R. Castro F. y J. F. J. Chávez G. 2006. Substancias húmicas de origen diverso en algunas propiedades física de un suelo franco-arcillo-limoso. *Terra Latinoamericana.* 24 (3): 303-309.

- Mannion, A. M. 1995. Agriculture and environmental change. Temporal and Spatial dimensions. New York: Wiley.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2 ed. Academic Press. New York
- Marschner, H. 1998. Mineral nutrition of higher plants. Academic press.
- Martens, D. C. and D. T. Westermann. 1991. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. pp 549-592. In: Morvedt, J. J., F.R. Cox, L.M. Shuman and R. M. Welch. Micronutrients in agriculture. 2 ed. Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin.
- Mathers, A.C. and B. A. Stewart. 1982. Sunflower nutrient uptake, growth and yield as affected by nitrogen or manure, and plant population. *Agro. J.* 74: 911-915.
- Maynard, A. A. 1994. Sustained vegetable production for three year using composted animal manures. *Compost Sci. Util.* 2 (1): 88-96.
- McInerney, M. and T. Bolger. 2000. Decomposition of *Quercus petraea* litter: influence of burial, comminution and earth worms. *Soil Biol. Biochem.* 32: 1989-2000.
- Meléndez, G. y G. Soto. 2003. Taller de abonos orgánicos. Editado por CATIE. Costa Rica.
- Montagnini, F., and C. F. Jordan. 2002. Reciclaje de nutriente pp. 167-192. In: Guariguata M. R. and H. Catan (Comp.) *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Libro Universitario Regional (EULAC- GTZ). Costa Rica.
- Montañés, L., E. Monge, J. Val and M. Sanz. 1995. Interpretative possibilities of plant. analysis by the DOP index. *Acta Hort.* 383: 165-170.
- Murillo, J. M. y F. Cabrera. 1997. Response of clover *Trifolium fragiferum* L. cv. Salina to heavy urban compost application. *Compost Sci. and Util.* 5: 15-25.
- Nogales, R., C. Elvira, E. Benítez y F. Gallar D. 1996. Uso agrícola de compost y vermicompost de basuras urbanas (III): Capacidad de cesión de nutrientes al suelo y la planta. *Residuos*: 29: 61-67.
- Ozores H., M. and C. S. Vavrina. 1999. Yard trimmings- biosolids compost: possible alternatives to sphagnum peat moss in tomato transplant production. *Compost Sci. Util.* 7 (4):42-49.
- Pascual, J. A., M. Ayuso, C. García, y T. Hernández. 1997. Characterization of urban waste according to fertility and phytotoxicity parameters. *Waste Manag. Res.* 15: 103-112.
- Pomares, F. y F. Canet. 2001. Los residuos orgánicos utilizables en Agricultura: Origen, composición y características. En: *Aplicación agrícola de residuos orgánicos* (Boixadera, J. y Teira, M. R. Eds.) Universitat de Lleida.

- POTASH and PHOSPHATE INSTITUTE. 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. POTASH and PHOSPHATE INSTITUTE. GA 30092-2837 U.S.A.
- Raviv, M. 1998. Horticultural uses of composted materials. *Acta Hort.* 469: 225-234.
- Raviv, M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. *Hort. Tech.* 15(1): 52-57.
- Raviv, M., S. Medina, A. Krasnovky and H. Ziadna. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Sci. Util.* 12: 6:10.
- Rigby, D. and D. Cáceres. 1997. Sustainability of agricultural system. Institute for Development Policy and Management. Working Papers.10: 1-38.
- Salisbury, F. B. and C. W. Cleon. 1994. Fisiología vegetal. Grupo editorial Iberoamérica. México. p.141-148.
- Sauher, H. 1997. Gelbes zieht an: Rudbeckien und sonenblumem mi topf. *TASPO. Gartenbau magazin.*
- Schnitzer, M. 1990. Selected methods for characterization of soil humic substances In: Mc Carthy y Cols. (Ed): *Humic sustances in soil and crop sciences.* ASA & SSSA. Madison p. 65- 69.
- Soliva, M. 2002. Calidades do compost: influencia do tipo de materiais tratados e das condições do proceso. Curso de verano de la USC, *O Compost: avances na produccion, calidade e usos.*
- Soriano S., M. D. y V. Pons M. 2004. *Prácticas de Edafología y Climatología.* Alfaomega editor. Impreso en México. p. 54-74.
- Soto, G. y C. Muñoz. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo integrado de plagas.* 65:125-129. Costa Rica.
- Spencer, K. and C. W. Chan 1981. Critical phosphorus levels in sunflower plant. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 21: 91-97.
- Trápaga, Y. y F. Torres. 1994. El mercado internacional de la agricultura orgánica. UNAM, Facultad de Economía. *DGPADA, J: P. 221.*
- Uhart, S. A. y H. E. Echeverria. 2000. Diagnostico de la fertilización. P. 239-272. En: Andrade, F. H. y V. O. Sadrás. (Ed). *Bases para el manejo de Maíz, el girasol y la soja 2 ed.* INTA E. E. A. Balcarce- Universidad Nacional del Mar del Plata, facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Argentina.
- Umetsu, K., R. Kondo, M. Tani and T. Hayashi. 2001. Fertilizer value of anaerobically co-digested dairy manure and food processing wastes. In: *GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE. Proceedings of the Ist International Conference*

on Greenhouse Gases and Animal Agriculture. Obihiro, Japan, 7-11 November. Edited by J. TAKAHASHI & B. A. YOUNG. Elsevier.

- Uren, N. C. 1981. Chemical reduction of an insoluble higher oxide of manganese by plant roots. *J. Plant Nutr.* 4: 65-71.
- Us Composting Council. 2003. STA Test Parameter, available at: [http://tmecc.org/sta/compost\\_attributes.html](http://tmecc.org/sta/compost_attributes.html).
- Valdtighi, N. M., A. Pera, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi and D. Vallini. 1996. Effect of compost derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant-soil system: a comparative study. *Agr. Ecosystem Envir.* 58: 133-144.
- Vogtmann, H. K. Fricke and T. Turk. 1993. Quality, physical characteristics, nutrient content, heavy metals, and organic chemicals in biogenic waste compost. *Compost Sci. and Util.* 1(1): 69-87.
- Walkley, A. and C. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Weir, R. G. 1983. Tissue analysis for pasture and field crops. N. S. W. Department of agriculture Advisory Note No. 11/83.
- Zarela R., O., S. Salas y M. Sánchez. 1993. Manual de Lombricultura en Trópicos Húmedos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Iquitos.
- Zhao, S. W. and H. Fun- Zhen. 1992. The nitrogen uptake efficiency from N<sup>15</sup> labelled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure (cast). In: Veeresh G. K., D. Rajagopal and C. A. Viraktamath (Eds). *Advances in management and conservation of soil fauna*. New Dehli, India. p. 539-542.
- Zhenli, H., X. Yang, B. A. Kahn, P. J. Stoffella and D. V. Calvert. 2005. Ventajas que suponen la utilización de compost para la nutrición fosfórica, potásica, cálcica, magnésica y de micronutrientes En: *Utilización de Compost en los Sistemas de Cultivo Hortícola*. Stoffella, P. J. and B. A. Kahn. Editores Científicos. Ediciones Mundi-Prensa. España. 307-319.