

**TRANSFORMACION BIOLÓGICA DE  
RESIDUOS ORGÁNICOS Y GENERACION DE  
SUSTRATOS PARA EL DESARROLLO  
DE ESPECIES VEGETALES**

**ALEJANDRO MORENO RESENDEZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**Subdirección de Postgrado  
UNIDAD LAGUNA**

Torreón, Coahuila, México.  
Diciembre de 2005.

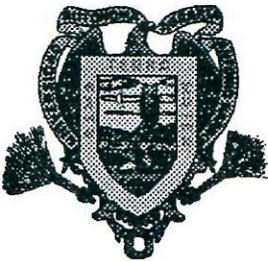
**TRANSFORMACIÓN BIOLÓGICA DE  
RESIDUOS ORGÁNICOS Y GENERACIÓN  
DE SUSTRATOS PARA EL DESARROLLO  
DE ESPECIES VEGETALES**

**ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE**

**DOCTOR EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**Subdirección de Posgrado**

**Torreón, Coahuila, México.  
Diciembre de 2005.**

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

## TRANSFORMACIÓN BIOLÓGICA DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y GENERACIÓN DE SISTRATOS PARA EL DESARROLLO DE ESPECIES VEGETALES

POR

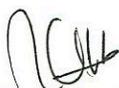
ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

Elaborado bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría  
y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS



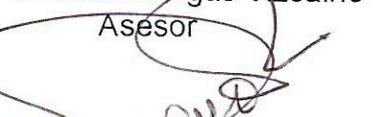
Dr. Rafael Rodríguez-Martínez  
Asesor principal



Dr. Raúl Villegas Vizcaíno  
Asesor



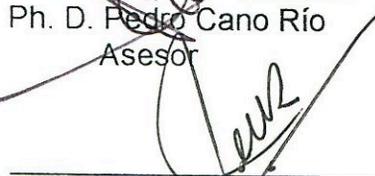
Dr. Jesús Vázquez Arroyo  
Asesor



Ph. D. Pedro Cano Río  
Asesor



Dr. Alejandro Hernández Herrera  
Asesor



MC Gerardo Arellano Rodríguez  
Jefe del Departamento de Postgrado



Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Subdirector de Postgrado

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2005

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**TRANSFORMACIÓN BIOLÓGICA DE  
RESIDUOS ORGÁNICOS Y GENERACIÓN DE  
SUSTRATOS PARA EL DESARROLLO DE  
ESPECIES VEGETALES**

**POR**

**ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ**

Elaborado bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría  
y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**Asesor**

**Dr. Miguel Arenas Vargas**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2005**

## **DEDICATORIA**

Con todo mi amor, admiración, cariño y respeto por el apoyo brindado incondicionalmente para:

**Mi esposa:**

Juanita Aguilar

**Mis Hijos:**

Alejandro III

Diego Armando Alejandro

Juan José Alejandro

**Mención especial para**

**Mi Madre**

Raquel Reséndez Vda. De Moreno, que como dice la Canción “El Reloj Cu Cu” de Maná, supo aguantar y nos dio principios y educación para la vida

**Mi Padre**

Alejandro Moreno Huerta por que junto con mi madre estableció las bases para mi vida y la de mis hermanos

María de Lourdes, José Eduardo y Raquel

## PREFACIO

*Las actividades de investigación orientadas a la sustentabilidad pretenden contribuir a reformar las relaciones vigentes entre la ecología, la sociedad y la economía como parte de un proceso de aprendizaje social. Para lograr esto es necesario que el papel de la ciencia sea redefinido como parte de una forma social de producción de conocimiento. Esto significa integrar la ciencia y el denominado "conocimiento local". Las formas locales de conocimiento cubren una amplia gama de aspectos relacionados con la agricultura orgánica y biodinámica, la medicina complementaria, la solidaridad basada en la economía y en la circulación de sistemas. Para realizar lo anterior, es evidente que la ciencia y los científicos juegan un papel importante en estos movimientos (Rist y Rist, 2004)<sup>1</sup>.*

El uso sostenible de los recursos naturales ha sido aceptado como tema prioritario en la agenda del desarrollo global desde las últimas décadas del siglo XX. Esta prioridad se debe, en gran parte, al agotamiento de los recursos, la generación de residuos y su impacto ambiental, y al incremento de la población y su demanda de alimentos, materias primas y espacios físicos para la construcción de viviendas. Igualmente, en las últimas décadas múltiples evidencias han documentado el creciente papel de los sistemas de producción agropecuaria en la degradación y agotamiento de los recursos naturales y en la contaminación del ambiente y de los alimentos. Esta tendencia alarmante y la multiplicación de sequías y brotes de plagas y enfermedades, la escasez de alimentos y las carestías parecen generar dudas sobre la posibilidad, principalmente, de proporcionar

---

<sup>1</sup> Rist, S., y Rist, L. 2004. Towards a post - materialist understanding of science – lessons learnt from the interface of biodynamic agriculture and research. Bridging Scales and Epistemologies: Linking Local Knowledge with Global Science in Multi-Scale Assessments. Alexandria, pp. 12. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/bridging/papers/rist.stephan.2.pdf>. Fecha de recuperación: 15 de junio de 2005.

suficientes cantidades de alimentos confiables y seguros a una población en constante aumento.

El panorama previamente descrito, el interés por nuevas formas de desarrollar las actividades agropecuarias se debe, en gran parte, a la creciente conciencia acerca de la conservación del ambiente, las preocupaciones sobre los riesgos a la salud asociados con el empleo de agroquímicos y las preferencias de los consumidores por alimentos seguros y libres de riesgo. Con respecto a la generación de residuos se estima que entre el 40 y 50 % pueden ser reciclados a través de diversos procesos debido a su naturaleza orgánica. El propósito fundamental de reciclar los residuos orgánicos es transformarlos en abonos para satisfacer la demanda nutritiva de las plantas y realizar su incorporación a los suelos sin dañar sus características.

El reciclaje de los residuos orgánicos es una alternativa económica y ambientalmente atractiva, tanto para su manejo sustentable, como para reducir su incineración y la demanda de espacios para establecer rellenos sanitarios. Para el reciclaje de estos materiales se cuenta con el proceso de formación de compost. Incluso, para facilitar la descomposición y estabilización de los residuos orgánicos se dispone de un proceso biológico similar, el cual es realizado por las lombrices de tierra.

La importancia de las lombrices para los sistemas que viven en el suelo y a favor de este recurso fue reconocida desde tiempos de Carlos Darwin. Hoy en día existen evidencias de que diversas especies

La recuperación de los documentos que conforman la base de datos personal, disponible para los interesados, se efectuó a través del período en que se realizaron los estudios de posgrado. Para la recuperación, además de la recuperación en bibliotecas universitarias, se utilizó la plataforma tecnológica para realizar visitas a bibliotecas virtuales e.g. "*Proceedings of the National Academy of Sciences*" (<http://www.pnas.org/>), "*Directory of Open Access Journals*" (<http://www.doaj.org/>), y "*HighWire Press® Stanford University Libraries*" (<http://highwire.stanford.edu/>), acceder a la Base de Datos de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos de Norteamérica (NLM – EUA) con el apoyo del administrador de bases de datos EndNote® utilizar el operador de búsqueda <http://www.google.com.mx/> y establecer comunicación personal con investigadores de diversas partes del mundo, por lo cual es posible manifestar que se tienen disponibles cerca del 90 % de los documentos recuperados como archivos "*Personal Document Format (PDF)*".

Para realizar la recuperación de los documentos se utilizaron, además de los nombres y apellidos de los investigadores que trabajan áreas del conocimiento que guardan relación con el objeto de estudio seleccionado, los descriptores que se presentan en el anexo 4 del apéndice de este documento, los cuales fueron utilizados para construir los perfiles de búsqueda que permitieron realizar la selección de los documentos de una forma expedita, optimizando el tiempo de trabajo dada la vasta cantidad de información existente en la red de redes

mundial “WWW”, disponible a través del Internet. También es necesario señalar que para llevar a cabo las actividades académicas, durante el período de formación, se desarrollaron habilidades que se relacionan con la búsqueda, acopio, análisis, síntesis de información documental, así como la redacción de documentos que fueron sometidos, para su análisis y discusión en las actividades de socialización y los seminarios que se realizan como parte fundamental del proceso de formación académica. Como resultado de estas actividades es importante señalar que uno de los documentos presentados

El empleo de la plataforma tecnológica fue de vital importancia para disponer de una gran cantidad de documentos, intercambiar opiniones con los líderes relacionados con el objeto de estudio particular, y para establecer mecanismos de socialización y asesoría, tanto con investigadores ubicados en diferentes partes del mundo, como con el cuerpo de asesores y los compañeros que realizan un proceso similar de formación académica, que se caracteriza por respetar el interés de cada individuo, fomentar su creatividad, reducir la dependencia, incrementar la libertad y formar individuos críticos con herramientas y metodologías sistematizadas que facilitan su trabajo.

En el presente trabajo se establecen los hechos, lagunas del conocimiento y objetivos, y áreas de futuros trabajos, que soportan las actividades realizadas y se cubren parte de los requisitos que se solicitan en el Reglamento de Posgrado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para obtener el Grado de Doctor en Ciencias.

Además, como lo establece el reglamento señalado, las actividades realizadas se integraron en los siguientes apartados: Introducción, Revisión de Literatura, Artículos de Investigación, Discusión General, Literatura Citada y Apéndice.

# COMPENDIO

## **Transformación biológica de residuos orgánicos y generación de sustratos para el desarrollo de especies vegetales**

**Por**

**Alejandro Moreno Reséndez**

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**Torreón, Coahuila, Diciembre de 2005**

*...al cuidar la naturaleza, el hombre se cuida a sí mismo*

La generación de residuos y desechos municipales, industriales y agropecuarios con su impacto ambiental y el agotamiento de los recursos naturales ante la demanda de alimentos y materias primas hacen impostergable la búsqueda permanente de alternativas para los sistemas de producción agropecuarios. El interés por las nuevas formas de desarrollar la agricultura a nivel mundial se debe en gran parte a la creciente conciencia acerca de la conservación del ambiente, las preocupaciones sobre los riesgos a la salud asociados con el

empleo de agroquímicos y las preferencias de los consumidores por alimentos seguros y libres de riesgo. En el caso de los residuos generados por las actividades humanas, se estima que cerca del 40 % de estos materiales pueden ser reciclados a través de procesos aeróbicos y anaeróbicos debido a su origen orgánico. El propósito principal del reciclaje de estos residuos es convertirlos en productos con valor agregado al transformarlos en abonos orgánicos para el suministro de elementos nutritivos en el desarrollo de las plantas y su incorporación a los suelos sin alterar negativamente sus características. El reciclaje de los residuos orgánicos está considerado como una alternativa económica y ambientalmente atractiva, tanto para el manejo sustentable de estos materiales, como para reducir su incineración y la demanda de espacios para el establecimiento de rellenos sanitarios. En la naturaleza a través del tiempo, todo se recicla a por diversos procesos y la actividad de una miríada de organismos, no obstante, para el reciclaje de productos orgánicos se cuenta con el proceso de formación de compost. Este proceso es una herramienta ecológicamente segura e importante, económica y ambientalmente correcta para el manejo integral de los residuos y para el desarrollo de prácticas sustentables. El método convencional de producción de compost consiste en la oxidación y descomposición de los residuos orgánicos. Durante este proceso se libera energía, provocando incrementos de temperatura en las pilas o recipientes donde se acumulan los desechos y se liberan compuestos orgánicos

estabilizados. Sin embargo, para facilitar la descomposición y estabilización de los residuos orgánicos se dispone de un proceso biológico similar, que incluye el empleo de las lombrices de tierra. La importancia del uso de estos organismos se debe a que existen evidencias de que el humus de lombriz posee características físicas, químicas biológicas y microbiológicas superiores a las de cualquier tipo de compost. La importancia de las lombrices para los sistemas que viven en el suelo, en el desarrollo de su estructura y a favor de este recurso natural fue reconocida desde tiempos de Carlos Darwin. Hoy en día existen evidencias de que especies de lombrices de tierra como la *Eisenia fetida* Savigny, *Eisenia andrei* Bouché, *Lumbricus rubellus* Hoffmeister y *Perionyx excavatus* Perrier pueden vivir fuera de su hábitat natural. Estas especies tienen elevada capacidad para adaptarse y reproducirse, apetito voraz y gran velocidad de crecimiento debido a que aprovechan diversos residuos orgánicos como el estiércol, lodos urbanos y agroindustriales, residuos de comida y de jardín como fuentes de elementos y energía para satisfacer su demanda alimenticia. Como resultado de su proceso metabólico, las lombrices transforman alrededor del 40% de los materiales para sus funciones vitales y el resto lo expulsan como excretas, las cuales reciben el nombre de humus de lombriz. Los efectos del humus de lombriz como abono orgánico en las plantas han sido estudiados bajo condiciones de invernadero sustituyendo, parcial o totalmente, a los medios de crecimiento comercial que de manera tradicional se utilizan

como sustratos y solo en cierto grado bajo condiciones de campo. En los invernaderos las evaluaciones se han realizado preferentemente para determinar el efecto del abono sobre el desarrollo de las especies vegetales hasta el nivel de plántula comparándolo con soluciones nutritivas a base de fertilizantes sintéticos pero no se ha estudiado su efecto en la producción de cultivos. El objetivo del presente trabajo fue determinar si la demanda nutritiva de el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se satisface con el humus de lombriz. Los resultados obtenidos determinaron que los medios de crecimiento comerciales que de manera tradicional se utilizan en los invernaderos para el desarrollo de especies vegetales pueden ser sustituidos por mezclas que incluyan diferentes proporciones de humus de lombriz y arena. Las soluciones nutritivas preparadas con sales inorgánicas de alta solubilidad que tradicionalmente se utilizan en los sistemas de producción hidropónica pueden ser reemplazadas por abonos orgánicos como el humus de lombriz. Estas evidencias fortalecen el enfoque de la producción orgánica pues se promueve el reciclado de los residuos orgánicos a través del proceso de producción de humus por lombrices y podría reducir el empleo de recursos no renovables para la elaboración de los fertilizantes sintéticos. El principio rector que promueve la “Comisión Brundtland”, a partir de 1987, implementa que el desarrollo sustentable que satisfaga las necesidades de las generaciones actuales no comprometa la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. El uso del

estiércol que se genera en los sistemas de producción pecuaria regionales transformado en humus de lombriz combinado con la arena, material inerte que abunda en las regiones áridas y semiáridas de varios países, para promover el desarrollo de las especies vegetales con acuerdo con este principio.

**Palabras clave:** *Eisenia fetida*, medios de crecimiento, humus de lombriz, compost, agricultura orgánica, tomate

## **ABSTRACT**

**Biological transformation of organic wastes and substrates  
generation for crop growing**

**by**

**Alejandro Moreno Reséndez**

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**Torreón, Coahuila, Diciembre de 2005**

The generation of residues and municipal, industrial and agricultural wastes with their environmental impact and the exhaustion of the natural resources before the demand of foods and input materials makes indispensable the permanent search of alternatives for the agricultural production systems. The interest for the new forms of World agricultural developing is largely owed to the growing conscience about the conservation of the atmosphere, the concerns about the health risks associated with the agrichemicals employment and the preferences of

the consumers for safe and free of risk food. In the case of the residues generated by the human activities, it is considered that about 40% of these materials can be recycled through aerobic and anaerobic processes due to their organic origin. The main purpose for recycling these residues is to transform them in products with added value when transforming them in organic matter to supply nutritious elements for growing plants and its incorporation to the soils without altering adversely its characteristics. The recycling of the organic residuals is considered an economic and environmentally attractive alternative, as much for the sustainable handling of these materials as to reduce its incineration and the demand of spaces for the establishment of sanitary fillers. In the Nature through time, everything is recycled by diverse processes and the activity of a myriad of organisms; nevertheless, for the recycling of organic products we have the composting process. This process is an ecologically safe and important tool, economic and environmentally correct for the integral handling of the residues and the sustainable practices development. The conventional method of composting production consists on the oxidation and decomposition of the organic residues. During this process energy is liberated, causing increments of temperature in the piles or recipients where the waste is accumulated and liberated as organic stabilized compounds. However, in order to facilitate the decomposition and stabilization of the organic residues there is a similar biological process that includes the use of the earth worms. The importance of the use of these organisms is due to

production of crops. The objective of the present work was to determine if the nutritious demand of the tomato crop (*Lycopersicon esculentum* Mill.) it is satisfied with the vermicompost. The obtained results determined that the commercial growth media that are used in the glasshouses for the development of vegetable species in a traditional way can be substituted by mixtures that include different proportions of vermicompost and sand. The nutritious solutions prepared with high solubility inorganic salts that traditionally are used in the hydroponic production systems can be replaced by organic manure as the vermicompost. These evidences strengthen the focus of the organic production because recycling organic residues is promoted through the vermicompost process by worms and it could reduce the use of non renewable resources for the synthetic fertilizers making. The rectory principle that promotes the "Brundtland Commission", starting from 1987, implements that the sustainable development that satisfies the current generations necessities does not compromise the future generations capacity to satisfy their own necessities. The use of the manure generated in the regional cattle production systems transformed in vermicompost combined with the sand, inert material that is abundant in the arid and semi-arid regions of several countries, to promote the vegetable species growing, agrees with this principle.

**Key words:** *Eisenia fetida*, growth media, vermicompost, compost, organic farming, tomatoe

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Introducción.....</b>	1
<b>Revisión de Literatura.....</b>	12
Generación de residuos e impacto ambiental.....	12
El reciclaje como alternativa para el manejo de los residuos...	16
La descomposición de los residuos orgánicos.....	18
Proceso de formación de compost.....	20
Trascendencia de las lombrices para el ambiente.....	23
Importancia, clasificación y características de las lombrices...	26
El sistema digestivo de las lombrices.....	29
El humus de lombriz.....	31
Papel de las lombrices en la generación del humus de lombriz.....	32
Características del humus de lombriz.....	36
Materias primas utilizadas en la generación del humus de lombriz.....	39
El humus de lombriz y el desarrollo de especies vegetales	43
Promoción de crecimiento.....	43
Efecto sobre rendimiento.....	45
<b>Artículo 1. Publicado en la Revista Agricultura Técnica (Chile). Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero.....</b>	<b>48</b>
<b>Artículo 2. Artículo enviado a la Revista Terra Latinoamericana (aceptado para revisión). Comportamiento de genotipos de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. en mezclas de vermicomposta:arena bajo condiciones de invernadero.....</b>	<b>71</b>
<b>Artículo 3. Enviado a la Revista Agraria Nueva Época. Rendimiento y calidad de genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) en vermicomposta bajo condiciones de invernadero.....</b>	<b>92</b>
<b>Discusión general.....</b>	<b>111</b>
<b>Conclusión.....</b>	<b>123</b>
<b>Literatura citada general.....</b>	<b>124</b>
<b>Apéndice.....</b>	<b>146</b>
<b>Anexo 1. Dirección electrónica y Tabla de Contenido de la Revista Agricultura Técnica, donde se publicó el artículo “Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero”.....</b>	<b>147</b>
<b>Anexo 2. Constancia de recepción y etapa en que se encuentra el artículo enviado a la Revista Terra Latinoamericana.....</b>	<b>148</b>
<b>Anexo 3. Carta de recepción del artículo enviado a la Revista Agraria Nueva Época.....</b>	<b>149</b>

<b>Anexo 4. Descriptores, operadores booleanos (OB), número de documentos disponibles en la Base de Datos de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos de Norteamérica (NLM – EUA) y número de documentos recuperados al aplicar los descriptores de cada una de las líneas. Octubre 3 de 2005.....</b>	<b>151</b>
<b>Anexo 5. Artículo publicado en la Revista Anales de Documentación. “La acreditación de las competencias informacionales como requisito de los programas de Maestría y Doctorado”. Alejandro Moreno Reséndez, José Luis Corona Medina, Rafael Rodríguez Martínez y Miguel Arenas Vargas.....</b>	<b>154</b>

## Introducción

La humanidad y las actividades desarrolladas por ésta afectan al ambiente. El impacto de la humanidad sobre el ambiente, en gran parte, se debe al progresivo incremento de la población mundial: el número de habitantes ha sido estimada en 6 mil millones de personas (Hodges, 2003) y aumenta a una tasa promedio de tres individuos por segundo (Arenas *et al.*, 2004). El incremento en la población y las actividades realizadas por ésta, para satisfacer sus necesidades de alimentos, habitación y materias primas, aceleran la degradación de los suelos y de otros recursos naturales (Cassman, 1999; Doran y Zeiss, 2000).

En la actualidad, la demanda de alimentos y materias primas de la humanidad se ha pretendido cubrir con la proliferación de los sistemas de producción intensiva (Atiyeh *et al.*, 2000a; Shipitalo y Gibbs, 2000; Hodges, 2003). Por ejemplo, con el manejo de animales estabulados en las cuencas lecheras (Salazar-Sosa *et al.*, 2004) y el advenimiento de la llamada "Revolución Verde" en la década de los 1950s (Cassman, 1999). En contrapartida, estos sistemas generan grandes volúmenes de residuos orgánicos, con incrementos significativos que provocan problemas para su disposición y son una fuente importante de contaminación ambiental (Cassman, 1999; Shipitalo y Gibbs, 2000; Atiyeh *et al.*, 2000a; Pretty *et al.*,

2000; Alvarez *et al.*, 2001; Domínguez *et al.*, 2001; Gil *et al.*, 2001; Ndegwa y Thompson, 2001; Hernández *et al.*, 2002; Fernández-Manzanal *et al.*, 2003; Valadares-Veras y Povinelli, 2004).

Los problemas derivados de la disposición de los residuos y la incineración, es decir el manejo inadecuado de los desechos antropogénicos, además de promover la contaminación ambiental y ser un riesgo para la salud humana (Ndegwa y Thompson 2001; Valadares-Veras y Povinelli, 2004; Contreras-Ramos *et al.* 2005), implican el desperdicio de compuestos químicos, que podrían ser aprovechados en diversas actividades agropecuarias (Jurado-Guerra *et al.*, 2004) e.g., la incorporación de residuos agrícolas y pecuarios para incrementar los contenidos de materia orgánica (MO) de los suelos (Peña-Cabriales *et al.*, 2001). Además, la incorporación de los residuos es una práctica común para mejorar condiciones adversas del suelo, entre otras se destacan las siguientes: la MO mejora diversas propiedades del suelo, como la capacidad de retención de humedad (Wilhelm *et al.*, 2004), incrementa la disponibilidad de los elementos nutritivos (Honeyman, 1996), reduce la necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos para el desarrollo de las especies vegetales (Burgos *et al.*, 2001).

En condiciones naturales, el crecimiento de las plantas depende de diversos factores genéticos y ambientales. Las plantas demandan energía, calor, humedad y elementos nutritivos: estos últimos, al igual que los otros factores, deben encontrarse en cantidades adecuadas y en formas asimilables, en los medios donde crecen las plantas (Ferreira *et al.*, 2003).

Sin embargo, a partir de la “Revolución Verde” se incrementó el consumo de combustibles fósiles y compuestos sintéticos, lo cual ha sido considerado como una amenaza para el crecimiento y la estabilidad de la producción de alimentos (Kessler y Moolhuijzen, 1994; Merman *et al.*, 1996; Naylor, 1999). Así, hoy en día se reconoce que los métodos de producción contemporáneos han provocado, además del deterioro ambiental, la generación de alimentos cada vez más contaminados (Leitzmann, 2003). Ante esta situación, y debido a su preocupación por el ambiente, la sociedad ha demandando que se reduzca el empleo de compuestos sintéticos en la producción de alimentos (Rigby y Cáceres, 2001; Fjelsted-Alrøe y Streen-Kristensen, 2004; Trewavas, 2004).

La creciente conciencia acerca de la conservación del ambiente, así como los riesgos de la salud, asociados con el empleo de compuestos sintéticos y la preferencia de los consumidores por alimentos seguros y libres de riesgo, son los principales factores que dirigen el gran interés por nuevas formas para desarrollar la agricultura a nivel mundial. Así pues, dentro de los métodos de producción en pro del ambiente destaca la agricultura orgánica (Trewavas, 2004; Ramesh *et al.*, 2005), pues ésta, como lo señalan diversos autores, desaprueba el empleo de pesticidas y fertilizantes sintéticos, confía en cambio en métodos de cultivo, biológicos, o naturales de control de plagas y de fertilidad (Carpenter-Boggs *et al.*, 2000; Fjelsted-Alrøe y Streen-Kristensen, 2004; Trewavas, 2004). En este contexto, el empleo de los abonos orgánicos, para realizar la fertilización de los cultivos, ha vuelto a recibir la atención de los productores, y

actualmente sus diversas formas de uso están siendo objeto de investigación (Cruz-Rodriguez *et al.*, 2003; Jurado-Guerra *et al.*, 2004; Rao *et al.*, 2004; Rippey *et al.*, 2004).

Como lo señalan Pearce *et al.* (2003) y Jurado-Guerra *et al.* (2004), la incorporación al suelo de los residuos orgánicos es una alternativa económica y ambientalmente atractiva contra su disposición en basureros o su incineración. La incorporación de estos materiales no es nueva, pues durante bastante tiempo la producción agrícola dependió del uso de los estiércoles y los abonos orgánicos (Nieto-Garibay *et al.*, 2002; Vanlauwe *et al.*, 2002). No obstante, cuando estos residuos no se manejan de forma adecuada, y se utilizan como abonos para los cultivos, pueden generar problemas ambientales (Atiyeh *et al.*, 2000a; Shipitalo y Gibbs, 2000; Jurado-Guerra *et al.*, 2004). Así, uno de los principales contaminantes del agua es el nitrógeno (N) en forma de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), éstos se derivan de las aplicaciones excesivas de estiércoles y fertilizantes sintéticos en los sistemas de producción intensiva (Doran y Zeiss, 2000). Por otro lado, la pérdida de fertilidad de los suelos, su grado de erosión, y la contaminación del agua por nitratos, entre otros aspectos relevantes, demandan la necesidad de manejar adecuadamente los residuos orgánicos (Álvarez *et al.*, 2001).

Las nuevas regulaciones ambientales, las preocupaciones sociales, y una creciente conciencia ambiental de la humanidad, han promovido la búsqueda de nuevos productos y procesos compatibles con el ambiente (Narayan, 2001). De hecho, Purcel y Stentiford (2001) señalan que para el

año 2020, el manejo de los residuos orgánicos tendrá que ser diferente a como se realiza en la actualidad. En atención a lo anterior, en diversas regiones, ante la creciente generación de estos residuos, se ha promovido el desarrollo de diferentes sistemas y/o procesos para su manejo, buscando reducir el impacto ambiental (Jonsson, 1997). Así pues, el reciclaje de los residuos orgánicos, como alternativa para generar abonos naturales, es una medida estratégica, desde el punto de vista ambiental y por demás conveniente cuando es económicamente viable (Atiyeh *et al.*, 2000a; Salas y Ramírez, 2001; Fernández y Testezlaf, 2002; Amir *et al.*, 2003).

Entre los métodos disponibles para llevar a cabo el reciclaje de los residuos orgánicos se encuentra el PFC, el cual ha sido definido por Wescott (1998) como: "la degradación controlada de residuos sólidos orgánicos, para generar un producto que se puede utilizar como acondicionador del suelo".

El PFC es una herramienta ecológicamente segura e importante, económica y ambientalmente correcta, no sólo para el manejo integrado de los residuos – lo cual minimiza el problema de su disposición (Cabanas-Vargas y Stentiford, 2001; Valadares-Veras y Povinelli, 2004) - sino incluso para el desarrollo de prácticas agrícolas sustentables (Narayan, 2001). Por consiguiente, si los estiércoles son composteados se reducen de manera considerable los problemas ambientales (Wang *et al.*, 2003). Además, a través del PFC los desechos orgánicos se transforman en abonos, ricos en MO y elementos nutritivos, que ayudan a mantener e

incrementar la productividad de los suelos (Bansal y Kapoor, 2000; Santamaría-Romero *et al.*, 2001).

El PFC convencional consiste en la oxidación biológica acelerada de la MO conforme pasa a través de una etapa termofílica (45 a 65°C) (Atiyeh *et al.*, 2000a; Raviv, 2005). La temperatura crítica de 60 °C debe ser alcanzada y mantenida en un período de 90 d, para eliminar diversos organismos patógenos (Trewavas, 2004). Sin embargo, para facilitar la descomposición y estabilización de los residuos orgánicos se ha utilizado otro proceso biológico similar, que excluye la etapa termofílica e incluye el empleo de lombrices de tierra, el cual recibe el nombre de producción de humus por lombrices (PHL) (Atiyeh *et al.*, 2000a; Valadares-Veras y Povinelli, 2004; Contreras – Ramos *et al.*, 2005). De hecho, el PHL debe realizarse a  $T < 35$  °C, pues la exposición de las lombrices a mayores temperaturas, incluso durante cortos períodos de tiempo, provoca su muerte (Valadares-Veras y Povinelli, 2004).

El PHL constituye una forma especial del PFC (Pereira y Zezzi-Arruda, 2003). El PHL es un proceso aeróbico, de biooxidación y estabilización no termofílico de descomposición de los residuos orgánicos, el cual depende de que las lombrices fragmenten, mezclen y promuevan la actividad microbiana (Gunadi *et al.*, 2002; Chaudhuri *et al.*, 2003; Gunadi y Edwards, 2003). En otras palabras, la actividad de las lombrices es física/mecánica y bioquímica. La participación física consiste en la degradación de los substratos orgánicos provocando la fragmentación, el incremento del área superficial, la rotación y la aireación. Los cambios

bioquímicos se realizan a través de la digestión enzimática, enriquecida por el N del excremento y el transporte de materiales orgánicos e inorgánicos (Buck *et al.*, 1999; Ndegwa *et al.*, 2000; Sharma *et al.*, 2005).

Durante el proceso de PHL diversos elementos nutritivos, de importancia para las especies vegetales, tales como N, P, K y Ca presentes en el material alimenticio son convertidos, a través de la acción microbiana, en formas más solubles y disponibles para las especies vegetales que las formas en que se encuentran éstos en los sustratos originales (Ndegwa y Thompson, 2001). En el sistema digestivo de las lombrices diversos microorganismos, cuyo número se incrementa en más de 1000 veces (Sharma *et al.*, 2005), son responsables de la transformación de los compuestos orgánicos (proteínas, ácidos nucleicos, grasas, carbohidratos) generando un producto más estable denominado humus de lombriz (HL) (Pereira y Zezzi-Arruda, 2003; Valadares-Veras y Povinelli, 2004).

EL HL presenta las siguientes características: elevada capacidad de intercambio catiónico (CIC), alto contenido de humedad, amplia distribución de tamaño de partículas, gran concentración de elementos nutritivos (Ca, Mg, Na, K, P, S, N) y un color negro característico debido a la presencia de sustancias húmicas (Pereira y Zezzi-Arruda, 2003; Lopes-Pereira *et al.*, 2005). También, contiene mayores cantidades de MO, de N total, de  $\text{NO}_3^-$ , incluso valores más elevados de pH y de porcentaje de saturación de bases (Cruz-Rodrigues *et al.*, 2003).

Además de participar en la PHL, la actividad de las lombrices es de gran importancia para las plantas. Diversos estudios de laboratorio, invernadero y de campo, han demostrado que las lombrices y el HL que generan, juegan un papel clave para: a) el ciclo de los elementos nutritivos, particularmente con respecto: la velocidad y la variabilidad espacial de la descomposición de los residuos; b) el desarrollo de las plantas, al mejorar las características del suelo y de los sustratos empleados como medios de crecimiento; c) la porosidad del suelo y la estructura de los agregados; d) la velocidad de infiltración y la retención de humedad; e) la regulación de otros organismos, particularmente sobre la composición, la biomasa y la actividad de las comunidades microbianas; y f) la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas, al incrementarse la capacidad de absorción de los elementos nutritivos Muscolo *et al.*, 1999; Rasmussen, 1999; Brown *et al.*, 2000; Shuster *et al.*, 2000; Gajalakshmi *et al.*, 2001; Whalen y Costa, 2003).

En los invernaderos, los sustratos de crecimiento desempeñan un papel importante para las plantas. Así, en diversos países, tanto la turba como los suelos naturales, se utilizan para la producción de los sustratos. Sin embargo, como lo señalan Ingelmo *et al.* (1998), estos materiales podrían ser parcial o totalmente reemplazados con diversos residuos orgánicos e.g. el compost. Lo anterior genera beneficios ambientales puesto que se reducen los daños al ecosistema, provocados por la extracción del suelo y de la turba, y se minimiza el impacto de la acumulación de residuos. Por otro lado, la necesidad de desarrollo de

técnicas agrícolas menos agresivas hacia el ambiente y la reducción de los gastos con la importación de insumos y fertilizantes, la factibilidad del aprovechamiento de los residuos vegetales y animales existentes se vuelve cada vez más evidente dentro de los ciclos de producción agrícola (Cruz-Rodrigues *et al.*, 2003).

Las características que presentan los residuos orgánicos procesados con lombrices de tierra, es decir el HL, han permitido suponer que estos materiales poseen un gran potencial para la industria hortícola, cuando se utilizan como sustratos de crecimiento para el desarrollo de almácigos y de especies vegetales (Atiyeh *et al.*, 2000c, 2001, 2002b). Así, Atiyeh *et al* (2000c) destacan que en los reportes existentes, que han estudiado el crecimiento y el transplante de diversas especies vegetales en sustratos de crecimiento mezclados con HL, se ha logrado confirmar que el este abono orgánico provoca efectos benéficos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo, los estudios sólo evaluaron el crecimiento hasta la etapa de plántula (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 2001, 2002b), por lo tanto se ha sugerido la necesidad de evaluar el impacto del HL sobre el rendimiento y la productividad de las especies vegetales.

Adicionalmente, en diversos estudios se ha evaluado el crecimiento de diferentes especies vegetales, sustituyendo los medios de crecimiento comerciales, con cantidades variables de HL, y en ellos, se ha confirmado que la sustitución provocó incrementos significativos en el crecimiento y desarrollo de las especies evaluadas (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2002b). Sin

embargo, los estudios sólo se han enfocado a sustituir una parte proporcional del sustrato de crecimiento comercial con el HL, y además en ellos se satisface la demanda elementos con soluciones nutritivas (Atiyeh *et al.*, 2000c, 2002b), sin considerar que debido a las características que posee el HL, éste por si solo podría satisfacer dicha demanda y en consecuencia sería factible omitir el empleo de soluciones nutritivas.

Considerando lo anterior, para la selección de los medios de crecimiento los productores, entre otros aspectos, deben considerar la facilidad para adquirir los componentes y el costo de los materiales, con los cuales pretendan conformar dichos sustratos (Dominguez-Salvador *et al.*, 2001). Por lo tanto, de acuerdo con Menezes-Junior *et al.* (2000), los productores locales tendrán mayores beneficios, si los sustratos de crecimiento se preparan empleando los recursos disponibles en cada región. Adicionalmente, con el empleo de estos recursos se busca atender el enfoque del desarrollo sustentable, el cual fue definido, en 1987, por la Comisión Brundtland como "el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades" (Rao *et al.*, 2004).

Como se señaló previamente y debido a la proliferación de los sistemas de producción orgánicos, el empleo de los abonos naturales ha vuelto a recibir la atención de los productores, sin embargo Ramesh *et al.* (2005), aunque consideran que los abonos orgánicos son una fuente

alternativa renovable para suministrar elementos nutritivos, destacan que uno de los aspectos que debe clarificarse está relacionado con la pregunta si ¿es posible satisfacer totalmente la demanda nutritiva de los cultivos a partir de los abonos orgánicos?, esta pregunta se debe al reconocimiento de que existen grandes lagunas del conocimiento entre el potencial disponible y la utilización de los residuos orgánicos.

Los antecedentes permiten suponer que el desarrollo de las especies vegetales bajo condiciones de invernadero, tradicionalmente supeditado al uso de soluciones nutritivas, se puede satisfacer con el empleo de sustratos de origen orgánico, e.g., el humus de lombriz, y como consecuencia será factible reducir el empleo de los fertilizantes sintéticos. Así pues, con el propósito de contribuir a los planteamientos realizados, y aportar elementos que ayuden a responder si los abonos orgánicos pueden satisfacer la demanda nutritiva de las especies vegetales, se utilizó el HL, como fuente de elementos nutritivos de origen orgánico.

El objetivo general, del presente trabajo, fue estudiar el papel que desempeña el HL, originado por medio de lombrices *Eisenia fetida*, sobre el desarrollo de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero, y determinar la posibilidad de que este tipo de abono, sustituya la aplicación de fertilizantes sintéticos para el desarrollo de las especies vegetales.

## Revisión de Literatura

*“Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla mientras que el género humano no escucha”*

*Víctor Hugo*

### Generación de residuos e impacto ambiental

El progresivo incremento de la población mundial, estimada en 6 mil millones de personas (Hodges, 2003), y con una tasa promedio de incremento de tres individuos por segundo (Arenas *et al.*, 2004), cuya actividad acelera la degradación del suelo y de otros recursos naturales (Cassman, 1999; Doran y Zeiss, 2000), y la adopción de los sistemas de producción intensiva, generan grandes volúmenes de residuos orgánicos, éstos provocan un problema serio para su disposición y son una fuente importante de contaminación ambiental (Cassman, 1999; Shipitalo y Gibbs, 2000; Atiyeh *et al.*, 2000a; Pretty *et al.*, 2000; Alvarez *et al.*, 2001; Domínguez *et al.*, 2001; Gil *et al.*, 2001; Ndegwa y Thompson, 2001; Hemández *et al.*, 2002; Fernández-Manzanal *et al.*, 2003; Valadares-Veras y Povinelli, 2004). Incluso, el aumento de la población y las actividades que realiza para satisfacer sus necesidades esenciales,

aceleran la degradación de todos los recursos naturales (Cassman, 1999; Doran y Zeiss, 2000). Por el papel esencial para la vida, es motivo de gran preocupación el reconocimiento de que el agua, superficial y del subsuelo, está siendo contaminada por los compuestos sintéticos que escapan de los sistemas de producción intensivos (Pretty et al., 2000).

El aumento de los residuos orgánicos y la posibilidad de que se incremente su generación (Alvarez *et al.*, 2001) se ha convertido en uno de los problemas que más preocupa a la sociedad (Quintero-Lizaola *et al.*, 2003), en gran parte, la preocupación se debe al impacto ambiental que provocan tanto los residuos de los sistemas de producción agropecuaria (Bailey *et al.*, 1999), como los residuos derivados de las actividades que realiza la humanidad. Así por ejemplo, solo en la Comarca Lagunera se estima la generación aproximada de  $1.5 \times 10^6$  t de estiércol año<sup>-1</sup>, considerando la existencia de cerca de 500,000 cabezas de ganado lechero (Salazar-Sosa *et al.*, 2004) y que cada animal genera, en promedio, 3.5 kg día<sup>-1</sup> de estiércol seco (SAGARPA, 2001). Por otro lado, a nivel mundial se puede estimar una generación promedio de residuos de  $8,400 \times 10^6$  kg día<sup>-1</sup>, considerando una población de 6,000 millones de individuos (Hodges, 2003) y que cada individuo, en promedio, puede generar al día 1.4 kg de residuos (Luege-Tamargo, 2005).

La creciente preocupación del hombre por los aspectos ambientales (Narayan, 2001) se debe a que los residuos, generados en las actividades ya señaladas, pueden contener diversas sustancias, que incluyen metales pesados (Del Val *et al.*, 1999; Mantovani *et al.*, 2004), compuestos

orgánicos y organismos patógenos, los cuales son nocivos para la calidad del suelo y pueden persistir durante largos períodos de tiempo (Gil *et al.*, 2004; SEPA, 2001). Además, la preocupación se incrementa puesto que es ampliamente conocido que la aplicación directa de los residuos orgánicos a los suelos puede provocar severos daños a su fertilidad, la incompatibilidad estructural, la inmovilización del nitrógeno y fitotoxicidad (Atiyeh *et al.*, 2000a).

De hecho, muchos residuos orgánicos, especialmente aquellos que provienen de procesos industriales, como los lodos, pueden tener una alta concentración de metales pesados que pueden ser acumulados por el suelo y las plantas incrementando el riesgo de toxicidad y de pérdida de fertilidad (Giandon *et al.*, 2001). Por otro lado, se ha establecido que estiércol fresco contiene entre otros productos, mercaptanos, aldehídos alifáticos, ácidos y lípidos orgánicos, fenoles y diversos compuestos aminos y debido a experiencias previas se ha determinado que al menos la mitad de estos compuestos son carcinógenos, en pruebas con ratones (Trewavas, 2004).

De manera adicional, el problema de los residuos está ampliamente relacionado con su disposición. A nivel mundial, la disposición de los residuos orgánicos se ha vuelto cada día más difícil (Domínguez *et al.*, 2001; Ndegwa y Thompson, 2001), pues esta operación demanda grandes extensiones de superficie para la construcción de rellenos sanitarios (Jurado-Guerra *et al.*, 2004). Por otro lado, en los rellenos sanitarios carentes de diseño de ingeniería (Sharma *et al.*, 2005), una vez que los

residuos son depositados se convierten en una fuente de problemas ambientales entre los que se encuentran: la contaminación de las aguas subterráneas, la emisión de gases perjudiciales, humos y malos olores, el impacto sobre el paisaje y el incremento del riesgo de los incendios, los cuales representan riesgos de salud pública (Atiyeh *et al.*, 2000a; Ndegwa y Thompson, 2001; SEPA, 2001; Damiecki, 2002; Jurado-Guerra *et al.*, 2004; Valadares-Veras y Povinelli, 2004; Raviv, 2005).

Además de los problemas señalados en el párrafo anterior, la indisponibilidad y el costo creciente de las tierras cercanas a las áreas urbanas han provocado que los vertederos y los basureros se vuelvan cada vez más costosos e imprácticos (Hatlieb *et al.*, 2003).

Ante esta problemática, el desarrollo de diversas metodologías para el tratamiento de los residuos orgánicos, ha permitido su transformación en materiales apropiados, que facilitan su incorporación a los suelos y una disposición más segura en el ambiente (Atiyeh *et al.*, 2000a). Después del tratamiento de los residuos orgánicos, y una vez que se realiza la incorporación de los productos resultantes a los suelos agrícolas se logran beneficios significativos sobre la calidad del suelo, debido a la incorporación de elementos nutritivos y MO (SEPA, 2001), favoreciéndose además el incremento de la biomasa microbiana (Usman *et al.*, 2004). Incluso, el desarrollo de alternativas para el tratamiento de los residuos orgánicos, cuenta con la ventaja de que aproximadamente el 50% de los desechos generados por la actividad humana corresponde a papel,

residuos orgánicos, y alimentos, los cuales son parcial o completamente biodegradables (Narayan, 2001).

## **El reciclaje como alternativa para el manejo de los residuos**

La única forma de reducir la cantidad de residuos es no generarlos, sin embargo, esta máxima todavía no se puede atender. Hoy en día, el proceso de reciclaje de los residuos orgánicos e inorgánicos se utiliza ampliamente como un medio para reducir la necesidad de incineración y de basureros (Ambus *et al.*, 2002). Incluso, la separación, aunque limitada de residuos en: orgánicos e inorgánicos, permite el aprovechamiento de compuestos orgánicos para producir compost y facilita la separación de los materiales inorgánicos reciclables (López-Aguado, 2005). A partir de las dos últimas décadas del siglo XX, en diversos países europeos, ante la gran generación de desechos y la acumulación de estos materiales, se estableció como práctica común el proceso de separación de residuos, lo que permite realizar el tratamiento biológico de la fracción orgánica (Jonson, 1997). Además, en el caso específico de los residuos orgánicos el reciclaje se utiliza como fuente de elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas (Giller *et al.*, 2002).

El proceso de reciclaje de los residuos orgánicos, además de generar MO, la cual es de gran importancia para la calidad de los suelos<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> La calidad del suelo ha sido definida por la Sociedad de la Ciencia del Suelo de América como "la capacidad de una clase específica de suelo para funcionar, dentro de los límites

(Amus et al., 2002; Salazar-Sosa *et al.*, 2004), ayuda a preservar grandes cantidades de elementos nutritivos, particularmente N y P, estos elementos normalmente se encuentran en grandes concentraciones en los residuos orgánicos, reduciéndose en consecuencia la necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos (Ambus *et al.*, 2002). Por esta situación, el reciclaje de los residuos, como fuente alternativa para generar abonos orgánicos, es una medida estratégica, desde el punto de vista ambiental, y por demás conveniente cuando es económicamente viable (Fernández y Testezlaf, 2002; Hartlieb *et al.*, 2003).

Actualmente, el proceso de formación de compost (PFC) se utiliza para generar productos con valor agregado, e.g., abonos orgánicos, (Santamaría-Romero *et al.*, 2001). Así pues, el PFC es una herramienta ecológicamente segura e importante, económica y ambientalmente correcta, no sólo para el manejo de los residuos orgánicos, ya que se minimiza el problema de su disposición (Cabanas-Vargas y Stentiford, 2001; Valadares-Veras y Povinelli, 2004), sino también para el desarrollo de prácticas agrícolas sustentables, al generar abonos orgánicos que podrían ayudar a mantener e incrementar la productividad de los suelos (Narayan, 2001).

Como se mencionó anteriormente, el reciclaje se puede utilizar como alternativa, ambiental y económicamente viable para generar abonos orgánicos (Fernández y Testezlaf, 2002). En este sentido, de

---

de los ecosistemas naturales o manejados, para sostener la productividad de plantas y animales, mantener o incrementar la calidad del agua y del aire, y soportar la salud humana y la habitación" (Doran y Zeiss, 2000)

acuerdo con lo expresado por Ramesh *et al.* (2005), hoy en día, el hombre debiera convertir toda la basura en riqueza, transformando la biomasa de los residuos urbanos, industriales y rurales en bioenergía, para suministrar los elementos nutritivos, requeridos por los suelos agotados, y el combustible que demandan los productores a nivel mundial (Sharma *et al.*, 2005). En este sentido, debido a la importancia que ha tomado el proceso de reciclaje, Purcell y Stentiford (2001) pronosticaron que para el año 2020, el manejo de los desechos probablemente será bastante diferente a las operaciones de manejo de hoy en día.

### **La descomposición de los residuos orgánicos**

La descomposición de los residuos orgánicos es un proceso básico en el cual el carbono (C) es reciclado hacia la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub>, el N se libera como iones amonio NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, también se liberan otros elementos como fósforo (P), azufre (S) y diversos microelementos utilizados por las plantas superiores (Quintero-Lizaola *et al.*, 2003), de hecho la descomposición de los residuos en los ecosistemas se realiza de manera natural.

En cada ecosistema la materia cumple un ciclo que comienza cuando las plantas transforman las sustancias inorgánicas del medio (agua, sales minerales, elementos nutritivos) en MO (tejidos vivos), y continúa su transformación, en pasos sucesivos a través de diferentes niveles tróficos (herbívoros y carnívoros), hasta los descomponedores:

lombrices, insectos y microorganismos (Buck *et al.*, 2000; Jégou *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2000; Hansen *et al.*, 2001; Wurst *et al.*, 2003; Trewavas, 2004), que se encargan de cerrar el ciclo, manteniendo la fertilidad del suelo, al consumir MO animal o vegetal, y descomponerla en materia inorgánica y humus (Tiunov y Scheu, 2000a, 2000b; Hansen *et al.*, 2001), los cuales, de nueva cuenta, serán potencialmente aprovechados por las especies vegetales. En consecuencia, es posible enfatizar que el ciclo de la MO en la naturaleza conlleva el intercambio de diversos elementos entre las partes bióticas y abióticas del ecosistema (Quintero-Lizaola *et al.*, 2003).

Es importante destacar que los suelos contienen una miríada de microorganismos que se caracterizan por su capacidad para provocar la transformación de los residuos orgánicos (Zhang *et al.*, 2000). A través de la descomposición los microorganismos liberan compuestos y elementos esenciales para los organismos superiores de la cadena trófica, por lo cual reciben el nombre de “proveedores primarios (Pokarzhevskii *et al.*, 2003).

La participación de los organismos en el proceso de descomposición se debe a que la mayoría de éstos son de tipo heterótrofo y requieren de compuestos orgánicos para su crecimiento. Adicionalmente, como parte de la macrofauna del suelo, las lombrices de tierra ingieren grandes cantidades de suelo, MO y residuos de hojas. En consecuencia, también las lombrices tienen un papel destacado sobre la descomposición de la MO y la transformación de los elementos nutritivos (Zhang *et al.*, 2000). Además de que en el proceso el C es reciclado a la

atmósfera como  $\text{CO}_2$ ; el N se libera en forma disponible como  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  y también se liberan otros elementos como P, S y diversos microelementos requeridos por las plantas superiores (Quintero-Lizaola *et al.*, 2003).

Además, es importante señalar que la descomposición de los residuos orgánicos es un proceso espontáneo, que se lleva a cabo en la naturaleza de forma heterogénea y con velocidad inestable (de Bertoldo y Schnappinger, 2001). , sin embargo, otros mecanismos de humificación, como el PFC, pueden acelerar la velocidad de descomposición de los materiales, lo cual permite que el período de transformación se reduzca de forma significativa (Pereira y Zezzi-Arruda, 2003).

### **Proceso de formación de compost**

El PFC es una técnica antigua que consiste en mezclar desechos animales, vegetales, ceniza, y elementos minerales proporcionándoles, niveles de humedad, aireación y temperatura favorables a la actividad de los microorganismos capaces de convertirlos en compuestos orgánicos estabilizados (Leal y Madrid de Cañizalez, *sff*; Raviv, 2005). El PCF tiene como principales productos al  $\text{CO}_2$ , el  $\text{H}_2\text{O}$ , los iones minerales y el humus o MO estabilizada (Chefetz *et al.*, 1998; Atiyeh *et al.*, 2000a; Soto y Muñoz, 2002; Hatlieb *et al.*, 2003; Pereira y Zezzi-Arruda, 2003).

Al igual que en los ecosistemas, en el PFC, los residuos se descomponen por la acción de microorganismos heterótrofos aeróbicos,

quienes utilizan los desechos para obtener compuestos esenciales para su ciclo de vida (Trewavas, 2004), y debido a la participación de factores ambientales. A manera de complemento, es factible señalar que el PFC es un proceso aeróbico, de oxidación, biológico, termofílico, de degradación y de estabilización de residuos orgánicos bajo condiciones controladas (de Bertoldi y Schnappinger, 2001; Hartlieb *et al.*, 2003) que se utiliza para el tratamiento de los residuos orgánicos, de los cuales se pueden obtener abonos naturales (Ndegwa y Thompson, 2001).

Durante el PFC, bajo condiciones controladas, los sustratos más lábiles de los residuos orgánicos, azúcares, aminoácidos, lípidos y celulosa (Contreras – Ramos *et al.*, 2005), son descompuestos rápidamente por bacterias, hongos y actinomicetos mesófilos tolerantes a temperaturas medias. Posteriormente, se lleva a cabo la descomposición de los materiales más resistentes (hemicelulosa y lignina) (Hoitink y Changa, 2004) bajo la actividad de organismos termófilos como levaduras y actinomicetos - las altas temperaturas (45 - 65 °C), durante la fase termofílica, causan la muerte de patógenos y semillas de malezas evitando que sean transferidos a cultivos sucesivos. Por último, durante la fase de enfriamiento y maduración, se lleva a cabo la formación de las sustancias húmicas, en esta etapa también se resalta la participación de hongos y actinomicetos (Leal y Madrid de Cañizalez, *s/f*; Soto y Muñoz, 2002; Raviv, 2005).

Otro aspecto importante del PFC es que las materias primas utilizadas en este proceso representan una amplia gama de residuos

orgánicos tales como: residuos sólidos municipales, lodos de aguas negras o biosólidos, residuos de jardín, de alimentos, de mataderos y de papel, estiércoles y vísceras de animales, entre otros (Chafetz *et al.*, 1998; Narayan, 2001; Raviv, 2005), los cuales contienen grandes cantidades de compuestos fácilmente biodegradables (Usman *et al.*, 2004). En consecuencia, se puede decir que el PFC tiene como prioridades, el aprovechamiento de los componentes de los residuos y su incorporación al ciclo natural correspondiente, a través del producto final de este proceso que se denomina compost, este compuesto puede utilizarse como fuente de elementos nutritivos y mejorador del suelo, pues además de incrementar los niveles de MO del suelo, también contribuye físicamente a su fijación (Soto y Muñoz, 2002).

El PFC convencional enfrenta dos problemas principales, por un lado los materiales que se someten a este proceso, en bordos de gran volumen, deben ser volteados regularmente, por lo que para realizar dicho volteo, será necesario contar con equipo pesado y costoso, y por el otro, debido a la necesidad de alcanzar la etapa termofílica (45 a 65°C) (Atiyeh *et al.*, 2000a; Raviv, 2005), pues como lo señala Trewavas (2004) la temperatura crítica, habitualmente, de 60 °C debe ser alcanzada y mantenida en un período de al menos 90 días, para llevar cabo la eliminación de los organismos patógenos. Por lo anteriormente señalado, para facilitar la descomposición y estabilización de los residuos orgánicos, diversos investigadores han optado por emplear un proceso biológico similar, el cual excluye la etapa termofílica, y a cambio incluye el empleo de

las lombrices de tierra (Atiyeh *et al.*, 2000a; Contreras – Ramos *et al.*, 2005).

### **Trascendencia de las lombrices para el ambiente**

Como se ha resaltado, la aplicación de las lombrices a los residuos orgánicos acelera su estabilización en términos de descomposición, generando un medio más apropiado para el crecimiento de la planta (Atiyeh *et al.*, 2000b). Por lo tanto, el empleo de las lombrices de tierra en la descomposición de una amplia gama de residuos orgánicos (Edwards *et al.*, 1998; Contreras – Ramos *et al.*, 2005): lodos de aguas negras, desechos de animales, residuos de cultivos, y residuos industriales, para generar HL se ha incrementado de manera considerable (Atiyeh *et al.*, 2002a).

En atención a lo anterior y debido a que las reglamentaciones para la aplicación y disposición del estiércol han sido más rigurosas (Atiyeh *et al.*, 2000b, 2000c), ha crecido el interés por utilizar a las lombrices como un sistema ecológicamente seguro para manejar el estiércol, debido a que diversos estudios han demostrado la capacidad de algunas lombrices de tierra para consumir una amplia gama de residuos orgánicos (Atiyeh *et al.*, 2000b; 2000c). Como ejemplo del papel de estos organismos, Atiyeh *et al.* (2000b) concluyeron que las lombrices *Eisenia andrei* tuvieron un papel destacado en el procesamiento del estiércol vacuno, ya que su actividad aceleró la descomposición y estabilización del estiércol y promovió

características bioquímicas que resultaron favorables para el crecimiento de la plantas.

Con base a los efectos descritos sobre los residuos y considerando el efecto favorable sobre el crecimiento de las plantas, la tecnología del PFHL está emergiendo como una alternativa potencial para el manejo de los residuos sólidos orgánicos (Singh *et al.*, 2004). Por lo anterior, recientemente se ha mostrado gran interés en el desarrollo de novedosos procesos ecoamistosos, basados en la utilización de los sistemas biológicos. Uno de estos sistemas incluye la crianza de lombrices o lombricultura para estabilizar una gran variedad de residuos orgánicos (Atiyeh *et al.*, 2000b, 2000c; Singh *et al.*, 2004). Adicionalmente, el PFHL es un proceso de reciclaje, atractivo y económico, para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos no tóxicos puesto que el proceso requiere poco capital y energía (Singh *et al.*, 2004).

En consecuencia, resulta de gran importancia el utilizar la capacidad que tienen ciertas especies de lombrices para adaptarse y reproducirse, con un apetito voraz, elevado índice de reproducción, gran velocidad de crecimiento, y un escaso tiempo entre generación y generación, fuera de su hábitat natural, para provocar la descomposición de diversos residuos orgánicos naturales y antropogénicos (Edwards *et al.*, 1998; Benitez *et al.*, 1999; Ghosh *et al.*, 1999; Maboeta *et al.*, 1999; Spurgeon y Hopkin, 2000; Berry y Jordan, 2001; Domínguez *et al.*, 2001; Gajalakshmi *et al.*, 2001; Chaudhuri *et al.*, 2003; Pereira y Zezzi-Arruda, 2004; Singh *et al.*, 2004; Lopes-Pereira *et al.*, 2005; Sharma *et al.*, 2005).

Las especies de lombrices mas utilizadas para el manejo de residuos orgánicos, y para estudios ecotoxicológicos, fisiológicos y genéticos han sido *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae*, *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*, principalmente debido a que éstas son ubicuas, tienen una amplia distribución mundial, sus ciclos de vida son cortos, tienen una amplia tolerancia a la temperatura y la humedad, y presentan gran elasticidad, por lo cual pueden ser fácilmente manejadas (Pereira y Zezzi-Arruda, 2004; Singh *et al.*, 2004; Domínguez *et al.*, 2005; Lopes-Pereira *et al.*, 2005; Shama *et al.*, 2005). Estas especies son prolíficas, toleran una amplia gama de temperaturas, y crecen y se reproducen fácilmente en diferentes residuos orgánicos con un amplio rango de contenido de humedad (Atiyeh *et al.*, 2000b). Adicionalmente, la calidad y la cantidad de los materiales residuales que utilizan las lombrices en su alimentación, afectan no sólo el tamaño de sus poblaciones sino también el tipo de especies presentes y su velocidad de crecimiento y fecundidad (Chaudhuri *et al.*, 2003).

Por otro lado, en cuanto al mayor empleo de las especies mencionadas, Six *et al.* (2004) señalan que no todas las especies de lombrices tienen los mismos efectos sobre la dinámica de la materia orgánica del suelo, y que en general estos efectos dependen de las interacciones entre diferentes categorías de lombrices, las cuales se establecen en función de sus hábitos alimenticios.

## Importancia, clasificación y características de las lombrices

El suelo es una mezcla compleja de minerales intemperizados, material orgánica, organismos, aire y agua. Los suelos se desarrollan a través de largos períodos de tiempo y tanto el tipo y la velocidad de formación del suelo dependen de factores tales como la geología, el clima, la vegetación y el relieve. Los atributos del suelo determinan muchas de las funciones vitales del ecosistema tales como la fertilidad y la transformación y degradación de los contaminantes. Los organismos del suelo, bacterias, hongos y lombrices, son vitales para el papel de los ciclos biogeoquímicos de los elementos como el carbono y el nitrógeno (SEPA, 2001). La importancia de los organismos del suelo se debe a que las estimaciones realizadas señalan que una hectárea de suelo de buena calidad contiene un promedio de 1000 kg de lombrices, 1000 kg de artrópodos, 150 kg de protozoarios, 150 kg de algas, 1700 kg de bacterias, y 2700 kg de hongos (Pimentel *et al.*, 1995).

Entre los numerosos organismos que habitan el suelo, pocos organismos invertebrados (principalmente lombrices, termitas y hormigas) pueden tener un impacto importante sobre la mayoría de los procesos que determinan la fertilidad del suelo. Estas especies funcionales, definidas como "los ingenieros del ecosistema", generan una gran variedad de macroporos (e.g. galerías, cámaras) y estructuras organominerales (e.g. heces de lombriz, montículos de termitas y hormigueros) que afectan las propiedades hidráulicas, la macroagregación y la dinámica de la materia

orgánica dentro del suelo, es decir tienen una gran importancia para la regulación de los procesos que ocurren en el suelo (Decaëns *et al.*, 1999; Decaëns, 2000; Chan, 2001). Gran parte del impacto sobre los procesos del suelo se debe a que las lombrices se alimentan de suelos y materiales orgánicos y el paso por el intestino modifica dramáticamente la estructura e integridad de la MO, acelerando la descomposición microbiana (Brown *et al.*, 2000)

En años recientes, de particular interés para la agricultura sustentable es el papel de las lombrices de tierra en promocionar la estructura física y química del suelo, así como otros efectos indirectos como la promoción de la nodulación, en diferentes hongos micorrízicos, la eliminación de enfermedades, y, solo ocasionalmente, las lombrices también pueden actuar como dispersoras de enfermedades. Por otro lado, aunque otros componentes de la fauna del suelo están también implicados en varios aspectos estructurales, químicos o biológicos de la función del suelo. Así, diversas Investigaciones han demostrado convincentemente que los sistemas de bajos insumos generalmente protegen la riqueza de la biota del suelo, especialmente las lombrices (Vandemeer, 1995).

De acuerdo con Bohlen (2002) y Hendrix y Bohlen (2002), las lombrices se clasifican dentro del *Phylum* Anélido, clase Clitelada, subclase Oligoqueta, orden Opistoporo y familia *Lumbriciade*. A nivel mundial la subclase Oligoqueta está conformada por casi 36 familias, de las cuales una tercera parte aproximadamente comprenden principal o exclusivamente de lombrices terrestres, de hecho se reconoce que existen

más de 3500 especies de familias conocidas y se ha estimado que el total global puede ser el doble de este número (Bohlen, 2002).

Las lombrices de tierra son invertebrados naturales de los agroecosistemas y predominan en una amplia gama de suelos de las regiones templadas y tropicales (Labrot *et al.*, 1999; Sharma *et al.*, 2005). Las lombrices son anélidos terrestres con simetría bilateral y segmentación externa e interna correspondiente y presentan una cutícula ligeramente pigmentada (Bohlen, 2002), son organismos hermafroditas (Dynes, 2003; Sahrma *et al.*, 2005), tanto los órganos reproductivos femeninos y masculinos se encuentran presentes en cada individuo, sin embargo no se pueden autofecundar (Sahrma *et al.*, 2005), debido a que las gónadas se presentan abiertos hacia el exterior (Dynes, 2003), consisten de poros apareados en el lado ventral o ventro-lateral del cuerpo, y se encuentran situados en segmentos específicos, los cuales varían entre los diferentes grupos taxonómicos (Bohlen, 2002), por lo que la mayoría de las especies se reproducen por fertilización cruzada, aunque algunas especies pueden generar capullos partenogenéticamente<sup>2</sup> (Dynes, 2003).

Cuando las lombrices alcanzan su madurez sexual, desarrollan un área hinchada en la epidermis denominada clitelo (Bohlen, 2002; Sharma *et al.*, 2005). En esta región se generan los capullos, y en cada uno de ellos se pueden depositar uno o más huevos, después los capullos pasan

---

<sup>2</sup> Se refiere a la reproducción sexual en que el óvulo se desarrolla sin previa fecundación. Diccionario General de la Lengua Española Vox ® es propiedad de Bibliograf®, S. A. Copyright ©1997 Bibliograf, S.A. Reservados todos los derechos.

a través de los segmentos anteriores y son depositados sobre o dentro del suelo. Los capullos tienen un desarrollo o crecimiento continuo, debido a que las lombrices generan huevos la mayor parte del año. Sin embargo la mayoría de las especies generan capullos cuando el suministro de alimento y las condiciones ambientales son apropiadas para su desarrollo (Dynes, 2003). El tiempo de eclosión y la madurez reproductiva varía ampliamente entre las diferentes especies de lombrices y están influenciados por factores ambientales (Bohlen, 2002).

### **El sistema digestivo de las lombrices**

En términos generales, las lombrices ingieren residuos orgánicos mezclados con el material inorgánico del suelo, éstos pasan a través de su intestino, donde debido a la presencia de enzimas digestivas y al proceso de trituración (Cruz-Rodriguez *et al.*, 2003) se lleva a cabo las transformaciones metabólicas, que implican una modificación física y bioquímica de los materiales ingeridos (Buck *et al.*, 2000) y, después de aprovechar los elementos nutritivos, se generan las excretas que se depositan dentro del perfil del suelo (Farenhors *et al.*, 2000; Six *et al.*, 2004).

El sistema digestivo de las lombrices consiste de una cavidad bucal, faringe, esófago, buche y molleja - órgano que caracteriza a todos los anélidos (Ndegwa y Thompson, 2001) - seguido por un intestino anterior que secreta enzimas y un intestino posterior que absorbe los elementos

nutritivos aunque esta absorción parece ocurrir a lo largo del intestino: en las lombrices, el intestino es un tubo que se extiende desde la boca hasta el ano (Sharma *et al.*, 2005). La molienda y el mezclado que provocan los músculos del intestino incrementan el área superficial de los sustratos y por lo tanto se mejoran las condiciones para el ataque microbiano. El incremento de superficie favorece la dispersión de los microorganismos con los cuales se acelera el proceso de mineralización de los residuos orgánicos (Buck *et al.*, 1999)

En el sistema digestivo de las lombrices, los microorganismos son responsables de la transformación de algunos compuestos orgánicos (proteínas, ácidos nucleicos, grasas, carbohidratos) en un producto más estable (Pereira, y Zezzi-Arruda, 2003). De hecho, se ha establecido que durante el avance del alimento a través del sistema digestivo de las lombrices, existe un incremento del número de microorganismos por encima de 1000 veces. En el intestino de las lombrices se han encontrado bacterias Gram negativas, *Vibro sp.*, *Aeromonas hydrophila*, *Pheretima sp* (Sharma *et al.*, 2005). Además, este incremento es de gran importancia debido a que existen evidencias experimentales de que los microorganismos proporcionan alimento para las lombrices. Las bacterias son de menor importancia en la dieta, las algas son de moderada importancia y, los protozoarios y los hongos son la principal fuente de elementos nutritivos (Sharma *et al.*, 2005).

Como se señaló en párrafos anteriores, durante el proceso de alimentación, y debido a su constitución anatómica, las lombrices

fragmentan los residuos, incrementan la actividad microbiana y los índices de descomposición de los residuos orgánicos, provocando un efecto de descomposición o humificación mediante el cual los residuos orgánicos inestables son oxidados y estabilizados. El producto final, comúnmente llamado HL se obtiene conforme los materiales consumidos pasan a través del intestino de la lombriz, este producto es bastante diferente al material original (Atiyeh *et al.*, 2000a; Domínguez *et al.*, 2000; Six *et al.*, 2004; Sharma *et al.*, 2005).

### **El humus de lombriz**

La descomposición de los residuos orgánicos, bajo condiciones ambientales variables, es una característica fundamental de los ecosistemas terrestres. En el caso del PFHL, las interacciones complejas entre residuos orgánicos, microorganismos, lombrices y otros animales de la fauna del suelo provocan la oxidación biológica y estabilización de dichos residuos. Una gran variedad de microorganismos y organismos invertebrados del suelo proliferan e interactúan contribuyendo al "ciclo de la materia" dentro del PFHL. Este sistema soporta complejas cadenas alimenticias, y al mismo tiempo, modifica diferentes formas químicas de diversos elementos nutritivos contenidos en los compuestos orgánicos, los cuales son importantes para la dinámica de los elementos nutritivos (Domínguez *et al.*, 2003).

El HL es un tipo de compost (Soto y Muñoz, 2002) en la cual diversas lombrices de tierra, e.g., *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*, transforman residuos orgánicos en subproductos estables (Atiyeh *et al.*, 2001; Chaudhuri *et al.*, 2003). El HL se genera en el tubo digestor de la lombriz, y de acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como: fertilizante orgánico, mejorador del suelo y medio de crecimiento (MC) para el desarrollo de especies vegetales bajo condiciones de invernadero (Edwards y Steele 1997; Farrell, 1997; Jensen, 1997; Riggle, 1998; Eastman, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 2001, 20002a; Brown *et al.*, 2000; Buck *et al.*, 2000; Ndegwa *et al.*, 2000; Domínguez *et al.*, 2000; Gajalakshmi *et al.*, 2001).

### **Papel de las lombrices en la generación del humus de lombriz**

La importancia de las lombrices para los sistemas del suelo y la formación de su estructura fue reconocida desde tiempos de Carlos Darwin, y hoy en día un número importante de investigadores se están enfocado al estudio de la actividad de las lombrices en los ecosistemas del suelo (Six *et al.*, 2004). Lo anterior se debe a que, existen diversas evidencias de que las lombrices de tierra provocan efectos benéficos, físicos, químicos y biológicos, sobre los suelos y se ha demostrado que estos efectos pueden favorecer el crecimiento de la planta y el rendimiento de los cultivos tanto en ecosistemas naturales como en los sistemas controlados (Atiyeh *et al.*, 2001; Gunadi *et al.*, 2002; Valadares-Veras y

Povinelli, 2004). Los efectos se han atribuido al mejoramiento de las propiedades y la estructura del suelo, a una mayor disponibilidad de los elementos nutritivos para las plantas, y a una creciente población microbiana y metabolitos biológicamente activos, como los reguladores de crecimiento de la planta (Mangrich *et al.*, 2000; Atiyeh *et al.*, 2002a).

Lo anterior, en gran parte se debe a que las lombrices son consumidores voraces de residuos orgánicos y aun cuando sólo utilizan sólo una pequeña porción para la síntesis de sus cuerpos, el resto lo excretan en una forma medio digerida (Ghosh *et al.*, 1999; Sharma *et al.*, 2005), los materiales medio digeridos se descomponen rápidamente y son transformados a una forma de HL en un período de tiempo relativamente corto (Ghosh *et al.*, 1999)

Durante el proceso de alimentación, las lombrices fragmentan los residuos, incrementan la actividad microbiana (Ndegwa y Thopmson, 2001; Domínguez *et al.*, 2003) y los índices de descomposición y/o mineralización de los residuos orgánicos (Brown *et al.*, 2000), alteran las propiedades físicas y químicas de los materiales, provocando un efecto de humificación (Atiyeh *et al.*, 2000a). Como resultado de estas actividades, las lombrices generan abonos orgánicos o biofertilizantes de alta calidad (Sharma *et al.*, 2005).

La capacidad transformadora de las lombrices, se debe en parte a que algunas especies pueden participar en la descomposición de la lignina – rompiendo sus ligaduras aromáticas - y en el proceso de humificación, debido a la acción de las peroxidasas, las cuales han sido observadas en

el intestino de las lombrices (e.g. *Eisenia fetida*). Estas enzimas se han encontrado en cinco especies de regiones tropicales y dos de regiones templadas: *Polypheretima elongata*, *Pontoscolex corethrurus*, *Millsonia anomala*, *Dichogaster terraenigrae*, *Hyperiodrilus africanus*, *Hormogaster elisae*, y *Eisenia fetida* y *andrei*. Cada especie posee un complejo diferente de enzimas y actividad, y su origen podría ser la pared del intestino, y por lo tanto presumiblemente propio de la lombriz, o de la microbiota que vive en el intestino (Brown et al., 2000).

El HL generado a partir de la actividad de las lombrices, es un fertilizante orgánico estabilizado, bien humedecido, con efectos adhesivos para el suelo y de estimulación para el crecimiento de la planta, más apropiado para las aplicaciones agrícolas, y ambientalmente favorable (Sharma et al., 2005). Pues se ha demostrado que bajo la acción de las lombrices se incrementa tanto la velocidad de mineralización del N como los índices de conversión del  $N-NH_4^+$  a  $N-NO_3^-$  (Atiyeh et al., 2000b; Atiyeh et al., 2000c; Atiyeh et al., 2002a)

Mientras los microorganismos son responsables de la degradación bioquímica de la MO en el proceso de formación de humus de lombriz (PFHL), las lombrices son importantes para acondicionar el sustrato y para promover la actividad microbiana (Brown et al., 2000). Las lombrices actúan como batidoras mecánicas, desintegran el material orgánico, incrementan el área superficial de los residuos que se expone a los microorganismos y mueven los fragmentos y los excrementos ricos en bacterias, homogenizando el material orgánico (Domínguez et al., 2003).

El conjunto formado por las lombrices, la microflora que vive en sus intestinos, y los organismos del medio de crecimiento, incrementan el proceso de descomposición de los sustratos (Ndegwa y Thompson, 2000).

Adicionalmente, la actividad de las lombrices en el PFHL es tanto física/mecánica y bioquímica (Ndegwa *et al.*, 2000; Sharma *et al.*, 2005). La participación física consiste en la degradación de los sustratos orgánicos provocando su fragmentación. Los procesos mecánicos incluyen la aireación, mezclado, y molienda del sustrato (Buck *et al.*, 2000; Mangrich *et al.*, 2000; Ndegwa *et al.*, 2000; Sharma *et al.*, 2005). Por su parte, los cambios bioquímicos en la descomposición de la MO son realizados a través de la digestión enzimática, enriquecida por el N excretado y el transporte de materiales orgánicos e inorgánicos (Sharma *et al.*, 2005). Además, el proceso bioquímico es afectado por la descomposición microbiana de los residuos en el intestino de las lombrices (Buck *et al.*, 2000; Ndegwa *et al.*, 2000).

A diferencia del tratamiento microbiano tradicional de los residuos, el PFHL provoca la conversión biológica de los desechos en dos productos de utilidad: la biomasa de la lombriz y el HL (Ghosh *et al.*, 1999; Ndegwa *et al.*, 2000; Domínguez *et al.*, 2001). Aproximadamente del 5 - 10 % del material ingerido es absorbido por el tejido para su crecimiento y actividad metabólica y el resto es excretado como HL (Sharma *et al.*, 2005).

## Características del humus de lombriz

El incremento en el crecimiento y en la productividad de las especies vegetales, tanto en los sistemas de producción a cielo abierto como en los sistemas controlados, reportado en diversos estudios, se ha atribuido a las características físicas, químicas y biológicas que presenta el HL (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 2002).

Dentro de las características físicas que presenta el HL destacan las siguientes: son materiales, de color oscuro: debido a la presencia de sustancias húmicas (Pereira y Zezzi-Aruda, 2003), con agradable olor a mantillo de bosque, que se encuentran finamente divididos como la turba, debido a la actividad de fragmentación que realizan las lombrices (Sharma *et al.*, 2005), presentan una elevada porosidad, aireación, drenaje, capacidad de retención de humedad (Canellas *et al.*, 2002) y una gran área superficial (Pereira y Zezzi-Aruda, 2003; Sharma *et al.*, 2005), esto les permite poseer una fuerte capacidad de adsorción y de retención de elementos nutritivos (Atiyeh *et al.*, 2000b). También mejora las características estructurales del suelo (Canellas *et al.*, 2004), desliga suelos arcillosos y agrega suelos arenosos. Aumenta la retención hídrica (4 – 27%) (Canellas *et al.*, 2002; Pereira y Zezzi-Aruda, 2003) disminuyendo el consumo de agua por los cultivos.

Además, el HL presenta las siguientes características químicas: son ricos en MO total y baja conductividad eléctrica (Sharma *et al.*, 2005), contiene elementos nutritivos en formas fácilmente asimilables por las

especies vegetales, tales como nitratos, P intercambiable, K, Ca y Mg en formas solubles (Ndegwa y Thompson, 2001; Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 20002; Canellas *et al.*, 2002; Sharma *et al.*, 2005). Posee un pH neutro (Atiyeh *et al.*, 2000a). Amortigua el efecto de los compuestos químicos aplicados al suelo. Incrementa la superficie activa de las partículas minerales favoreciendo la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2002; Pereira y Zezzi-Arruda, 2003, 2004; Contreras – Ramos *et al.*, 2005).

La elevada CIC del HL se debe a la presencia de grupos carbonilos e hidroxilos fenólicos y alcohólicos, entre otros y a la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos (Pereira y Zezzi-Arruda, 2004), estos ácidos ayudan en la regeneración de las características químicas del suelo y favorecen el desarrollo de las especies vegetales, al igual que cierto tipo de hormonas de crecimiento (Sharma *et al.*, 2005)

Desde el punto de vista biológico, el HL incrementa la germinación de las semillas y el desarrollo de las plántulas, contienen una creciente población microbiana y metabolitos biológicamente activos como los reguladores y hormonas de crecimiento y diversas sustancias húmicas (Sharma *et al.*, 2005), controla y regula la incidencia de plagas y enfermedades, así como la presencia de organismos patógenos (Ndegwa y Thompson, 2001; Contreras-Ramos *et al.*, 2005) e.g., *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* y otras Enterobacterias (Domínguez *et al.*, 2000), e incrementan la actividad de las micorrizas (Atiyeh *et al.*, 2002a).

Además, el HL favorece e incrementa la actividad biótica del suelo (Domínguez *et al.*, 2003). Debido a su bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción, contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina, facilita su asimilación por las raíces e impide que éstos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo. Durante el trasplante previene enfermedades y evita el choque por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad.

Sharma *et al.* (200) destacan que el HL contiene enzimas tales como proteasas, amilasas, lipasas, celulasas y quitinasas, las cuales una vez que son expulsadas del intestino de las lombrices continúan desintegrando la materia orgánica. Además, la importancia de las enzimas es que su presencia incrementa la aceleración del proceso de humificación (Cruz-Rodriguez *et al.*, 2003) y favorecen el PFHL (Quintero-Lizaola *et al.*, 2003).

La acción antibiótica del HL aumenta la resistencia de las plantas en contra de plagas, enfermedades y organismos patógenos. El HL se puede utilizar sin inconvenientes en estado natural y se encuentra libre de nematodos, pues estos organismos se reducen drásticamente en presencia de las lombrices (Domínguez *et al.*, 2003). Por lo tanto, sus propiedades fisicoquímicas y biológicas parecen ser de mejor calidad para el crecimiento de las plantas que las propiedades de los materiales que dan origen al HL (Ghosh *et al.*, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000b; Gajalakshmi *et al.*, 2001). El HL está considerado como un excelente producto, tiene un

patos, caballos, cerdos (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2001, 2002; Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato, 2002; Gunadi y Edwards, 2003; Sharma *et al.*, 2005), de aves de corral, conejo y borregos (Mangrich *et al.*, 2000; Santamaría-Romero *et al.*, 2001), incluso se han utilizado residuos de plantas (pastos composteados, recortes de pastos, malezas de ríos, de especies vegetales, café molido) (Domínguez *et al.*, 2000; Gunadi y Edwards, 2003; Sharma *et al.*, 2005) y residuos municipales (aserrín, biosólidos, y sobrantes de restaurantes y supermercados) (Benitez *et al.*, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000a; Domínguez *et al.*, 2000; Ndegwa y Thompson, 2000, 2001; Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato, 2002; Gunadi y Edwards, 2003; Contreras-Ramos *et al.*, 2005; Sharma *et al.*, 2005).

El efecto de las lombrices sobre los materiales sometidos al PFHL es significativo, así por ejemplo la inoculación de las lombrices *Eisenia andrei* al estiércol fresco de vaca, durante cuatro meses, provocó la reducción del pH y del contenido de humedad del estiércol. Por su parte, la relación C:N del estiércol con o sin lombrices disminuyó de 36 a 21. En cambio, el contenido de cenizas y de N total incrementó en las siguientes semanas después de la inoculación, reflejando una rápida descomposición de los compuestos de carbono y la mineralización del N. Una semana después de la inoculación, la evolución del CO<sub>2</sub> disminuyó rápidamente (44%), y alcanzó una concentración más baja en la 17 semana (51% de reducción comparado con el 22% sin lombrices), indicando una creciente estabilidad de la MO. Las lombrices redujeron la biomasa microbiana inicial del proceso, pero incrementaron la mineralización del N e

incrementaron los índices de conversión del N amoniacal a nitrato (Atiyeh *et al.*, 2000b).

En otro trabajo, de la comparación de seis diferentes sustratos utilizados para evaluar la dinámica poblacional de las lombrices *Eisenia andrei*, Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato (2002) concluyeron que los desperdicios orgánicos de mercado son un excelente sustrato alimenticio para este tipo de lombrices, ya que en sólo cuatro meses obtuvieron un incremento superior a 1200% en el número de lombrices. Por otro lado, aunque una amplia gama de materiales, principalmente diferentes tipos de estiércol, se han utilizado para el crecimiento y desarrollo de las lombrices, Gunadi y Edwards (2003) determinaron que no es recomendable el uso de estiércoles frescos de ganado vacuno y de cerdos, pues bajo estas condiciones la temperatura de las camas tiende a incrementarse, afectando la supervivencia de estos organismos.

Como se mencionó anteriormente, los biosólidos o lodos de aguas negras también pueden ser transformados biológicamente por la acción de las lombrices. De hecho el uso de las lombrices para el manejo de estos materiales ha sido denominado vermicomposteo o vermiestabilización. En este proceso, las lombrices e.g. *Eisenia fetida*, ingieren biosólidos, los descomponen y los estabilizan, convirtiéndolos en materiales inocuos. Durante el proceso los olores inaceptables de los lodos desaparecen rápidamente. Además existe una reducción significativa de poblaciones de microorganismos patógenos como *Salmonella enteritidis*, *E. coli* y otras Enterobacterias (Domínguez *et al.*, 2000).

## El humus de lombriz y el desarrollo de especies vegetales

### Promoción de crecimiento

El interés por utilizar las lombrices como un sistema ecológicamente sano para manejar el estiércol se ha incrementado, debido a la nueva reglamentación que restringe la incorporación directa del estiércol al suelo. En respuesta a dicha normatividad, diversos investigadores han estudiado la utilización potencial del HL, dentro de la industria agrícola y hortícola (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c). Los resultados obtenidos han demostrado que la aplicación del HL ha incrementado el crecimiento y desarrollo de las plántulas y la productividad de una amplia gama de cultivos. El incremento en el crecimiento y productividad de la planta se ha atribuido a las características físicas y químicas que presenta el HL (Atiyeh *et al.*, 2000b).

Los efectos del HL sobre el crecimiento de diversos cultivos incluyendo cereales y leguminosas, especies vegetales, plantas ornamentales y florales ha sido evaluado bajo condiciones de invernadero y en un menor grado bajo condiciones de campo (Atiyeh *et al.*, 2002a). En ensayos de invernadero, el crecimiento de plántulas de maravillas (caléndula) (*Tagetes patula*) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se incrementó significativamente al sustituir el MC comercial Metro-Mix 360 con 10 o 20% de desechos de cerdo o de residuos de alimentos

vermicomposteados, cuando todos los requerimientos nutritivos fueron suministrados por medio de soluciones nutritivas (Atiyeh *et al.*, 2000a).

El HL generado a partir de estiércol de ganado vacuno, estimuló el crecimiento de las plantas de tomate y lechuga en comparación con el estiércol a partir del cual se generó ésta. 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  $N-NO_3^-$ , una forma de nitrógeno que es fácilmente disponible para la asimilación de las plantas, o también podría deberse a que el estiércol vermicompostado puede actuar como un fertilizante de lenta liberación (Atiyeh *et al.*, 2000b).

Los estudios desarrollados con HL han demostrado consistentemente, que los residuos orgánicos sometidos al PFHL tienen efectos benéficos sobre el crecimiento de la planta independientemente de las transformaciones y la disponibilidad de los elementos nutritivos. Así, cuando el HL se ha utilizado como mejorador del suelo o como componentes de los medios de crecimiento hortícolas, se ha mejorado consistentemente la germinación de las semillas, el incremento en el crecimiento y desarrollo de las plántulas, y una creciente productividad de la planta (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 2002).

En correspondencia a lo anterior, Atiyeh *et al.* (2002) señalan que la mayor respuesta de crecimiento y de rendimiento de las plantas se ha presentado cuando el HL constituye una proporción relativamente

pequeña (10 - 40%) del volumen total del medio de crecimiento, dentro de los cuales estos materiales son incorporados. Generalmente, cuando la sustitución de los medios de crecimiento se realiza con cantidades, mayores o menores del intervalo señalado, no se incrementa el crecimiento de las plantas. Las posibles variables asociadas con el hecho de que el HL pueda ser en parte responsable del incremento en el crecimiento de los cultivos, incluyen la fertilidad, el ajuste del pH, las propiedades físicas del sustrato, la actividad microbiana y/o los componentes de la MO (McGinnis *et al.*, 2004).

Por lo tanto, parece muy probable que el HL, que consiste de una amalgama de heces de lombrices humificadas y MO, estimulan el crecimiento de la planta más allá del generado por los elementos nutritivos minerales, debido a los efectos de las sustancias húmicas presentes en éstas o debido a los reguladores de crecimiento de la planta asociados con los ácidos húmicos (Atiyeh *et al.*, 2002a).

### Efecto sobre rendimiento

Atiyeh *et al.* (2000b) al sustituir el MC comercial "Metro – Mix 360" con 20 % de VC de estiércol de cerdo, concluyeron que además de mejorar el crecimiento de plántulas de tomate, también se logró incrementar significativamente el rendimiento de este cultivo bajo condiciones de invernadero, con una producción de 5.1 kg planta<sup>-1</sup>. Este

valor resultó 58 % más alto que el rendimiento del testigo (Metro – Mix 360 sin VC).

De acuerdo con Atiyeh *et al.* (2002) las lombrices de tierra provocan diferentes efectos benéficos, físicos, químicos y biológicos, sobre los suelos y sobre los medios de crecimiento, en consecuencia se ha demostrado que los efectos pueden incrementar el rendimiento de los cultivos tanto en ecosistemas naturales como en los ecosistemas controlados. Los efectos benéficos se han atribuido al mejoramiento de las propiedades y de la estructura del suelo, a una mayor disponibilidad de los elementos nutritivos, a una creciente población microbiana y de metabolitos biológicamente activos, que participan como los reguladores de crecimiento de la planta.

Como resultado de la aplicación del HL y la inoculación con el hongo endomicorrízico arbuscular *Glomus intraradix* y la bacteria *Azospirillum brasilense* sobre la producción de tomate de cáscara, Velasco-Velasco *et al.* (2003) concluyeron que, la adición del HL, sola o combinada con *G. intraradix* y *A. brasilense*, mostró efecto positivo sobre la tasa fotosintética, acumulación de materia seca y rendimiento de tomate de cáscara. Además señalaron que el tratamiento que incluía la combinación de VC + *G. intraradix*, superó al testigo en peso seco total en 120% y en rendimiento en 26%.

Los resultados de la prueba de campo en Juchitepec, Edo. de México en el cultivo de papa var. Alpha usando combinaciones de abonos orgánicos y fertilizantes minerales para ajustar la dosis recomendada de

165-200-300, indicaron que la gallinaza fue el abono que aportó mayor cantidad de nutrimentos de origen orgánico, tuvo la mejor respuesta en rendimiento total, comercial, producción de materia seca, acumulación de N por tubérculos y presentó el mayor contenido de C-biomasa microbiana en suelo. Por cada tonelada de gallinaza se incrementó el rendimiento total de tubérculos en 1468 kg, obteniéndose rendimientos superiores a 43 t ha<sup>-1</sup>. La aplicación del HL produjo menores niveles de rendimiento que los otros abonos, con reducción de rendimiento al elevar la dosis de este abono orgánico, pero en la dosis recomendada obtuvo mayor concentración de N en tubérculos y, por tanto mejor calidad biológica al aumentar el contenido de proteína (Romero-Lima *et al.*, 2000). Esto último toma relevancia debido a que como lo establece Savvas (2003) la competitividad de los sistemas de producción depende más frecuentemente de la calidad del producto que del rendimiento total.

**Artículo 1. Publicado en la Revista Agricultura Técnica (Chile)**  
**DESARROLLO DE TOMATE EN SUSTRATOS DE**  
**VERMICOMPOST/ARENA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO<sup>3</sup>**

**Development of tomato in substrates of vermicompost/sand under  
greenhouse conditions**

**Alejandro Moreno Reséndez<sup>4\*</sup>, María Teresa Valdés Perezgasga<sup>5</sup> y  
Tito Zarate López<sup>6</sup>**

**ABSTRACT**

The development of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (var. Flora – Dade, of indeterminate growth) was evaluated, under greenhouse conditions, it were used mixtures of vermicompost/sand, during autumn – winter cycle, 2000/01, at Comarca Lagunera, in northern México. In the experiment were studied four types of vermicomposts, generated by action

---

<sup>3</sup> Recepción de originales:

<sup>4</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila. México Apdo. Postal 940. CP 27059. E – mail: [alejamosa@hotmail.com](mailto:alejamosa@hotmail.com). \* Autor por correspondencia.

<sup>5</sup> Profesor – Investigador B. Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila. México Apdo. Postal 940. CP 27059.

<sup>6</sup> Tesista de Licenciatura de la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna.

of earthworm's (*Eisenia foetida* Sav.) decomposition, during a three month period, over: a) horse manure; b) horse manure + goat manure with alfalfa (*Medicago sativa* L.) straw (1:1, v:v); c) goat manure with alfalfa straw; and d) goat manure with alfalfa + garden residues (mainly grass and leaves; 1:1 (v:v)). The composition of mixtures, based on a weight of 15 kg, was 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0 (%). As control were used containers with substrate of sand and nutrient solution. A total of 17 treatments were evaluated (four vermicomposts x four levels each one more one control) with four replicates of each one of them. A total randomized design was used for the statistical analysis and averages were compared by LSD test (5 %). Variables such as soluble solids (°Brix), number of clusters ( $P \leq 0,01$ ) and number of fruits per plant ( $P \leq 0,05$ ) were significantly different, for treatments with mixtures of vermicompost:arena (25:75 and 50:50 (%)), while fruit diameter, plant height and yield did not show any statistical difference.

**Key words:** vermicompost, earthworms, tomato, decomposition, *Eisenia foetida* (Sav.), *Lycopersicon esculentum* (Mill.)

## RESUMEN

Se evaluó el desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (var. Flora – Dade, de crecimiento indeterminado), bajo condiciones de invernadero, utilizando diferentes mezclas de vermicompost/arena,

durante el ciclo otoño – invierno, 2000/01, en la Comarca Lagunera, al norte de México. En el experimento se estudiaron cuatro tipos de vermicompost, generados por la acción de descomposición de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida* Sav.), durante un período de tres meses, sobre los siguientes materiales: a) estiércol de caballo; b) estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (1:1, v:v); c) estiércol de cabra con paja de alfalfa; y d) estiércol de cabra con paja de alfalfa + residuos de jardín (1:1, v:v). La composición de las mezclas de vermicompost/arena evaluadas, tomando como base un peso de 15 kg, fue de 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0 (% en peso). Como testigo se utilizaron macetas con sustrato de arena y solución nutritiva. En total se evaluaron 17 tratamientos (cuatro tipos de vermicompost x cuatro niveles cada uno más un testigo) con cuatro repeticiones cada uno. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar y para la comparación de medias la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS, 5 %). Derivado del análisis estadístico se estableció que tres de las variables evaluadas en el tomate presentaron diferencia significativa; sólidos solubles (°Brix) y número de racimos ( $P \leq 0.01$ ) y número de frutos ( $P \leq 0.05$ ), en los tratamientos con las mezclas de vermicompost/arena (25:75 y 50:50 (%)), mientras que las variables diámetro de fruto, altura de planta y rendimiento no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

**Palabras clave:** vermicompost, lombriz de tierra, tomate, descomposición, *Eisenia foetida* (Sav.), *Lycopersicon esculentum* (Mill.)

## INTRODUCCIÓN

Para atender la creciente demanda de alimentos, se ha establecido como alternativa el manejo de sistemas de producción sustentables, que, además de promover prácticas que preservan los recursos naturales y la biodiversidad (Porter Humpert, 2000), permitan hacer un uso eficiente y adecuado de los residuos que se derivan directa o indirectamente del sector agropecuario, así como de los desechos que se originan de diversas actividades realizadas por el hombre. En el mismo sentido, la gran cantidad de residuos que se generan a nivel mundial, y ante la demanda de un mundo sano, debido a los altos índices de contaminación que se reflejan sobre diversas regiones (Atiyeh *et al.*, 2000a; Alvarez *et al.*, 2001), existe la necesidad de buscar alternativas que beneficien directamente a los sistemas de producción a partir de los materiales biodegradables.

En la actualidad, muchos productores, grandes y pequeños, quienes tradicionalmente han utilizado la aplicación de fertilizantes sintéticos para promover el desarrollo de sus cultivos, están modificando esta práctica por diversas razones, entre las cuales se incluyen la restricción en el uso de pesticidas, la demanda de alimentos de alta calidad, la creciente preocupación por la degradación del recurso suelo,

las presiones del público sobre los aspectos ambientales, el ahorro y el incremento de las ganancias (Porter Humpert, 2000). Por otra parte, y debido a que las reglamentaciones para la aplicación y disposición del estiércol se han vuelto cada vez más rigurosas, en los últimos años ha crecido el interés por utilizar las lombrices de tierra (*Eisenia foetida* Sav.) como un sistema ecológicamente seguro para manejar el estiércol, ya que diversos estudios han demostrado la capacidad de algunas lombrices para utilizar una amplia gama de residuos orgánicos, e.g., estiércol, residuos de cultivos, desechos industriales, aguas negras, etc. (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2001; Bansal y Kapoor, 2000).

Durante el proceso de alimentación, las lombrices trituran los residuos, aceleran la descomposición de la materia orgánica, alteran las propiedades físicas y químicas de los residuos consumidos, provocando el composteo, a través del cual la materia orgánica inestable es oxidada y estabilizada (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b). La acción de las lombrices en el proceso de vermicompostaje es de tipo físico/mecánico y bioquímico. Los procesos físicos o mecánicos incluyen: aireación, mezclado, así como la molienda del substrato. El proceso bioquímico es realizado por la descomposición microbiana del substrato en el intestino de las lombrices. El vermicomposteo provoca la bioconversión de los desechos en dos productos de utilidad: la biomasa de la lombriz y el vermicompost (Ndegwa *et al.*, 2000).

Los residuos orgánicos procesados por la lombriz de tierra, frecuentemente denominados vermicompost, son de tamaño fino, como

los materiales tipo peat moss, con alta porosidad de aireación y drenaje y a su vez, una alta capacidad de retención de agua. El vermicompost, comparado con la materia prima que lo genera, tiene reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico, y un elevado contenido de ácidos húmicos totales. Debido a estas características, los residuos orgánicos procesados con lombrices tienen un potencial comercial muy grande en la industria hortícola como medio de crecimiento para los almácigos y las plantas (Ndegwa y Thompson, 2000). El vermicompost o humus de lombriz, por sus características físicas, químicas y biológicas, se ha utilizado como fertilizante orgánico con efectos favorables sobre el desarrollo de los cultivos hortícolas y las plantas ornamentales en invernaderos (Brown *et al.*, 2000).

En apoyo a los sistemas de producción sustentables, resulta de vital importancia aprovechar la capacidad de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.), para adaptarse y reproducirse fuera de su hábitat natural (Paoletti, 1999), así como para descomponer diversos residuos orgánicos y convertirlos en vermicompost (Bansal y Kapoor, 2000), el cual posee un alto contenido de elementos nutritivos fácilmente asimilables por las plantas, tales como N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, etc., además contiene sustancias biológicamente activas tales como reguladores de crecimiento vegetal (Buck *et al.*, 1999; Ghosh *et al.*, 1999; Whalen *et al.*, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b; Bansal y Kapoor, 2000; Gajalakshmi *et al.*, 2001).

Los elementos disponibles que contiene el vermicompost provienen del proceso de fragmentación y descomposición de la materia orgánica

por lombrices, bacterias y hongos microscópicos. Estos organismos digieren los complejos orgánicos reduciéndolos a formas simples, de tal manera que pueden ser asimilados por las plantas (Sherman-Hutoon, 1997; Atiyeh *et al.*, 2000a; Bansal y Kapoor, 2000). En estudios realizados por Irisson *et al.* (1998) sobre vermicompost originada a partir de pulpa de café (*Coffea arabica* L.), se determinó un incremento en la concentración de minerales (N, Ca, Mg, Na, K, y P) y una disminución en el contenido de materia orgánica, lo que favorece la transformación de N orgánico a N mineral facilitando así su asimilación por las plantas.

Por otra parte, se ha señalado que el vermicompost afecta favorablemente la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Además, aumenta notablemente la altura de las especies vegetales en comparación con otros ejemplares de la misma edad. Así mismo, durante el trasplante previene enfermedades y lesiones por cambios bruscos de temperatura y humedad, este material se puede usar sin inconvenientes en estado puro y se encuentra libre de nematodos. Su pH neutro lo hace sumamente confiable para aplicarse a especies sensibles (Atiyeh *et al.*, 2000a; Brown *et al.*, 2000).

A partir del año 2000, en la Universidad Estatal de Ohio se implementó un programa de investigación sobre vermicompost, en el cual se han desarrollado experimentos para evaluar el efecto de diferentes tipos de vermicompost sobre la germinación, crecimiento, floración y fructificación de varias especies hortícolas y ornamentales (e.g., pepino (*Cucumis sativus* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), petunias

(*Petunia grandiflora* L.), maravillas (*Calendula officinalis* L.), crisantemos (*Chrysanthemum sinense* L.)) concluyéndose que las mejores respuestas de estas especies se presentan cuando se sustituye del 10 al 20% del volumen total del medio de crecimiento comercial con los diferentes tipos de vermicompost (Riggle, 1998; Subler *et al.*, 1998).

Igualmente se ha establecido que el vermicompost a partir de estiércol de cerdo tiene un gran potencial como un componente de los sustratos de crecimiento que se utilizan en los invernaderos (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b; Atiyeh *et al.*, 2001). Este material se utilizó para incrementar la producción de tomate en invernadero cuando se incorpora en concentraciones relativamente pequeñas (20% del volumen) mezcladas con un medio de crecimiento comercial (Metro-Mix 360), sin embargo, con mayores proporciones de vermicompost (> 20%) en el medio de crecimiento se disminuyó la productividad de la planta (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b).

Los antecedentes establecidos permiten suponer que la producción de diversas especies vegetales, bajo condiciones de invernadero, tradicionalmente supeditada al uso de fertilizantes sintéticos aplicados a través de soluciones nutritivas, se puede llevar a cabo con la aplicación de sustratos de origen orgánico, como el vermicompost, pudiéndose reducir el uso de los fertilizantes sintéticos. En el presente trabajo se evaluó el efecto de cuatro tipos de vermicompost, mezcladas con arena, en cuatro diferentes niveles, y se compararon con un tratamiento testigo (sustrato de

arena y fertilizado con solución nutritiva) sobre el desarrollo del cultivo de tomate.

## MATERIALES Y MÉTODO

El experimento se realizó en el invernadero de la Unidad Laguna, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila, México (101°40' y 104°45' de long. Oeste, y los paralelos 25°05' y 26°54' de lat. Norte): esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud 1139 msnm y su temperatura media anual es de 18,6°C (Schmidt, 1989).

La siembra de las semillas de tomate se realizó, el 4 de septiembre de 2000, en una bandeja de poliestireno, de 200 celdillas (Atiyeh *et al.*, 2000b), utilizando como medio de crecimiento un sustrato comercial a base de cáscara de coco molida (Germinaza Plus ®) humedecido. La bandeja se colocó dentro del invernadero y se aplicó un riego cada tres días hasta el trasplante. El trasplante se realizó 30 días después de la siembra (dds), colocándose una plántula por maceta. Como macetas se utilizaron bolsas de polietileno negro, calibre 500, con una capacidad de 15 kg. El invernadero utilizado fue de los denominados de tipo frío o pasivo (durante el desarrollo del cultivo ni la pared húmeda ni los extractores funcionaron) y contaba con cubierta y paredes de plástico transparente reforzadas, ventanas laterales y piso de grava.

En este trabajo se evaluaron cuatro tipos de vermicompost, generadas por la acción de descomposición de las lombrices *Eisenia foetida*, durante un período de 90 días (Bansal y Kapoor, 2000; Ndegwa et al., 2000; Ndegwa y Thompson, 2000), sobre los siguientes residuos orgánicos: a) estiércol de caballo; b) estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa (1:1, v:v); c) estiércol de cabra con paja de alfalfa; y d) estiércol de cabra con paja de alfalfa + residuos de jardín (principalmente pasto y hojas; 1:1, v:v). Después de que estos materiales se transformaron en vermicompost (V) se identificaron como VEC, VEC+ECPA, VECPA y VECPA+RJ, respectivamente. La composición química de los cuatro tipos de vermicompost utilizados se presenta en el Cuadro 1.

Las mezclas de vermicompost/arena utilizadas para evaluar el desarrollo del tomate, var. Flora – Dade, de crecimiento indeterminado, presentaron las siguientes composiciones 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0 (%:% en peso). Con las mezclas de vermicompost/arena se generaron 16 tratamientos (cuatro tipos de vermicompost x cuatro niveles de cada vermicompost) mismos que se compararon con un tratamiento testigo. Para el tratamiento testigo se utilizó como sustrato de crecimiento arena de río y la demanda nutritiva del tomate se cubrió utilizando una solución nutritiva madre (SNM). En total se evaluaron 17 tratamientos (Cuadro 2) cada uno con cuatro repeticiones.

Cuadro 1. Características químicas de los cuatro tipos de vermicompost (peso seco)

Table 1. Chemical Characteristics of four vermicomposts types (dry wt).

Vermicompost	Componente y concentración*									
	MO	Nt	P	Cu	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	Na
	(%)	(%)			mg L <sup>-1</sup>				(meq L <sup>-1</sup> )	
VEC	24,74	0,948	2229,72	1,82	26	12	21,2	14,67	0,84	8,43
VEC+ECPA	17,28	0,696	963,55	1,64	45	12,2	20,4	14,02	0,77	5,74
VECPA	15,25	0,828	945,73	1,42	15	7,8	24,4	11,17	1,24	25,78
VECPA+RJ	8,61	0,808	673,035	2,26	58	13,8	23,2	16,46	0,72	6,52

\* MO (Walkley Black), Nt (Kjeldhal), P (Olsen modificado), Cu, Fe, Zn y Mn (extracción con DTPA y determinación por Absorción atómica, Perkin – Elmer 2380), Ca, Mg y Na (extracto de suelo a saturación y determinación por Absorción atómica, Perkin – Elmer 2380).

V = vermicompost a partir de: EC = estiércol de caballo; ECPA = estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa; RJ = residuo de jardín

De acuerdo al objetivo, de evaluar el efecto de los cuatro tipos de vermicompost mezclados con arena a diferentes niveles, a las plantas de tomate que se desarrollaron en las macetas con las mezclas de vermicompost/arena (T1 – T16) no se les aplicó solución nutritiva, sus necesidades nutricionales se cubrieron con los diferentes tipos de vermicompost. Por otra parte, para satisfacer los requerimientos nutricionales del tratamiento testigo (T17), se aplicó la fertilización por medio de la SNM (Atiyeh *et al.*, 2000b) tomando como base la solución nutritiva universal de Hoagland y Arnon (1938). El pH de la SNM fue neutralizado con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Para preparar la SNM se utilizaron sales, de alta solubilidad y grados técnicos, empleadas usualmente en los sistemas con fertirrigación y disponibles en el mercado regional (Cuadro 3).

Cuadro 2. Composición de los tratamientos evaluados para el desarrollo de tomate en mezclas de vermicompost/arena, bajo condiciones de invernadero.

Table 2. Composition of treatments evaluated for the tomato development in mixtures vermicompost/sand, under greenhouse conditions.

T	Tratamientos y mezclas										
	VEC (%)	Arena (%)	T	VEC+ECPA (%)	Arena (%)	T	VECPA (%)	Arena (%)	T	VECPA+R J (%)	Arena (%)
T1	25	75	T5	25	75	T9	25	75	T13	25	75
T2	50	50	T6	50	50	T10	50	50	T14	50	50
T3	75	25	T7	75	25	T11	75	25	T15	75	25
T4	100	0	T8	100	0	T12	100	0	T16	100	0
T17	0	100	Tratamiento testigo								

T = tratamiento; V = vermicompost a partir de: EC = estiércol de caballo; ECPA = estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa; RJ = residuo de jardín

Para regar las macetas con las mezclas de vermicompost/arena (T1 – T16) se utilizó agua potable aplicando un volumen de 0.5 L maceta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Por su parte, para satisfacer las necesidades nutritivas del tratamiento testigo (T17), se consideraron tres etapas de desarrollo del cultivo de tomate: a) antes de la floración, b) floración y c) producción. En cada una de estas etapas la SNM se diluyó con agua potable (AP), de acuerdo a las siguientes relaciones: 1/3, 2/3 y 3/3 (SNM/AP) e igualmente se aplicó un volumen de 0.5 L maceta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de cada disolución durante la etapa respectiva.

Dentro del invernadero se colocaron tres filas de macetas a doble hilera, dando un total de 68 macetas por toda el área experimental. Los parámetros estudiados durante el desarrollo del experimento fueron: altura, número de racimos y frutos por planta, tamaño de fruto, rendimiento y sólidos solubles (°Brix). Para evaluar el efecto de los tratamientos se utilizó un diseño completamente al azar y cada tratamiento se repitió cuatro veces. Los datos de cada uno de los parámetros evaluados se analizaron estadísticamente por un ANDEVA y para la comparación de

medias se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS, 5%) (SAS, 1996).

Cuadro 3. Materiales utilizados y concentración final de los elementos de la solución nutritiva madre para el desarrollo de tomate en el tratamiento testigo.

Table 3. Materials used and final concentration of the elements of the nutrient solution for the development of tomato in the treatment control.

Compuesto	Fórmula	Concentración (g L <sup>-1</sup> )	Elem	Concentración final (mg kg <sup>-1</sup> )
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	101,1	K	235
Nitrato de calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	236,6	N	224
Fosfato diácido de amonio	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	115,08	Ca	160
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	246,49	P	62
Cloruro de potasio	KCl	3,728	S	32
Ácido bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1,546	Mg	24
Sulfato de manganeso	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	0,338	Cl	1,77
Sulfato de zinc	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0,575	Fe	1,12
Sulfato de cobre	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,125	B	0,27
Ácido molibídico	H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	0,081	Mn	0,11
Fe-Quelato		6,922	Zn	0,131
			Cu	0,032
			Mo	0,05

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con las mezclas de vermicompost/arena concuerdan con lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000a), quienes destacaron, que los vermicomposts favorecen el desarrollo de los cultivos en invernaderos, cuando éstos se utilizan como sustratos de crecimiento, y que las diferencias detectadas en las variables evaluadas se deben a su contenido de elementos nutritivos y a la naturaleza de sus comunidades microbianas. El contenido de elementos nutritivos de los vermicompost utilizados se presenta en el Cuadro 1 y por los resultados obtenidos se

puede suponer que las necesidades nutritivas del tomate fueron satisfechas con los diferentes porcentajes de vermicompost que se emplearon en el presente ensayo.

Derivado del análisis estadístico (Cuadro 4) se estableció que tres variables presentaron diferencia significativa; sólidos solubles y número de racimos ( $P \leq 0,01$ ) y número de frutos ( $P \leq 0,05$ ), mientras que el diámetro de fruto, la altura de planta y el rendimiento no presentaron diferencias significativas. La respuesta favorable determinada en algunos casos se debió a los tratamientos que incluían diferentes niveles de la mezcla de vermicompost/arena, como se puede apreciar en el Cuadro 5. Los resultados obtenidos con las mezclas de vermicompost/arena utilizadas en el presente ensayo, fueron similares a los reportados por Atiyeh *et al.* (2000b) y Atiyeh *et al.* (2001), quienes utilizaron mezclas del medio de crecimiento comercial "Metro-Mix 360" con vermicompost, preparado a partir de estiércol de cerdo, para evaluar el comportamiento del cultivo de tomate.

De la prueba de comparación de medias (Cuadro 5) se determinó que los tratamientos T14 y T17 presentaron el valor promedio mayor para la variable sólidos solubles (6 y 5.9 °Brix respectivamente). Mientras que los tratamientos T5 y T13 (con 5.7 y 5.74 °Brix) resultaron estadísticamente iguales que el tratamiento testigo (T17). Por su parte, los tratamientos T17, T6 y T9 generaron el mayor número de frutos promedio (27,5; 17,75 y 16,75 respectivamente). Además, los tratamientos T17, T9, T13 y T10 presentaron el mayor número de racimos por planta promedio

(4,00; 3,25; 3,00; y 2,75 respectivamente). Para cada una de estas tres variables los tratamientos señalados resultaron estadísticamente iguales que el tratamiento testigo al que se aplicó la SNM.

Cuadro 4. Análisis de Varianza, significancia estadística y coeficiente de variación (CV) para las variables evaluadas en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, 2001.

Table 4. Analyses of variance, statistical significance and variation coefficient (CV) for the variables evaluated in tomato crop under greenhouse conditions Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, 2001.

FV	gl	Cuadrados medios					
		SS	R	NF	Ren	DF	AP
Tratamiento	16	0,236**	2,795**	102,68*	640100,41 ns	0,155 ns	131,68 ns
Error	51	0,027	0,867	59,02	435827,27	0,3142	134,91
CV(%)		2,96	46,91	64,89	70,70	11,23	14,94

FV = Fuente de variación; gl = grados de libertad; SS = sólidos solubles; R = racimos; NF = número de frutos; Ren = rendimiento; DF = diámetro de fruto; AP = altura de planta \*,\*\* = significativo al 5 y al 1%, respectivamente; ns = no significativo.

Los tratamientos de las mezclas de vermicompost/arena T5, T6, T9, T10, T13 y T14 que presentaron diferencias significativas para las variables número de frutos, racimos y sólidos solubles, subrayadas en el Cuadro 5, resultaron estadísticamente iguales que el tratamiento testigo (T17). El contenido de vermicompost en estos tratamientos corresponden a los niveles que oscilan de 25 a 50% para tres de los cuatro tipos de vermicompost utilizados (VEC+ECPA, VECPA y VECPA+RJ). Los niveles de 25 y 50% de vermicompost concuerdan con los niveles utilizados por Atiyeh *et al.* (2001), quienes aplicaron vermicompost originado a partir de estiércol de cerdo, y determinaron que el efecto del vermicompost sobre el desarrollo del tomate, probablemente se debe al mejoramiento de las

condiciones físicas de los medios de crecimiento y a los niveles nutricionales que contiene este material.

Por otro lado, los niveles de vermicompost de 25 a 50%, que generaron la respuesta favorable en los tratamientos (T5, T6, T9, T10, T13 y T14) para las variables señaladas, fueron superiores a los niveles de 10 a 20% de vermicompost, generada a partir de estiércol de cerdo, utilizados por Subler *et al.* (1998), esta respuesta se puede atribuir al tipo de materia prima que se utilizó para elaborar el vermicompost, lo cual posiblemente afecta el contenido de elementos químicos disponibles para las plantas cuando este material se utiliza como medio de crecimiento. La diferencia en la disponibilidad de los elementos se refleja en los resultados del análisis químico reportado en el Cuadro 1. Por lo que es necesario que en futuros estudios se evalúe el contenido nutricional al follaje de las especies que se desarrollarán en este tipo de medios de crecimiento.

Como se puede observar en el Cuadro 5, en ningún caso los diferentes tipos de vermicompost al 100% (T4, T8, T12 y T16) impactaron sobre los resultados obtenidos. La nula respuesta del cultivo de tomate a la aplicación de los cuatro tipos de vermicompost (VEC, VEC+ECPA, VECPA y VECPA+RJ) al 100% probablemente podría deberse a la elevada capacidad de retención de humedad que presentan los cuatro tipos de vermicompost utilizados, condición que provoca una reducción significativa de la aireación y porosidad del medio de crecimiento, así como una alta concentración de sales solubles en los diferentes tipos de vermicompost utilizados (Atiyeh *et al.*, 2000b, 2001).

Además, de acuerdo con Atiyeh *et al.* (2000a), los resultados permiten suponer que los vermicompost poseen el potencial para mejorar el crecimiento de la planta cuando se aplica a los medios de crecimiento en invernaderos. Sin embargo, los resultados parecen tener marcadas diferencias entre vermicompostas específicas en términos de su contenido de elementos nutritivos, la naturaleza de sus comunidades microbianas, y sus efectos sobre el crecimiento del tomate.

Por otra parte, con respecto a las variables rendimiento, diámetro de fruto y altura de planta, que resultaron no significativas, es posible suponer, que las diferentes mezclas vermicompost/arena, independientemente de la materia prima de la cual se generaron los diferentes tipos de vermicompost, lograron satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo de tomate, necesidades que igualmente fueron satisfechas con la solución nutritiva que se utilizó en el tratamiento testigo, bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo. Esta suposición se basa en que las plantas de tomate en los diferentes tratamientos que se manejaron completaron su ciclo fenológico sin presentar deficiencias nutritivas. Con respecto a los rendimientos obtenidos, se puede puntualizar que, el máximo rendimiento de tomate se obtuvo en el tratamiento testigo, con un valor de  $12.42 \pm 2.3 \text{ kg m}^{-2}$ , y los rendimientos para los tratamientos con las mezclas de vermicompost/arena fueron ligeramente inferiores a este valor.

Cuadro 5. Comparación de medias de tratamiento con la prueba DMS (5%), para las variables sólidos solubles, racimos por planta y número de frutos de tomate en los tratamientos evaluados. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, 2001.

Table 5. Tests DMS (5%) of the variables soluble solids, clusters for plant and number of fruits of tomato in the treatments evaluated. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, 2001.

Tratamiento	Valores promedio de los parámetros evaluados		
	Sólidos solubles	Racimos	Número de frutos
T1	5,66 cd	2,00 bcde	11,00 bc
T2	5,49 defg	2,00 bcde	9,50 bc
T3	5,49 defg	1,75 cde	11,00 bc
T4	5,37 hij	2,00 bcde	12,50 bc
T5	<b>5,70 bcd</b>	2,00 bcde	12,50 bc
T6	5,62 cdef	1,75 cde	<b>17,75 ab</b>
T7	5,66 cd	1,00 e	8,25 bc
T8	5,23 hij	1,75 cde	6,75 bc
T9	5,16 ij	<b>3,25 ab</b>	<b>16,75 abc</b>
T10	5,41 fgh	<b>2,75 abcd</b>	10,50 bc
T11	5,64 cde	1,75 cde	10,25 bc
T12	5,12 j	1,50 de	11,75 bc
T13	<b>5,74 bc</b>	<b>3,00 abc</b>	7,50 bc
T14	<b>6,00 a</b>	1,00 e	6,50 bc
T15	5,41 efgh	1,00 e	12,25 bc
T16	5,59 cdefg	1,25 e	9,00 bc
T17	<b>5,91 ab</b>	<b>4,00 a</b>	<b>27,5 a</b>

Tratamientos con la misma letra (a, b, c, d, e, f, g, h, i) son estadísticamente iguales según la prueba de DMS (5%)

## CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos es posible suponer que los medios de crecimiento comerciales, que tradicionalmente se utilizan en los invernaderos para el desarrollo de especies vegetales, pueden llegar a ser sustituidos por mezclas que incluyan diversos niveles de vermicompost y arena. Además, los resultados igualmente permiten considerar que las soluciones nutritivas, preparadas con sales inorgánicas de alta solubilidad, y que tradicionalmente se utilizan en los sistemas de producción

hidropónica, pueden ser reemplazadas por productos como el vermicompost, cuyo contenido de elementos nutritivos puede satisfacer las necesidades de las especies vegetales en desarrollo. Estas evidencias fortalecen el enfoque de la producción orgánica, pues se promueve el reciclado de los residuos orgánicos, a través del proceso de vermicomposteo, y potencialmente se reduce el empleo de recursos naturales no renovables, utilizados para la preparación de los fertilizantes sintéticos.

En atención a lo anterior, se destaca, que bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo, las mezclas de vermicompost/arena con los niveles 25:75 y 50:50 (% en peso), correspondientes a los vermicompost preparados a partir de: a) estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa (1:1, v:v); b) estiércol de cabra con paja de alfalfa; y c) estiércol de cabra con paja de alfalfa + residuos de jardín (principalmente pasto y hojas), lograron satisfacer la demanda nutritiva del cultivo de tomate.

Para trabajos futuros se recomienda contemplar aspectos adicionales; como el contenido de elementos en follaje y su relación con respecto a la concentración de los elementos en las diferentes mezclas, el efecto del vermicompost sobre la retención de humedad y su impacto en la asimilación de los elementos nutritivos, de tal forma que estos estudios permitan definir la mezcla de vermicompost/arena más adecuada para el desarrollo de cualquier cultivo bajo condiciones de invernadero.

**Agradecimientos:** Este trabajo fue financiado por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, clave del proyecto 02-03-1502-2867.

#### LITERATURA CITADA

- Alvarez, J., A. Del Campo, and F. Sancho. 2001. Research and technologic development of composting processes and its application in the agriculture and forestry sectors. *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge* 1:1-7. Available at: <http://www.orbit-online.net/journal/archiv/index.html>. Verified 28 september 2001.
- Atiyeh, R. M., S. Subler, C. A. Edwards, G. Bachman, J. D. Metzger, and W. Shuster. 2000a. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología*, 44:579-590.
- Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards, and J.D. Metzger. 2000b. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75:175-180.
- Atiyeh, R. M., C.A. Edwards, S. Subler, and J.D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresour. Technol.* 78:11-20
- Bansal, S., and K.K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresour. Technol.* 73:95-98.
- Brown, G.G., I. Barois, and P. Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the

- role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36:177-198.
- Buck, C., M. Langmaack, and S. Schrader. 1999. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. *Eur. J. Soil Biol.* 35:23-30.
- Gajalakshmi, S., E.V. Ramasamy, and S.A. Abbasi. 2001. Potential of two epigeic and two anecic earthworm species in vermicomposting of water hyacinth. *Bioresour. Technol.* 76:177-181.
- Ghosh, M., G.N. Chattopadhyay, and K. Baral. 1999. Transformation of phosphorus during vermicomposting. *Bioresour. Technol.* 69:149-154.
- Hoagland, D. R., and D. I. Amon. 1938. The water-culture method for growing plants without soil. Circ. 347. Univ. California, Collage of Agric., Berkeley.
- Irisson, S., I. Barois, y E. Aranda. 1998. Caracterización química y bacteriológica de la pulpa de café al inicio del lombricomposteo y el abono al final del proceso. Proyecto "Utilización de lombrices en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico" CONACYT:045 – N9108. Available at: <http://www.inrase.csic.es/depart/sostenibilidad/proyecoste98.html>. Verified 30 november 2001.
- Ndegwa, P. M., and S.A. Thompson. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. *Bioresour. Technol.* 75:7-12.

- Ndegwa, P. M., S.A. Thompson, and K.E. Das. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresour. Technol.* 71: 5-12.
- Paoletti, M.G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74:137-155.
- Porter Humpert, C. 2000. New trends in sustainable farming build compost use. *BioCycle.* 41:30-35.
- Riggle, D. 1998. Vermicomposting research and education. *ByoCycle.* 39:54-56. Available at: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/may98.htm>. Verified 13 june 2000.
- Statistical Analysis System (SAS). 1996. SAS for Windows NT V 6.12. SAS Institute Inc. SAS Campus Drive, Cary, North Carolina USA 27513.
- Schmidt, R. H., Jr. 1989. The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *J. Arid Environ.* 16:241-256.
- Sherman-Huntoon, R. 1997. Earthworm castings as plant growth media. *In: Earthworms in waste and environmental management.* Clive Edwards and Edward Neusher (eds.) pp 1-3. Available at: <http://www.bae.ncsu.edu/people/faculty/sherman/vermiculite/castings.htm>. Verified 15 june 2001.

- Subler, S., C.A. Edwards, and J.D. Metzger. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *BioCycle*. 39:63-66. Available at: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/july98.htm>. Verified 15 June 2001.
- Whalen, J. K., R.W. Parmelee, D.A. McCartney, and J.L. Vanarsdale. 1999. Movement of N from decomposing earthworm tissue to soil, microbial and plant N pools. *Soil Biol. Biochem.* 31:487-492.

**Artículo 2. Artículo enviado a la Revista Terra Latinoamericana**

**(aceptado para revisión)**

**COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE *Lycopersicon esculentum***

**Mill. EN MEZCLAS DE VERMICOMPOSTA:ARENA BAJO**

**CONDICIONES DE INVERNADERO**

***Behavior of Lycopersicon esculentum* Mill. Genotypes in**

**Vermicompost:sand Mixtures Under Greenhouse Conditions**

**Alejandro Moreno Reséndez<sup>1\*</sup>, Leocadio Gómez Fuentes<sup>2</sup>, Pedro  
Cano Ríos<sup>2</sup>, Víctor Martínez Cueto<sup>2</sup> José Luis Reyes Carrillo<sup>3</sup>, José  
Luis Puente Manríquez<sup>4</sup> y Norma Domínguez Dimas<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro –  
UL. Periférico y Carretera a Santa Fé s/n. Torreón, Coahuila, México. CP  
27059.

\*Autor por correspondencia, Email: [alejamorsa@yahoo.com.mx](mailto:alejamorsa@yahoo.com.mx) y

[alejamorsa@hotmail.com](mailto:alejamorsa@hotmail.com)

<sup>2</sup>Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio  
Narro – UL.

<sup>3</sup>Departamento de Biología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
– UL.

## RESUMEN

Para determinar el comportamiento productivo de dos genotipos (G) de tomate bola: André y Adela, de crecimiento indeterminado, y establecer la concentración óptima de la mezcla vermicomposta (VC) y arena (A), que satisfaga sus necesidades nutricionales se estableció el presente trabajo. La siembra se efectuó en charolas de poliestireno de 200 cavidades rellenas con peat moss y el transplante a los 40 dds utilizando macetas de plástico negro de 25 kg. Las mezclas utilizadas presentaban las siguientes relaciones: 1:7, 1:3, 1.5:2.5 y 1:1 (VC:A). Las macetas se colocaron en invernadero a doble hilera con arreglo en tresbolillo espaciadas a 30 cm. Se evaluaron dos genotipos y cuatro mezclas, y como testigos ambos genotipos en macetas con arena y solución nutritiva para un total de 10 tratamientos con cuatro repeticiones. Se utilizó un diseño de bloques al azar, y para la evaluación estadística de los tratamientos el ANOVA. Para la comparación de medias se usó la prueba DMS (5 %). Los rendimientos más altos resultaron para los G-Adela con 17.37 kg m<sup>-2</sup> en el T10 (arena y solución nutritiva) y G-André con 17.05 kg m<sup>-2</sup> (P < 0.05) en T1 (mezcla con la relación 1:7 (VC:A)). Los frutos de mayor tamaño se obtuvieron con el G-André en las mezclas 1:7 y 1:1 (VC:A) (P < 0.05). Los sólidos solubles más altos para ambos G se

obtuvieron en la mezcla con la relación 1:7 (VC:A) con una media de 6.22 y 5.96 °Brix para los G-André y G-Adela respectivamente ( $P < 0.05$ ). Los resultados sugieren que la VC posee características que favorecen el desarrollo de los genotipos de tomate.

**Palabras clave:** *sustrato de crecimiento, agricultura orgánica, Eisenia foetida, nutrición, residuos orgánicos, vermicomposta, genotipos de tomate*

## SUMMARY

In order to determine the productive behavior of the tomato - André and Adela - indeterminate growth genotypes (G) and to establish the optimum concentration of the mixture vermicompost (VC) and sand (S) to satisfy the nutritional needs of the crop this experiment was carried out under greenhouse conditions. The sow of the seeds was done in 200 cavities polystyrene tray, padded with peat moss and transplanted at 40 days placing the tomato seedlings in black 25 kg plastic bags. The mixtures used were: 1:7, 1:3, 1.5:2.5 and 1:1 (VC:S) ratio. The pots were placed in the greenhouse at two staggered rows 30 cm apart. Two genotypes and four VC:S mixtures, and both genotypes in pots with sand and nutrient solution as controls for having a 10 treatments total. An arrangement on randomized blocks design with four replicates was used, and ANOVA as statistic analysis. The averages were compared by LSD (5 %) test. The higher tomato yield were observed in G-Adela with 17.37 kg

m<sup>-2</sup> in T10 (sand and nutrient solution) and G-André with 17.05 kg m<sup>-2</sup> in the mixture with 1:7 (VC:S) ratio (P < 0.05). Bigger fruits were obtained with G-André in the mixtures 1:7 and 1:1 (VC:S) ratio respectively (P < 0.05). The higher soluble solids were obtained in the mixture 1:7 (VC:S) ratio with a average of 6.22 and 5.96 °Brix for G-André and G-Adela respectively (P < 0.05). The results suggest that the VC posse's characteristics that were favorable for the growth tomato genotypes.

***Index words:*** growing media, organic agriculture, Eisenia foetida, nutrition, organic residues, vermicompost, tomato genotypes

## INTRODUCCIÓN

El invernadero es una alternativa para la producción de hortalizas en cualquier época del año (Robledo, 2002). En los invernaderos la demanda nutritiva de los cultivos se satisface con el uso de fertilizantes sintéticos, a través de soluciones nutritivas, cuyos componentes pueden provocar efectos nocivos, para el cultivo y el medio ambiente, cuando se utilizan indiscriminadamente y de manera irracional. Adicionalmente, la elaboración de los fertilizantes sintéticos depende de diversos recursos naturales no renovables e.g., el petróleo (Chan, 2001) cuya disponibilidad, con el tiempo, será más reducida. Lo anterior obliga a implementar alternativas enfocadas al uso eficiente de los recursos naturales y que tiendan a promover una agricultura sustentable (Hansen *et al.*, 2001).

almácigos y especies ornamentales e.g., tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), pimiento verde (*Capsicum annum*), frambuesa (*Rubus idaeus*), maravillas (*Calendula officinalis* L.), lechuga (*Lactuca sativa*), fresas (*Fragaria vesca* L.), algodón (*Gossypium hirsutum*) (Riggle, 1998; Subler *et al.*, 1998; Atiyeh *et al.*, 2000a; Brown *et al.*, 2000; Cracogna *et al.*, 2001).

Atiyeh *et al.* (2000a) determinaron que la sustitución del sustrato comercial Metro – Mix 360 con 20 % de VC de estiércol de cerdo, no sólo mejoró el crecimiento de plántulas de tomate, sino también se incrementó significativamente el rendimiento, en invernadero, con 5.1 kg•planta<sup>-1</sup>. Este valor resultó 58 % más alto que el rendimiento obtenido en el testigo con Metro – Mix 360 sin VC.

Una tendencia consistente cuando se ha evaluado el crecimiento de plantas en macetas, es que la mejor respuesta ocurre cuando la VC constituye de 10 a 20 % del volumen del sustrato, pues con mayor proporción no siempre se mejoró el crecimiento de las plantas. En algunos casos, aún con sólo el 5 % de VC en la mezcla, se han obtenido respuestas significativas. Además, se ha establecido que las mezclas de VC con sustratos comerciales generaron mayores efectos sobre el crecimiento que las macetas que contenían 100 % de VC (Subler *et al.*, 1998). Sin embargo, a la fecha la documentación científica de las respuestas de las plantas a la aplicación de la VC a los suelos o los medios de crecimiento es todavía escasa.

Los antecedentes permiten suponer que el desarrollo de las especies vegetales, bajo condiciones de invernadero, tradicionalmente supeditado al uso de soluciones nutritivas, se puede satisfacer con el empleo de sustratos de origen orgánico, e.g., la vermicomposta, reduciéndose el empleo de fertilizantes sintéticos. En el presente trabajo se evaluó el efecto de mezclas VC y arena, a diferentes niveles, sobre el desarrollo de genotipos de tomate bola, de crecimiento indeterminado, y se compararon con tratamientos testigo (sustrato con arena y fertilizado con solución nutritiva).

## **MATERIALES Y MÉTODO**

El experimento se realizó, durante 2002, en el invernadero del Dpto., de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL, en Torreón, Coahuila, México (altitud 25°05' y 26°54' Norte, longitud 101°40' y 104°45' Oeste y 1139 msnm) dentro de la Comarca Lagunera. Esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, su temperatura media anual es de 18,6 °C, y forma parte del Desierto Chihuahuense (Schmidt, 1989).

El invernadero es semicircular, cuenta con cubierta de acrílico reforzado, pared húmeda, extractores y sistema de riego por goteo, piso de grava, y mide 8 x 23 m. Lateralmente cuenta con ventanas de 1.20 m de alto, que también se cubren con acrílico, el cual se puede enrollar y están protegidas con malla antiáfidos. La cubierta de acrílico se protege

con mallasombra durante las estaciones del año más calurosas. Como material vegetal se emplearon dos genotipos (G) de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill.) – André y Adela – de crecimiento indeterminado y de larga vida de anaquel. La siembra de las semillas se realizó, el 25/06/02, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, rellenas con peat moss (Atiyeh *et al.*, 2000a). Las charolas se colocaron en el invernadero, se cubrieron con plástico negro y se regaron, con agua de la llave (potable), cada tres días hasta el momento del transplante, el cual se realizó a los 40 dds, cuando la planta tenía una altura de casi 15 cm, colocando una plántula maceta<sup>-1</sup>. Como macetas se utilizaron bolsas de polietileno negro calibre 500, tipo vivero, de 25 kg. En el invernadero las macetas se colocaron en una fila a doble hilera, con arreglo topológico en tresbolillo, y una distancia de 30 cm entre plantas.

Para la descomposición de los residuos orgánicos (estiércol de caballo y estiércol de cabra con paja de alfalfa) se utilizaron lombrices *Eisenia foetida* (Atiyeh *et al.*, 2000a; Ndegwa *et al.*, 2000) durante un período de 90 días (Bansal y Kapoor, 2000). Después del proceso de biotransformación se originó una mezcla homogénea de ambas vermicompostas con una relación 1:1 (v:v) cuyas características químicas se presentan en el cuadro 1. Como sustratos de crecimiento para los genotipos (G) de tomate se utilizaron cuatro diferentes mezclas de vermicomposta (VC) y arena (A) de río. La arena de río utilizada en las mezclas y en los tratamientos testigo fue esterilizada con CH<sub>3</sub>Br, aplicando 0.454 kg por cada 3 m<sup>3</sup> de arena y antes de proceder a su utilización, en

los diferentes tratamientos, se dejó airear este material durante un período de 48 h.

Las mezclas utilizadas presentaron las siguientes relaciones 1:7, 1:3, 1.5:2.5 y 1:1 (VC:A), correspondientes a 12.5:87.5; 25:75; 37.5:62.5 y 50:50 (VC:A) (%:% en peso) respectivamente. Con los G de tomate y las mezclas de VC:A se generaron ocho tratamientos. En los tratamientos T1 – T4 se utilizó el G-André y en T5 – T8 el G-Adela. Los tratamientos testigo (G-André = T9 y G-Adela = T10) consistieron en macetas con arena como sustrato y fertilizados con solución nutritiva (Adams, 1994; Atiyeh *et al.*, 2000a), tomando como base la solución nutritiva universal de Hoagland y Arnon (1938), dando un total de 10 tratamientos (Cuadro 2). En la solución nutritiva madre (SNM) se utilizaron sales, de alta solubilidad y grados técnicos, empleados en los sistemas con fertirrigación y disponibles en el mercado regional (Cuadro 3). El pH de la SNM se neutralizó con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.

De acuerdo al objetivo de evaluar el efecto de diferentes mezclas de VC:A sobre el desarrollo de G de tomate, a las macetas con estas mezclas no se les aplicó la SNM, buscando satisfacer sus necesidades nutritivas con la VC. Para el riego de los tratamientos T1 – T8 se utilizó exclusivamente agua potable (AP). Para satisfacer las necesidades de los tratamientos T9 y T10, se consideraron tres etapas de desarrollo del cultivo: a) antes de la floración, b) floración y c) producción. En cada etapa la SNM se diluyó con AP, de acuerdo a las siguientes relaciones: 1/3, 2/3 y 3/3 (SNM/AP). Las diluciones se aplicaron en función de la etapa

fenológica correspondiente, 2 veces día<sup>-1</sup>; por la mañana y por la tarde, al momento del riego correspondiente. Para los 10 tratamientos, dependiendo de las condiciones climáticas imperantes, se realizaron de 4 a 5 riegos día<sup>-1</sup>, con una duración de 2 min cada uno con AP. El volumen total aplicado por tratamiento fue de aproximadamente de 2 L maceta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, para lo cual se utilizó un sistema de riego por goteo, cada maceta contó con un gotero. El programa de riegos se controló con el apoyo de un sistema de computo (Rain Bird Profesional ® ESP-4).

Cuadro 1. Características químicas de la mezcla homogénea de dos tipos de vermicomposta (1:1; v:v) (peso seco).

Vermicomposta	Componente y concentración*									
	MO	Nt	P	Cu	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	Na
	%						mg L <sup>-1</sup>			
VCEC+VCECaPA	17.28	0.696	963.55	1.64	45	12.2	20.4	14.02	0.77	5.74

\* MO (Walkley Black), Nt (Kjeldhal), P (Olsen modificado), Cu, Fe, Zn y Mn (extracción con DTPA y determinación por Absorción atómica, Perkin – Elmer 2380), Ca, Mg y Na (extracto de suelo a saturación y determinación por Absorción atómica, Perkin – Elmer 2380). VC = vermicomposta: EC = estiércol de caballo; ECaPA = estiércol de cabra con paja de alfalfa.

Al iniciar la floración del cultivo se realizó, diariamente, la polinización en forma manual, utilizando un cepillo dental eléctrico, el cual se pasó por el pedúnculo de la inflorescencia durante un período de 3 seg. Cada tercer día se eliminaron los brotes axilares para promover el desarrollo del cultivo a un solo tallo. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 30 cm, el tallo principal fue tutorado con rafia, sujetando uno de los extremos en la base del tallo y el otro a un alambre galvanizado horizontal que se sujetó a la estructura metálica del invernadero, para mantener erguida la planta y evitar que las hojas y los frutos tocan el

suelo. Durante la etapa de fructificación, al momento en que los primeros racimos alcanzaron el tono de punto rosado, se eliminaron las hojas que quedaron por debajo de éstos, para facilitar la aireación y mejorar la coloración de los frutos.

El control de las plagas que se presentaron se realizó de la siguiente manera y con los productos indicados, respectivamente: para mosquita blanca (*Bemisia argentifolli*) Confidor® aplicando una dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>; para el ácaro *Aculops lycopersici* se asperjó azufre en el follaje en una dosis de 2 L ha<sup>-1</sup>, la cantidad aplicada se realizó considerando las dimensiones del invernadero; y el minador de la hoja (*Liriomyza* spp.) se controló eliminando manualmente las hojas dañadas. La cosecha de los frutos se realizó semanalmente una vez que éstos alcanzaron un color rosado.

Cuadro 2. Tratamientos, genotipos de tomate y composición de las mezclas de vermicomposta:arena evaluados bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Genotipo	Relación VC:A	Vermicomposta %	Arena %
T1	André	1:7	12.5	87.5
T2	"	1:3	25.0	75.0
T3	"	1.5:2.5	37.5	62.5
T4	"	1:1	50.0	50.0
T5	Adela	1:7	12.5	87.5
T6	"	1:3	25.0	75.0
T7	"	1.5:2.5	37.5	62.5
T8	"	1:1	50.0	50.0
T9	André	-	0.0	100.0
T10	Adela	-	0.0	100.0

Las variables evaluadas durante el desarrollo del tomate fueron diámetro polar y ecuatorial del fruto, número de lóculos, espesor de la

pulpa, sólidos solubles (°Brix) y peso de los frutos y rendimiento total. El diseño experimental utilizado para evaluar el efecto de los tratamientos, con cuatro repeticiones, fue bloques al azar. Los datos recopilados se analizaron estadísticamente utilizando un análisis de varianza y para la comparación de las medias de tratamientos se aplicó la prueba DMS (5 %) (Steel y Torrie, 1960).

Cuadro 3. Productos y concentración final de los elementos de la solución nutritiva madre para el desarrollo de tomate en los tratamientos testigo.

Compuesto	Fórmula	Concentración g L <sup>-1</sup>	Elemento	Concentración final mg kg <sup>-1</sup>
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	101.1	K	235
Nitrato de calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	236.6	N	224
Fosfato diácido de amonio	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	115,08	Ca	160
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	246.49	P	62
Cloruro de potasio	KCl	3.728	S	32
Ácido bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1.546	Mg	24
Sulfato de manganeso	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	0.338	Cl	1.77
Sulfato de zinc	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.575	Fe	1.12
Sulfato de cobre	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0.125	B	0.27
Ácido molibídico	H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	0.081	Mn	0.11
Fe-Quelato		6.922	Zn	0.131
			Cu	0.032
			Mo	0.05

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales, los resultados sugieren que las lombrices juegan un papel destacado en el procesamiento de los residuos orgánicos, puesto que la actividad de éstas aceleró el proceso de descomposición y estabilización de los dos tipos de estiércol, generando la VC, la cual posee características bioquímicas que resultaron favorables para el crecimiento

de la plantas. Además, dadas las respuestas de las variables evaluadas, que se describen a continuación, se puede establecer, de acuerdo con Atiyeh *et al.* (2000b) que la VC es un abono orgánico que libera de forma gradual los elementos químicos contenidos permitiendo que las necesidades nutritivas de las especies vegetales puedan ser satisfechas.

De manera específica, se determinó, a partir del análisis de varianza, que cinco de las variables de calidad evaluadas en los frutos: peso (PF), diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), sólidos solubles (SS) y número de lóculos (NL) presentaron diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ), mientras que rendimiento (R) presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) y solamente el espesor de pulpa (EP) resultó no significativo. El comportamiento observado para el EP, en los G André y Adela, indica que las mezclas de VC:A no incrementaron el espesor de pulpa de los frutos de tomate, ya que los valores obtenidos en todos los tratamientos resultaron estadísticamente iguales.

Al comparar las medias de tratamientos con la DMS (5%) (Cuadro 4) se determinó que el G-André y la mezcla con relación 1:7 (VC:A) superó al resto de los tratamientos en NL y SS, con valores de 5 y 6.2 °Brix respectivamente. Por su parte, los tratamientos T1 y T4 con el G-André y las mezclas con las relaciones 1:7 y 1:1 respectivamente, registraron los mayores valores promedio para DE, 7.59 y 7.47 cm fruto<sup>-1</sup> respectivamente. Igualmente los tratamientos T1, T4 (G-André y las mezclas con las relaciones 1:7 y 1:1 respectivamente) y T9 (G-André con A y solución nutritiva) generaron los mayores PF, 218.26, 224,71 y 223.38

g fruto<sup>-1</sup> respectivamente. Los tratamientos T10 (G-Adela con A y solución nutritiva) y T1 (G-André y la mezcla con relación 1:7; VC:A) presentaron los valores de rendimiento promedio más altos, 173.69 y 170.52 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente. Por último el tratamiento T4 (G-André y la mezcla con relación 1:1) presentó el valor promedio más alto para el DP con un valor de 6.9 cm.

De los resultados obtenidos, donde se destaca que los tratamientos con mezclas de VC:A, en diferentes relaciones, superan o al menos resultaron estadísticamente iguales a los tratamientos con solución nutritiva (cuadro 4), se asemejan a los resultados de Riggie (1998), quien estableció que el crecimiento de las plantas fue igual o mejor cuando se utiliza VC como parte del sustrato de crecimiento. Adicionalmente, los resultados obtenidos para los G de tomate coinciden con los reportes de Subler *et al.* (1998) y de Atiyeh *et al.* (2000a) quienes concluyeron que la aplicación de pequeñas cantidades de VC, mezcladas con sustratos estándares y sustratos de alta calidad de crecimiento, provocaron un mejoramiento significativo sobre el desarrollo de las plantas. Ya que, el tratamiento con mayor efecto sobre el desarrollo del tomate resultó ser el que utilizó el G-André y la mezcla con relación 1:7 (VC:A). El valor de 12.5 % de VC utilizado en la relación 1:7 (VC:A) es similar a los porcentajes de 10 a 20 % de VC de estiércol de cerdo empleados por Subler *et al.* (1998), con los cuales obtuvieron diferencias significativas en el desarrollo de los cultivos debido al empleo de la VC.

Al comparar la respuesta entre los G para las diferentes mezclas de VC:A se determinó que los valores promedio de las variables de calidad (NL, SS, DP, DE y PF) y el rendimiento del G-André superaron a los valores promedio registrados para el G-Adela. Incluso el valor promedio de la variable PF del G-André en el tratamiento T9 superó al peso promedio de fruto del G-Adela del tratamiento T10, ambos tratamientos correspondieron a los testigos manejados en un sustrato con A y SNM (cuadro 4).

De la respuesta generada en el tratamiento T1, G-André y la mezcla con relación 1:7 (VC:A), es posible suponer que la demanda nutritiva del cultivo de tomate se cubrió satisfactoriamente, pues los valores promedio de las variables de calidad evaluadas fueron significativamente mayores a los valores obtenidos con la aplicación de la SNM, sólo en el caso de las variables PF y R los tratamientos testigo fueron estadísticamente iguales al T1. Resultados similares obtuvieron Atiyeh *et al.* (2000a) quienes al sustituir el medio de crecimiento comercial Metro – Mix 360 con 20 % de VC de estiércol de cerdo, además de mejorar el crecimiento de las plántulas de tomate, también lograron incrementar significativamente el R de este cultivo en invernadero, con una producción de 5.1 kg planta<sup>-1</sup>. Este valor fue 58 % más alto que el rendimiento obtenido en las macetas testigo rellenas con Metro – Mix 360 sin VC. En el presente trabajo el R del tratamiento T10 (G-Adela con A y SNM) superó en R•ha<sup>-1</sup> al

tratamiento T1 en 1.82 % y éste a su vez superó al tratamiento T9 (G-André con A y SNM) en un 11.43 %.

Cuadro 4. Valores Promedio de las variables evaluadas en los genotipos André y Adela desarrollados en mezclas de vermicomposta y arena, y en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN – UL, 2002.

T	NL	SS °Brix	DE cm	Variables			
				DP cm	PF g	EP cm	R kg m <sup>-2</sup>
T1	<b>5.0 a</b>	<b>6.2 a</b>	<b>7.47 a</b>	6.5 b	<b>224.71 a</b>	0.8 a	<b>17.05 ab</b>
T2	4.7 abc	5.6 bcde	6.86 b	6.4 bc	196.27 ab	0.8 a	7.44 d
T3	4.7 abc	5.4 cde	6.94 b	6.3 bc	170.38 bc	0.9 a	9.22 cd
T4	4.5 bc	5.8 bcd	<b>7.59 a</b>	<b>6.9 a</b>	<b>223.38 a</b>	0.8 a	13.11 abcd
T5	4.9 ab	<b>6.0 ab</b>	6.94 b	5.8 de	174.70 b	0.8 a	8.11 cd
T6	4.1 c	5.3 de	6.93 b	6.0 cd	170.50 b	0.8 a	8.86 cd
T7	4.4 bc	5.6 bcde	6.74 b	5.8 de	171.70 b	0.9 a	10.54 bcd
T8	4.4 bc	5.9 abc	6.43 b	6.2 bc	134.69 c	0.8 a	7.85 d
T9	4.8 ab	5.5 cde	6.91 b	6.0 cd	<b>218.26 a</b>	0.8 a	<b>15.10 abc</b>
T10	4.1 c	5.3 de	6.67 b	5.5 e	177.48 b	0.9 a	<b>17.37 a</b>

T = Tratamiento; DE = diámetro polar; °Brix = grados Brix; EP = espesor de pulpa; NL = número de lóculos; DP = diámetro ecuatorial; PF = peso de los frutos; y R = rendimiento. Los promedios acompañados por la misma literal son iguales entre sí (P < 0.05).

Igualmente, con respecto a la variable R en el caso del G-André, se puede establecer que a mayor contenido de VC en las mezclas con A, el R tiende a disminuir, esta situación concuerda con lo establecido por Subler *et al.* (1998) quienes señalaron que cuando los niveles de VC se encuentran en mayor proporción no siempre se mejora el crecimiento de las especies vegetales.

Un resultado destacado es el contenido de SS, ya que los valores promedio obtenidos para esta variable, en la mayoría de los tratamientos, registraron valores iguales o superiores al intervalo óptimo de 4.4 a 5.5 °Brix que Diez (1995) reporta como los valores que deben contener los frutos de tomate utilizados para consumo en fresco o procesado. Esta

variable coincide tanto en los tratamientos que incluyeron mezclas VC:A, como los tratamientos testigo, para ambos G. El G-André y la mezcla con relación 1:7 (VC:A) presentó el valor más alto de SS (DMS al 5%), correspondiente a un valor de 6.2 °Brix.

El haber obtenido respuestas significativas en las variables NL, SS, DP, DE, PF y R, para el cultivo de tomate, debido a la aplicación de la VC, bajo las condiciones en la que se desarrolló el trabajo, permite establecer, de manera similar a lo señalado por Manjarres-Martínez *et al.* (1999), que las características físicas químicas y biológicas de este material reducen significativamente el uso de los fertilizantes sintéticos.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento y de acuerdo a los resultados obtenidos es posible concluir que:

- Los resultados sugieren que la vermicomposta utilizada posee características que favorecen el desarrollo de los genotipos de tomate.
- El sustrato VC:A permite obtener mayor número de lóculos, contenido de sólidos solubles y tamaño en los frutos del G-André.
- La VC mezclada con A, con una relación 1:7 (VC:A), correspondiente a una mezcla de 12.5 de VC y 87.5 de A (en base

a peso) en el G-André sustituye satisfactoriamente a la solución nutritiva en la producción bajo invernadero.

**Agradecimientos:** El trabajo fue financiado por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través del proyecto: **Desarrollo de especies vegetales en sustratos de vermicomposta bajo condiciones de campo e invernadero**, con clave: **02-03-1502-2867**

### LITERATURA CITADA

- Adams, P. 1994. Nutrition of Greenhouse vegetables in NFT and hidroponic systems. Acta Hort. 361: 245-257.
- Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2000a. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Biores. Technol. 75:175-180.
- Atiyeh, R.M., J.Domínguez, S. Subler and C.A.Edwards. 2000b. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. Pedobiologia. 44: 709-724.
- Bansal, S., and K.K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. Biores. Technol. 73:95-98.
- Bravo-Varas, A. 1996. Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz Roja Californiana. (*Eisenia foetida*). Facultad de Humanidades. Universidad Yacambu. 6 p. Disponible en:

<http://www.geocities.com/RainForest/Canopy/8317/eisenia.html>.

(Consultado 15 de diciembre de 2001)

Brown, G.G., I. Barois and P. Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36:177-198.

Buck, C., M. Langmaack and S. Schrader. 1999. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. *Eur. J. Soil Biol.* 35:23-30.

Chan, K.Y. 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils. *Soil Till. Res.* 57:179-191.

Cracogna, M. F., M.N. Fogar, D. Rotela, and M.C., Iglesias. 2001. Uso de lombricomposto e inoculante con *Azospirillum sp*, en el cultivo del zapallo anquito (*Cucurbita moschata* L.) (I). *Ciencia & Técnica. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste.* 4 p. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/cyt.htm>.  
(Consultado 1 de julio de 2003).

Diez, J. M. 1995. Tipos varietales. *In:* F. Nuez (Ed.). *El Cultivo del Tomate.* Editorial Mundi-Prensa México. 95 – 129 pp.

Edwards, C. and J. Steele. 1997. Using earthworm systems. *Biocycle.* 63-64. Disponible en: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/july97-1.htm>.  
(Consultado 15 de diciembre de 2001).

- Hansen, B., H.F. Alrøe and E.S. Kristensen. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agr. Ecosyst. Environ* 83:11-26.
- Hoagland, D. R., and D. I. Amon. 1938. The water-culture method for growing plants without soil. Circ. 347. Univ. California, Collage of Agric., Berkeley.
- Karsten, G.R. and H.L. Drake. 1995. Comparative Assessment of the Aerobic and Anaerobic Microfloras of Earthworm Guts and Forest Soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:1039–1044.
- Manjarrez-Martínez, M.J., R. Ferrera-Cerrato y M.C. González-Chávez. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra.* 17:9-15.
- Ndegwa, P. M., S. A. Thompson and K.C. Dass. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol.* 71: 5-12.
- Riggle, D. 1998. Vermicomposting research and education. *ByoCycle.* 5:54-56. Disponible en: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/may98.htm>. (Consultado 13 de junio de 2000).
- Robledo, T. 2002. Producción de hortalizas en invernadero con enfoque orgánico. *In: Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ – UJED.* 47-48 pp. Torreón, Coahuila, México.
- Schmidt, R. H., Jr. 1989. The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *J. Arid Environ.* 16:241.256.

Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Co., inc. New York, USA. 481 p.

Subler, S., C. Edwards, and J. Metzger. 1998. Comparing Vermicomposts and Composts. BioCycle. 39:63-66. Disponible en: <http://qnv.fdt.net/~windle/refrence/july98.htm> (Consultado 13 de junio de 2000).

**Artículo 3. Enviado a la Revista Agraria Nueva Época**  
**Rendimiento y calidad de genotipos de tomate (*Lycopersicon***  
***esculentum* Mill.) en vermicomposta bajo condiciones de**  
**invernadero**

**Yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**  
**genotypes in vermicompost under greenhouse conditions**

Alejandro Moreno - Reséndez<sup>1</sup>, Lilia del Carmen Ávalos García<sup>2</sup>, José Luis Reyes - Carrillo<sup>3</sup>, Pedro Cano - Ríos<sup>4</sup>, Víctor Martínez - Cueto<sup>4</sup>, Norma Domínguez – Dimas<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Autor por correspondencia. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL. Periférico y Carretera a Santa Fé s/n. Torreón, Coahuila, México. CP 27059. Correo electrónico: [alejamosa@hotmail.com](mailto:alejamosa@hotmail.com) y [alejamosa@yahoo.com.mx](mailto:alejamosa@yahoo.com.mx)

<sup>2</sup> Tesista de la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL.

<sup>3</sup> Profesor – Investigador del Departamento de Biología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL.

<sup>4</sup> Profesores – Investigadores del Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL.

<sup>5</sup> Asesor Externo

## Abstract

This experiment was carried out, under greenhouse condition, to evaluate the behavior of two tomato genotypes - Andre and Adela - of indeterminate growth to establish the optimum concentration of the mixture vermicompost:sand to satisfy the nutritional needs of this crop. The sow of the seeds was made June 25' 2002 in 200 cavities polystyrene tray, padded with Peat Most. The transplant was carried out August 4 placing the tomato seedlings in black plastic bags of 25 kg. In this experiment were studied four mixtures of vermicompost:sand, the mixtures were: 12.5:87.5; 25.0:75.0; 37.5:62.5 and 50.0:50.0 (%:%,weight basis). The pots were placed in the greenhouse at two staggered rows 30 cm apart. A total of eight treatments were evaluated, two genotypes x four mixtures of vermicompost:sand with four replicates every one. In this experiment the treatments were arranged on a randomized block design and averages were compared by LSD test (5 %). In general terms and in function of the evaluated variables it was determined that the genotype Andre overcame to the Adela genotype, and the levels of the vermicomposta:sand mixtures, where the most favorable effects were presented for the development of these genotypes from 25.0:75:0 to 37.5:62.5 (%:%). This experiment confirms that the mixtures of vermicompost:sand, employed as growth media under greenhouse conditions, it can supply the nutrient demand of the tomato crop.

*Key words: growing media, organic agriculture, Eisenia foetida, nutrition, organic residues*

## **Resumen**

Para determinar la respuesta de dos genotipos de tomate – Andre y Adela - de crecimiento indeterminado, y establecer la concentración óptima de la mezcla vermicomposta:arena para satisfacer las necesidades nutricionales de este cultivo, se desarrolló el presente trabajo bajo condiciones de invernadero. La siembra de semillas de los genotipos evaluados se efectuó el 25 de Junio del 2002 en charolas de unicel de 200 cavidades, rellenas con Peat Most. El transplante se realizó el 4 de Agosto colocando las plántulas del tomate en macetas de plástico negro de 25 kg de capacidad. Como sustratos de crecimiento se utilizaron cuatro mezclas de vermicomposta:arena con la siguiente composición: 12.5:87.5, 25.0:75.0; 37.5:62.5 y 50:50 (%:% en base a peso). Las macetas se colocaron en el invernadero en fila a doble hilera con arreglo a tresbolillo espaciadas a 30 cm entre planta y planta. En total se evaluaron ocho tratamientos, dos genotipos x cuatro mezclas de vermicomposta:arena, con cuatro repeticiones cada uno. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño de bloques al azar y para la comparación de las medias de tratamiento la prueba DMS (5 %). En términos generales y en función de las variables evaluadas se determinó que el genotipo Andre superó al genotipo Adela, y los niveles de las mezclas de vermicomposta:arena,

donde se presentaron los efectos más favorables para el desarrollo de estos genotipos oscilaron de 25.0:75:0 a 37.5:62.5 (%:%). Se confirma que las mezclas de vermicomposta:arena, empleadas como sustratos de crecimiento bajo condiciones de invernadero, puede satisfacer la demanda nutritiva del cultivo de tomate.

*Palabras clave: sustrato de crecimiento, agricultura orgánica, Eisenia foetida, nutrición, residuos orgánicos*

## **Introducción**

El desarrollo de hortalizas en invernadero representa una alternativa viable para la producción de tomate en cualquier época del año (Robledo, 2002). Sin embargo, por si solo el invernadero no es una garantía para satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos. Por lo general, esta demanda se satisface con el uso de fertilizantes sintéticos, los cuales pueden provocar efectos nocivos tanto al cultivo como al medio ambiente cuando se utilizan de manera indiscriminada y de forma irracional. Por otra parte, la elaboración de estos fertilizantes depende de diversos recursos naturales no renovables e.g., el petróleo (Chan, 2001) cuya disponibilidad, con el tiempo, será cada vez más reducida. Por lo anterior, aun en estos sistemas de producción, es necesario implementar opciones enfocadas al uso eficiente de los recursos naturales, que tiendan hacia una agricultura sostenible (Hansen *et al.*, 2001).

Una alternativa para satisfacer la demanda nutritiva de las especies vegetales, desarrolladas en invernaderos, es el uso de vermicomposta (VC) como sustrato de crecimiento, ya que la VC, por sus características físicas, químicas y biológicas, potencialmente puede reducir el uso de fertilizantes sintéticos (Manjarrez-Martínez *et al.*, 1999). La VC es un abono orgánico de alta calidad, con características propias, que lo hacen prácticamente insuperable, ya que puede incrementar hasta en un 300 % el rendimiento de diversas especies vegetales (Bravo-Varas, 1996). Según Edwards y Steele (1997) la VC, de acuerdo al uso que se destine se puede clasificar como: a) fertilizante orgánico, b) mejorador del suelo y c) medio de crecimiento para las hortalizas que se desarrollan en invernaderos.

La VC resulta de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas de los residuos orgánicos, provocadas en el intestino de las lombrices de tierra, e. g., la lombriz *Eisenia foetida*. Por medio de estos procesos los residuos se transforman en un material rico en elementos nutritivos y fácilmente asimilables para las plantas. La VC contiene sustancias biológicamente activas que actúan como los reguladores de crecimiento, gran capacidad de intercambio catiónico, un elevado contenido de ácidos húmicos, alta capacidad de retención de humedad, y una porosidad elevada que facilita la aireación y el drenaje del suelo y de los medios de crecimiento (Karsten y Drake, 1995; Buck *et al.*, 1999; Manjarrez-Martínez *et al.*, 1999; Bansal y Kapoor, 2000; Ndegwa *et al.*, 2000).

La VC, debido a sus propiedades, tiene gran potencial para utilizarse como medio de crecimiento para el desarrollo de diversas especies vegetales. Cuando la VC se ha utilizado como abono orgánico ha provocado efectos significativos sobre cultivos hortícolas, almácigos y plantas ornamentales, en invernaderos y bajo condiciones de campo, e.g., tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), pimiento verde (*Capsicum annuum*), frambuesa (*Rubus idaeus*), maravillas (*Calendula officinalis* L.), lechuga (*Lactuca sativa*), fresas (*Fragaria vesca* L.), algodón (*Gossypium hirsutum*), (Riggle, 1998; Subler *et al.*, 1998; Atiyeh *et al.*, 2000; Brown *et al.*, 2000; Cracogna *et al.*, 2001).

Recientemente se han realizado ensayos para evaluar el efecto de la VC sobre la germinación y el crecimiento de diversas especies ornamentales (petunias, maravillas), así como de otras especies hortícolas (pimiento verde, chile chilaca, fresas y tomate). Los resultados obtenidos con la aplicación de pequeñas cantidades de VC, mezcladas con medios estándares y medios de alta calidad de crecimiento, incrementaron significativamente el crecimiento de las plantas (Subler *et al.*, 1998; Atiyeh *et al.*, 2000).

Atiyeh *et al.* (2000) determinaron que con la sustitución del medio de crecimiento comercial Metro – Mix 360 con 20 % de VC de estiércol de cerdo, no sólo se mejoró el crecimiento de las plántulas de tomate, sino también se logró incrementar significativamente su rendimiento, bajo condiciones de invernadero, obteniéndose una producción de 5.1

kg·planta<sup>-1</sup>. Este valor fue 58 % más alto que el rendimiento generado en las macetas testigo con Metro – Mix 360 sin VC.

Una tendencia consistente en ensayos en los que se evaluó el crecimiento de plantas en macetas, ha sido que la mejor respuesta de éstas ocurre cuando la VC constituye de un 10 a un 20 % del volumen del sustrato de crecimiento, ya que con una mayor proporción no siempre se logró mejorar su crecimiento. En algunos casos, aún con tan sólo el 5 % de VC en la mezcla utilizada, se obtuvieron respuestas significativas (Subler *et al.*, 1998). Por su parte, Atiyeh *et al.* (2000) concluyeron que los medios de crecimiento que contenían mezcla de VC y sustratos comerciales generaron mejores efectos sobre el crecimiento que las macetas que contenían 100 % de VC, ya que este material tiende a secarse más rápido que las diferentes mezclas, por lo tanto dichas mezclas se consideraron como un magnífico medio de crecimiento para las plantas. Sin embargo, a la fecha la documentación científica de las respuestas de las plantas a la aplicación de la VC a los suelos o los medios de crecimiento es todavía escasa (Subler *et al.*, 1998).

Lo señalado anteriormente permite suponer que la demanda nutritiva de las especies vegetales se puede satisfacer con el empleo de sustratos de origen orgánico, solos o mezclados, por lo tanto, en el presente trabajo se evaluó el efecto de la mezcla vermicomposta:arena, a diferentes niveles, sobre el desarrollo de dos genotipos de tomate bajo condiciones de invernadero.

## Materiales y Métodos

El experimento se realizó, durante el año 2002, en el invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL, localizada en Periférico Torreón-Gómez-Lerdo y Carretera Santa Fé, en Torreón, Coahuila, México. La Universidad Agraria se encuentra ubicada en La Comarca Lagunera, en la parte sur del Estado de Coahuila, entre los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste, y los paralelos 25° 05' y 26° 54' de latitud norte, formado parte del Desierto Chihuahuense: esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud 1,139 msnm y su temperatura media anual es de 18.6 °C (Schmidt, 1989).

El invernadero es semicircular, tiene cubierta de acrílico reforzado, con pared húmeda, extractores y un sistema de riego por goteo, y cuenta con piso de grava; con dimensiones de 8 x 23 m. A los costados el invernadero cuenta con dos ventanas laterales con una altura de 1.20 m, que se cubren con el mismo acrílico reforzado, el cual se puede enrollar. Estas ventanas están protegidas permanentemente con malla antiáfidos. Además, la cubierta de acrílico se protege con mallasombra durante las estaciones más calurosas del año. Como material vegetal se emplearon dos genotipos de tomate bola – Andre y Adela – de crecimiento indeterminado y de larga vida de anaquel. La siembra de las semillas se realizó, el 25 de junio de 2002, en charolas de unicel de 200 cavidades, rellenas con Peat Most (Atiyeh *et al.*, 2000). Las charolas se colocaron en

Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Co., Inc. New York, USA. 481 p.

Subler, S., C. Edwards, and J. Metzger. 1998. Comparing Vermicomposts and Composts. BioCycle. 39:63-66. Disponible en: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/july98.htm> (Consultado 13 de junio de 2000).

el invernadero y se aplicaron riegos, con agua de la llave, cada tres días hasta el momento del transplante, el cual se realizó, el 4 de agosto de 2002, cuando la planta tenía una altura aproximada de 15 cm, colocándose una plántula por maceta.

Como macetas se utilizaron bolsas de plástico negro calibre 500, tipo vivero, y con una capacidad de 25 kg. En el invernadero las macetas fueron colocadas en una fila a doble hilera, con arreglo topológico a tresbolillo, y una distancia de 30 cm entre planta y planta.

Para los substratos de crecimiento se utilizaron cuatro diferentes mezclas de vermicomposta:arena. La VC utilizada se originó de la mezcla homogénea de dos tipos de VC, originadas por la biotransformación de las lombrices *Eisenia foetida* (Atiyeh *et al.*, 2000; Ndegwa *et al.*, 2000) sobre dos diferentes residuos orgánicos – estiércol de caballo y estiércol de cabra con paja de alfalfa – durante un período de 90 días (Bansal y Kapoor, 2000). La arena de río (AR) utilizada en la mezcla fue esterilizada con  $\text{CH}_3\text{Br}$ , aplicando 0.454 kg por cada  $3 \text{ m}^3$  de arena. La composición de las mezclas de VC:AR evaluadas fue: 12.5:87.5; 25:75; 37.5:62.5 y 50:50 (%:% en base a peso).

Con los dos genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y las cuatro mezclas de VC:AR, se generaron ocho diferentes tratamientos, que se compararon entre si. En los tratamientos T1 – T4 se utilizó el genotipo Andre y en los tratamientos restantes T5 – T8 se utilizó el genotipo Adela. Dependiendo de las condiciones climáticas imperantes, durante el desarrollo del cultivo, se aplicaron de 4 a 5 riegos día<sup>-1</sup>, con

una duración de 2 min cada uno, empleando agua de la llave y un sistema de riego por goteo computarizado.

Al iniciar la etapa de floración se realizó diariamente la polinización, utilizando un cepillo dental eléctrico, el cual se pasó por el pedúnculo de la inflorescencia por un lapso de tres segundos. Cada tercer día se eliminaron los brotes axilares para promover el desarrollo del cultivo a un solo tallo. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 30 cm, el tallo principal fue tutorado con rafia, sujetando uno de los extremos en la base del tallo y el otro a un alambre galvanizado horizontal que se colocó a una altura de 2.2 m de la superficie del suelo sujetado a la estructura metálica del invernadero, para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y los frutos toquen el suelo. Durante la etapa de fructificación, al momento en que los primeros racimos alcanzaron el tono de punto rosado, se eliminaron las hojas que quedaron por debajo de éstos, con el propósito de facilitar la aireación y mejorar la coloración de los frutos.

Para el combate de las plagas que se presentaron se utilizaron los siguientes productos: mosquita blanca (*Bemisia argentifolli*) con Confidor® en una dosis de 1 L•ha<sup>-1</sup>; se asperjó con azufre el follaje para ácaro *Aculops lycopersici*, en una dosis de 2 L•ha<sup>-1</sup>; y el minador de la hoja (*Liriomyza* spp.) se combatió eliminando manualmente las hojas dañadas. La cosecha de los frutos se realizó una vez que éstos alcanzaron un color rosado. La cosecha se realizó cada semana.

En este experimento se utilizó un diseño de bloques al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones y la prueba DMS (5%) para la

comparación de medias de tratamientos de las variables: diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de lóculos, espesor de pulpa, sólidos solubles, peso de frutos y rendimiento. Para realizar el análisis de varianza y la prueba DMS de los datos recuperados se utilizó el programa SAS para Windows V. 6.12 (SAS, 1998).

### **Resultados y Discusión**

Derivado del análisis de varianza (cuadro 1) se determinó que cuatro de las variables de calidad evaluadas: peso (PF), diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP) y sólidos solubles (°Brix) de los frutos de tomate presentaron diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ), mientras que la variable número de lóculos (NL) de los frutos presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). Por su parte, las variables rendimiento y espesor de pulpa de los frutos resultaron no significativas. El comportamiento observado en estas últimas variables, para ambos genotipos, indican que las diferentes mezclas de VC:AR generaron una respuesta similar con los tratamientos evaluados.

De la prueba DMS (5 %) que se aplicó para la comparación de las medias de tratamiento (cuadro 2) se determinó que tratamiento T3 (genotipo Andre con 37.5 % de VC y 62.5 % de AR) superó al resto de los tratamientos en las variables de calidad número de lóculos, sólidos solubles, diámetro ecuatorial y diámetro polar que registraron valores de 5 lóculos y 6.21 °Brix, 7.5 y 6.5  $\text{cm}\cdot\text{fruto}^{-1}$  respectivamente. Con respecto al

número de lóculos el tratamiento T3 generó un efecto estadísticamente igual al provocado por el tratamiento T7 (genotipo Adela con 37.5 % de VC y 62.5 % de AR) por lo que se puede asumir que, para esta variable, ambas mezclas presentaron un efecto similar en los genotipos evaluados. Por su parte, los valores promedio obtenidos para la variable diámetro ecuatorial en los tratamientos T2 (genotipo Andre con 25 % de VC y 75 % de AR y T3 (genotipo Andre con 37.5 % de VC y 62.5 % de AR, con 7.6 y 7.5 cm•fruto<sup>-1</sup> respectivamente, resultaron estadísticamente iguales favoreciendo ambos niveles de VC el desarrollo del diámetro ecuatorial. Por otra parte, los tratamientos T1 (con 12.5 % de V y 87.5 % de A) T2 (con 25 % de V y 75 % de A) y T3 (con 37.5 % de VC y 62.5 % de AR) registraron un efecto estadísticamente igual para la variable diámetro polar con el genotipo Andre.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de los Análisis de varianza aplicados a las variables evaluadas en tomate desarrollado en invernadero. UAAAN – UL, 2002.

Cuadrados medios								
FV	gl	DE	SS	EP	NL	DP	PF	R
Tratamiento	7	4.40**	2.94**	0.062 ns	2.3*	4.08**	28321.22**	3899.43 ns
Error	24	0.90	0.75	0.15	0.95	0.50	4855.13	2650.77
Total	31							
CV (%)		13.49	15.07	41.97	21.10	11.38	37.99	51.32

FV = fuente de variación; gl = grados de libertad; DE = diámetro ecuatorial; SS = sólidos solubles; EP = espesor de pulpa; NL = número de lóculos; DP = diámetro polar; PF = peso de los frutos; y R = rendimiento; \*\*, \* = diferencia significativa (P < 0,01 y P < 0,05 respectivamente) y ns = No significativo.

Un resultado que se debe destacar es el contenido de sólidos solubles (°Brix), ya que los valores promedio obtenidos para esta variable de calidad, en todas las mezclas VC:AR, para ambos genotipos,

registraron valores iguales o superiores al intervalo de 4.4 a 5.5 que Diez (1995) ha reportado como los niveles óptimos, que deben contener los frutos de tomate utilizados para consumo en fresco o procesado. Se resalta el tratamiento T3 (genotipo Andre con 37.5 % de VC y 62.5 % de AR) con 6.21 °Brix.

Los resultados obtenidos, en los que se destaca que el cultivo del tomate se desarrolló favorablemente en diversos niveles de VC coinciden con lo señalado por Riggle (1998) y Manjarrez-Martínez *et al.* (1999) quienes establecieron que las necesidades nutritivas de las especies vegetales se pueden satisfacer adecuadamente cuando se utiliza la VC como substrato de crecimiento bajo condiciones de invernadero.

Cuadro 2. Prueba DMS (5 %) para la comparación de los valores promedio de tratamiento de las variables que presentaron significancia estadística. UAAAN – UL, 2002.

Tratamiento	Variables			
	NL	°Brix	DE (cm)	DP (cm)
T1	4.7 b	5.64 b	6.9 b	6.4 a
T2	4.5 b	5.76 b	7.6 a	6.9 a
T3	5 a	6.21 a	7.5 a	6.5 a
T4	4.7 b	5.44 c	6.9 b	6.3 ab
T5	4.4 c	5.34 c	6.9 b	6.0 c
T6	4.1 d	5.87 ab	6.4 b	5.8 d
T7	4.9 a	5.95 ab	6.9 b	5.8 cd
T8	4.4 cd	5.55 b	6.7 b	6.2 bc

DE = diámetro ecuatorial; °Brix = grados Brix; NL = número de lóculos; DP = diámetro polar. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Para la variable peso de fruto que resultó altamente significativa ( $P < 0.01$ ) cuadro 1, el análisis de varianza realizado determinó la existencia de una respuesta altamente significativa generada por la interacción

genotipo x mezcla VC:AR (%:%). El análisis de varianza para esta interacción se presenta en el cuadro 3, y la prueba DMS (5%) correspondiente se presenta en el cuadro 4.

De la prueba DMS (5 %) aplicada a la interacción genotipo x mezcla VC:AR, se deriva que la respuesta más favorable para el desarrollo del tomate, bajo condiciones de invernadero, se presentó para el genotipo Andre utilizando niveles de la mezcla VC:AR de los tratamientos T2 y T3, correspondientes a las mezclas VC:AR de 25:75 y 37.5:62.5 respectivamente; los niveles de VC aplicados resultaron ligeramente mayor a los niveles empleados por Subler *et al.* (1998) cuyos mejor respuesta para el desarrollo de las plantas se presentó cuando aplicaron niveles de VC de 10 a 20 % en volumen. Los niveles aplicados también superaron a la dosis de 20 % de VC de estiércol de cerdo que Atiyeh *et al.* (2000) mezclaron con el medio de crecimiento comercial Metro – Mix 360 para obtener incrementos significativos en el rendimiento del tomate bajo condiciones de invernadero.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística del análisis de varianza para la variable peso, considerando la interacción genotipo x VC durante el desarrollo del tomate en invernadero, para los tratamientos evaluados. UAAAN – UL, 2002.

		Cuadrados medios
Fuente de variación	gl	Peso de fruto
Genotipo (G)	1	82142.26 **
Mezcla VC:AR	3	9666.63 ns
G x Mezcla VC:AR	3	20765.48 **
CV (%)		37.19

\*\* = diferencia significativa ( $P < 0,01$ ) y ns = No significativo.

Cuadro 4. Prueba DMS (5%) para la comparación de los valores promedio de la variable peso de fruto para la interacción genotipo x mezcla VC:AR. UAAAN – UL, 2002.

Mezcla de V:A (%:% en base a peso)	Genotipo	
	Andre	Adela
12.5:87.5	196.3 ab	170.5 ab
25.0:75.0	223.4 a	139.7 b
37.5:62.5	224.7 a	174.7 a
50.0:50.0	170.3 b	171.7 ab

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los pesos promedio de los frutos del genotipo Andre, en los tres primeros tratamientos (cuadro 4), superaron a los pesos promedio de los frutos del genotipo Adela en 14.15, 38.47 y 33.25 % respectivamente. Mientras que la diferencia en rendimiento entre ambos genotipos para la mezcla VC:AR (50:50) resultó insignificante. Las mejores respuestas en cuanto a la variable peso de fruto, al menos para el genotipo Andre, se obtuvieron en los niveles más bajos de VC, del 12.5 al 37.5, condición que confirma lo establecido por Subler *et al.* (1998) quienes han determinado que con una mayor proporción de VC no siempre se logra mejorar el crecimiento de las plantas.

El haber obtenido respuestas significativas en las variables de calidad – número de lóculos, sólidos solubles y los diámetros ecuatorial y polar – y la variable peso de fruto, para el cultivo de tomate, debido a la aplicación de la VC, bajo las condiciones en la que se desarrolló el presente trabajo, permite establecer, de manera similar a lo señalado por Manjarrez-Martínez *et al.* (1999), que las características físicas químicas y biológicas de este material puede llegar a sustituir el uso de los

fertilizantes sintéticos, situación que se puede apreciar en los valores promedio registrados en el cuadro 2, ya que estos valores indican que se logró alcanzar un desarrollo adecuado del cultivo en estudio.

### **Conclusiones**

De los resultados obtenidos en el presente trabajo es posible concluir que la VC mezclada con arena, en una relación de 25.0:75.0 y 37.5:62.5 (%:% en base a peso), lograron satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo de tomate desarrollado bajo condiciones de invernadero, aunque ambas mezclas resultaron más favorables para el genotipo Andre. Adicionalmente es posible destacar que la mezcla VC:AR 37.5:62.5 aplicada al genotipo Andre favorece significativamente la acumulación de sólidos solubles (°Brix), características de gran importancia para el fruto de tomate si se utiliza para consumo en fresco o procesado. Por lo tanto, es posible confirmar que la VC, cuando se utiliza como sustrato de crecimiento, bajo condiciones de invernadero, puede suministrar los elementos nutritivos que se demandan para un óptimo desarrollo del tomate.

### **Agradecimientos**

El presente trabajo fue financiado por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través del proyecto: "Desarrollo de especies vegetales en

substratos de vermicomposta bajo condiciones de campo e invernadero”, con clave: 02-03-1502-2867.

### Literatura Citada

- Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards, and J.D. Metzger. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Biores. Technol.* 75:175-180.
- Bansal, S., and K.K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology* 73:95-98.
- Bravo-Varas, A. 1996. Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz Roja Californiana. (*Eisenia foetida*). Facultad de Humanidades. Universidad Yacambu. 6 p.  
<http://www.geocities.com/RainForest/Canopy/8317/eisenia.html> (15 de diciembre de 2001).
- Brown, G.G., I. Barois, and P. Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36:177-198.
- Buck, C., M. Langmaack, and S. Schrader. 1999. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. *Eur. J. Soil Biol.* 35:23-30.

- Chan, K.Y. 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils. *Soil Till. Res.* 57:179-191.
- Cracogna, M. F., M.N. Fogar, D. Rotela, y M.C., Iglesias. 2001. Uso de lombricomposto e inoculante con *Azospirillum sp*, en el cultivo del zapallo anquito (*Cucurbita moschata* L.) (I). *Ciencia & Técnica. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste.* 4 p. <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/cyt.htm> (1 de julio de 2003).
- Diez, J. M. 1995. Tipos varietales. En: F. Nuez (Ed.). *El Cultivo del Tomate.* Editorial Mundi-Prensa México. 95 – 129 pp.
- Edwards, C. and Steele, J. 1997. Using earthworm systems. *Biocycle.* 63-64. <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/july97-1.htm> (15 de diciembre de 2001).
- Hansen, B., H.F. Alrøe, and E.S. Kristensen. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agr. Ecosyst. Environ* 83:11-26.
- Karsten, G.R., and H.L. Drake. 1995. Comparative Assessment of the Aerobic and Anaerobic Microfloras of Earthworm Guts and Forest Soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:1039–1044.
- Manjarrez-Martínez, M.J., R. Ferrera-Cerrato, and M.C. González-Chávez. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra.* 17:9-15.

- Ndegwa, P. M., S. A. Thompson, and K.C. Dass. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol.* 71: 5-12.
- Riggle, D. 1998. Vermicomposting research and education. *ByoCycle*. 5:54-56. <http://gmv.fdt.net/~windle/refrence/may98.htm> (13 de junio de 2000).
- Robledo, T. 2002. Producción de hortalizas en invernadero con enfoque orgánico. *In: Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ – UJED.* 47-48 pp. Torreón, Coahuila, México.
- Schmidt, R. H., Jr. 1989. The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *J. Arid Environ.* 16:241.256.
- Statistical Analysis System for Windows (SAS). 1998. V 6.12 Universidad de Carolina del Norte.
- Subler, S., Edwards, C., and Metzger, J. 1998. Comparing Vermicomposts And Composts. *BioCycle*. 39:63-66. <http://gmv.fdt.net/~windle/refrence/july98.htm>. (13 de junio de 2000).

## Discusión general

Dentro de los elementos que fundamentaron el desarrollo de las actividades descritas en el presente trabajo se destaca que:

a) la humanidad está desarrollando una nueva conciencia acerca de la contaminación ambiental y sobre los riesgos de la salud, debido al empleo excesivo de compuestos sintéticos y al manejo inadecuado de los residuos orgánicos (Trewavas, 2004; Ramesh *et al.*, 2005). Esta situación demanda se elimine el empleo de productos sintéticos en la producción de alimentos (Rigby y Cáceres, 2001; Fjelsted-Alrøe y Streen-Kristensen, 2004; Trewavas, 2004) en consecuencia, resulta impostergable establecer nuevas formas para desarrollar las actividades agropecuarias (Rigby y Cáceres, 2001; Hodges, 2003; Jurado-Guerra *et al.*, 2004).

b) la preferencia de los consumidores, por alimentos seguros y libres de riesgos (Trewavas, 2004; Ramesh *et al.*, 2005) y las nuevas regulaciones ambientales, demandan el desarrollo de nuevos procesos y productos compatibles con el ambiente (Narayan, 2001). En este contexto, los residuos orgánicos, su manejo y las formas de uso están siendo objeto de diversas actividades de investigación (Cruz-Rodrigues *et al.*, 2003; Jurado-Guerra *et al.*, 2004; Rao *et al.*, 2004; Rippy *et al.*, 2004).

c) el mayor beneficio de los residuos orgánicos se presenta cuando estos materiales se transforman en abonos orgánicos (Honeyman, 1996; Bansal y Kapoor, 2000; Santamaría-Romero *et al.*, 2001). Para la generación de abonos orgánicos, además del método convencional de formación de compost, se dispone de un proceso alternativo, que incluye el empleo de lombrices de tierra, que aceleran la estabilización de los residuos orgánicos, en términos de su descomposición y mineralización (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b; Domínguez *et al.* 2001; Chaudhuri *et al.*, 2003; Contreras – Ramos *et al.*, 2005; Sharma *et al.*, 2005). El HL generado posee características nutritivas, fisicoquímicas y biológicas, que lo convierten en un medio adecuado para el desarrollo de las especies vegetales (Ghosh *et al.*, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 2001 Ramesh *et al.*, 2005).

d) el desarrollo de las especies vegetales se puede satisfacer con el empleo de los recursos disponibles a nivel local, sin agotarlos ni degradarlos y reciclando los residuos orgánicos por medio de lombrices *Eisenia fetida*, buscando con ello atender el principio rector del Desarrollo Sustentable de “Comisión Brundtland”, vigente desde 1987, de satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Rao *et al.*, 2004).

Con respecto a la generación de residuos y la factibilidad de transformarlos en HL, para atender el fundamento del desarrollo sustentable, se derivan los siguientes comentarios. Actualmente, tomando

como base los datos reportados para el Distrito Federal de México, en promedio la generación *per cápita* de desperdicios es de  $1.4 \text{ kg hab}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , sin incluir los residuos industriales y hospitalarios, y además se considera que la población en este país es de 106.5 millones de personas (Luege-Tamargo, 2005), entonces anualmente se disponen de 54, 421,500 t de residuos, de éstos, de acuerdo con López-Aguado (2005) el 53 %, es decir 28,843,395 t se clasifican como residuos orgánicos. Las cuales si son tratados con lombrices podrían generar, aproximadamente 13 millones de t año<sup>-1</sup> de HL, considerando que por cada tonelada de estiércol se obtienen 450 kg de HL (Sharma *et al.*, 2005). En consecuencia si se establece una recomendación de  $20 \text{ t ha}^{-1}$  de HL, los 13 millones de toneladas de HL, podrían servir para fertilizar 650,000 ha de la superficie cultivable del país.

A nivel mundial, considerando una población de 6 mil millones de personas (Hodges, 2003), que la generación promedio de desperdicios *per cápita* de  $1.4 \text{ kg hab}^{-1} \text{ día}^{-1}$  (Luege-Tamargo, 2005), que el 53% de los desechos son de tipo orgánico, que por cada tonelada de estiércol se obtienen 450 kg de HL, y una recomendación de  $20 \text{ t ha}^{-1}$  de HL, se tendría la posibilidad de fertilizar cerca de 70 millones de hectáreas de la superficie cultivable.

En el caso de los residuos que se generan debido a las explotaciones pecuarias intensivas, y en el caso particular de la Comarca Laguna, donde se localiza una de las cuencas lecheras más importantes de México, se ha estimado que se generan, solo por este tipo de ganado,

casi 1,000 t día<sup>-1</sup> de estiércol seco, equivalentes a 365,000 t estiércol año<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2001), las cuales si son tratadas con lombrices podrían dar origen a 164,250 t año<sup>-1</sup> de HL, considerando que por cada tonelada de estiércol se obtienen 450 kg de HL (Sharma *et al.*, 2005). Igualmente si se establece una recomendación de 20 t ha<sup>-1</sup> de HL, las 164,250 t de HL, servirían para fertilizar 8,215.5 ha de la superficie cultivable de la región.

El análisis realizado corrobora el hecho de que existe un amplio potencial para que los desechos generados por la actividad humana, sean transformados en abonos orgánicos, bajo la actividad de las lombrices de tierra (Ghosh *et al.*, 1999; Eastman *et al.*, 2001; Atiyeh *et al.*, 2000a; Francis *et al.*, 2003), lo que permitirá a) evitar posibles problemas de contaminación (Castillo *et al.*, 2000; López-Aguado, 2005) al provocar un reciclado efectivo de los residuos orgánicos (Sharma *et al.*, 2005), b) reducir significativamente, tanto la demanda de superficie para la construcción de rellenos sanitarios (Pierce *et al.*, 2003; Jurado-Guerra *et al.*, 2004), como el empleo de recursos naturales no renovables para las actividades agrícolas, c) incrementar la calidad de los suelos, debido a la incorporación de MO y elementos nutritivos (SEPA, 2001), d) aumentar la fertilidad del suelo (Sharma *et al.*, 2005), e) favorecer el incremento de la biomasa microbiana (Usman *et al.*, 2004) y por último f) beneficiar el crecimiento de las plantas (Sharma *et al.*, 2005).

Por otro lado, la importancia del HL, para cada región, e.g., La Comarca Lagunera, enclavada dentro del Desierto Chihuahuense (Schmidt, 1989), donde existe un incipiente desarrollo de la agricultura

protegida, las 164,250 t año<sup>-1</sup> de HL, potencialmente disponibles, podrían ser utilizadas como fuente alternativa, de elementos nutritivos, para el desarrollo de cultivos bajo condiciones de invernadero, su empleo serviría, como lo resaltan Pastor-Sáez (1999), González-Chávez *et al.* (2000) y Franco-Leemhuis (2001) para atender la demanda de introducir nuevos sustratos o componentes de sustratos, a través del empleo de materiales reciclables y que no provengan de fuentes no renovables, como las turberas.

Para atender lo señalado por Pastor-Sáez (1999), González-Chávez *et al.* (2000) y Franco-Leemhuis (2001), de introducir nuevos sustratos o componentes de sustratos, empleando materiales reciclables y que no provengan de recursos no renovables, evitando su agotamiento, y en atención a la pregunta ¿es posible satisfacer totalmente la demanda nutritiva de los cultivos a partir de los abonos orgánicos? (Ramesh *et al.* (2005), se realizaron los ensayos descritos en los artículos incluidos en el presente documento. En estos ensayos se utilizó el HL, con los siguientes propósitos, como: a) componente de los sustratos de crecimiento; b) fuente alternativa de elementos nutritivos para el desarrollo de genotipos de tomate, bajo condiciones de invernadero; c) comparar la fertilización con el HL vs. La fertilización sintética.

En el primer caso y en atención a los resultados obtenidos se destaca que las mezclas de HL con arena, favorecieron el desarrollo de los genotipos de tomate, los cuales lograron completar su ciclo vegetativo, cubriendo cada una de las etapas fenológicas (germinación, crecimiento,

floración y fructificación), sin que las plantas hayan presentado síntomas visuales de deficiencia nutritiva, en todos y cada uno de los tratamientos evaluados. El comportamiento observado coincide con lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000a, 2000b, 2000c, 2001, 2002a), quienes señalan que la aplicación del HL favorece el crecimiento de las especies vegetales.

También los resultados obtenidos, con respecto al desarrollo completo del ciclo fenológico, superan a lo señalado por Atiyeh *et al.* (2000b, 2000c, 2001, 2002a, 2002b), Menezes-Júnior *et al.* (2000) y Mantovani *et al.* (2004), debido que estos autores sólo evaluaron el crecimiento de las especies vegetales hasta el nivel de plántula. Incluso, los resultados sirven para confirmar lo establecido por Brown *et al.* (2000), Atiyeh *et al.*, (2000c, 2002a) y Singh *et al.* (2004) de que el HL tiene un potencial comercial muy grande en la industria hortícola como sustrato de crecimiento, pues según Castillo *et al.* (2000) el HL provoca mejoras importantes en el aspecto, sanidad y rendimiento de las plantas.

Adicionalmente, el hecho de que los genotipos de tomate hayan completado su ciclo fenológico, en aquellos tratamientos a los que no se les aplicó solución nutritiva, permite suponer que el crecimiento logrado se debe exclusivamente a la aplicación del HL, por que se convalidan las características de este abono orgánico, entre las cuales se destacan que contiene: elementos nutritivos en formas que son fácilmente asimilables por las plantas e.g., nitratos, P intercambiable, K, Ca y Mg solubles entre otros; sustancias biológicamente activas, que actúan como reguladores de crecimiento vegetal, reducidas cantidades de sales solubles; gran

capacidad de retención de humedad, elevada CIC y un creciente contenido de ácidos húmicos (Atiyeh *et al.*, 2000b, 2000c; Canellas *et al.*, 2002; Sharma *et al.*, 2005). Por lo tanto la respuesta a la pregunta ¿es posible satisfacer totalmente la demanda nutritiva de los cultivos a partir de los abonos orgánicos?, deber ser que el HL, como abono orgánico, tiene el potencial para satisfacer la demanda nutritiva de los genotipos de tomate.

El hecho de que los rendimientos de tomate obtenidos hayan sido muy similares cuando los genotipos recibieron la solución nutritiva y el HL como fuentes de elementos nutritivos, permite pensar en la posibilidad de eliminar el empleo de los fertilizantes sintéticos, logrando con ello satisfacer uno de los principales requerimientos de la agricultura orgánica (Carpenter-Boggs *et al.*, 2000; Glover *et al.*, 2000; Hansen *et al.*, 2001; Fjelsted-Alrøe y Streen-Kristensen, 2004). Por lo tanto, los sistemas de producción orgánica se fortalecen como una alternativa para la agricultura del mundo, como respuesta a la creciente conciencia acerca de la conservación del ambiente y a las preferencias de los consumidores por alimentos seguros y libres de riesgo (Ramesh *et al.*, 2005)

Un aspecto que se debe resaltar está relacionado con la calidad de los frutos, pues como lo establece Savvas (2003) la competitividad en la horticultura moderna depende más frecuentemente de la calidad del producto que del rendimiento total. En atención a lo anterior, se ha establecido que los sólidos solubles son importantes para definir la

calidad de los frutos de tomate (Hidalgo-González et al., 1998). En consecuencia, derivado de las comparaciones realizadas entre el empleo del HL vs. la solución nutritiva se determinó, en el segundo ensayo, que el contenido promedio de sólidos solubles (°Brix) se incrementó significativamente con la aplicación del HL (12.98 % en promedio) en los genotipos André y Adela, desarrollados en las mezclas 12.5:87.5 (HL:Arena, %:% en base a peso) respectivamente, en comparación con los testigos con solución nutritiva correspondientes.

El valor de 12.98% de sólidos solubles superó al valor promedio reportado por Hidalgo-González et al. (1998) quienes, como resultado de la aplicación de dos diferentes soluciones nutritivas foliares, lograron incrementos de 7.35 % en contenido de sólidos solubles con respecto a los testigos empleados. En consecuencia, es posible suponer que el HL, debido a la mayor concentración de sólidos solubles, permitió obtener tomates de mayor calidad y con mayor sabor, por lo que es posible corroborar las expresiones señaladas por Ramesh et al. (2005) de que los alimentos orgánicos producidos por métodos orgánicos tienen un mejor sabor que los alimentos generados en los sistemas convencionales.

Adicionalmente, con respecto a los niveles de HL utilizados, es importante señalar que el mayor beneficio en cuanto a la concentración de sólidos solubles, es decir el incremento del 12.98 % en promedio, se presentó con las mezclas que utilizaron los niveles más pequeños de

HL (12.5 % en base a peso) situación que concuerda con lo señalado por Atiyeh et al. (2000a, 2000c) quienes concluyeron que los mayores beneficios, en cuanto al crecimiento de las especies vegetales, se presentan cuando se incorpora el HL, en concentraciones que oscilan de 10 a 20 %, en el sustrato de crecimiento comercial Metro-Mix 360 ®.

Lo descrito en los párrafos anteriores podría servir como base para contrarrestar lo expresado por Ramesh et al. (2005) de que no existe evidencia científica para probar la superioridad de los alimentos orgánicos en términos de salud y seguridad. Por lo tanto, es posible señalar que el empleo de los abonos orgánicos e.g. el humus de lombriz podría considerarse como alternativa para la producción de alimentos, pues como lo señalan los mismos autores, existen amplias evidencias que demuestran que la agricultura de elevados insumos, basada en compuestos sintéticos, no es sustentable por largos períodos debido a la disminución gradual del factor de productividad, con impactos adversos sobre la salud y la calidad del suelo.

La importancia de trabajar con el cultivo del tomate, de acuerdo con Cook y Calvin (2005) se justifica por diversas razones: a) la producción total de tomate de invernadero en Norte América, durante el año 2003, fue estimada en 528,078 toneladas métricas, de esta producción, el 28% proviene de invernaderos mexicanos y b) en México, además de contar con una superficie de 950 ha con invernaderos, se puede generar este producto en los meses de invierno, lo cual permite realizar su exportación

durante todo el año. Debido a esta posibilidad de comercialización, los productores mexicanos utilizan una amplia gama de tecnologías y permanentemente demandan alternativas para incrementar la producción en los invernaderos. En este sentido, si se logra incrementar el conocimiento sobre el manejo del HL como sustrato de crecimiento y se logra sustituir el empleo de los fertilizantes sintéticos, existe la posibilidad de que se incrementen significativamente los ingresos de los productores, por la demanda creciente de los productos orgánicos certificados (Glover *et al.*, 2000; Ramseh *et al.*, 2005).

A partir de los resultados se puede establecer que se cubrieron tanto el objetivo general, como los particulares en cada uno de los ensayos. Sin embargo, si se considera lo establecido por Brown *et al.* (2000) quienes señalaron que, a pesar de la abundancia del conocimiento acumulado sobre las lombrices desde los días de Darwin, y su reconocimiento formal como animales importantes tanto para el suelo como para la sociedad, existen todavía muchos descubrimientos nuevos e importantes esperando por los especialistas en lombrices. Los aspectos conductuales y fisiológicos de las lombrices continúan desconcertando a los científicos modernos, y preguntas simples como ¿qué comen?, ¿cuántas excretas generan?, ¿dónde viven? y ¿cuáles son los efectos de las lombrices sobre los suelos y las plantas?, todavía quedan sin resolver para muchas especies de lombrices. En atención a lo anterior, y puesto que la vermicomposta se genera bajo la acción de las lombrices sobre los

residuos orgánicos, se puede suponer que las preguntas formuladas por Brown y colaboradores en el año 2000, son parte de las tendencias de investigación que se deben atender por los investigadores interesados a) en el reciclaje de los residuos orgánicos generados por las actividades antrópicas, b) los aspectos de reproducción y adaptación de las lombrices y c) el desarrollo de especies vegetales, con el empleo de abonos naturales (orgánicos), dado el impacto negativo que los productos sintéticos han provocado sobre el ambiente y la salud de los animales, y la salud humana.

Por otro lado, de acuerdo con diversos autores, puesto que el HL es de producto de la descomposición de los residuos orgánicos bajo la acción de las lombrices y debido a que los experimentos realizados con este material han provocando un incremento significativo en el crecimiento de diversas plántulas, se ha establecido que el HL genera otros efectos biológicos (Atiyeh *et al.*, 2000a), tales como el de contener y aportar reguladores de crecimiento para el desarrollo de las especies vegetales, entonces resulta evidente la necesidad de incrementar los estudios relacionados con la presencia de estos compuestos y su efecto sobre el desarrollo de las especies vegetales.

Adicionalmente, como lo han establecido Canellas *et al.* (2002) aunque un gran cuerpo de evidencias indican que los ácidos húmicos pueden afectar directamente las actividades enzimáticas de diversos procesos metabólicos y sobre los mecanismos involucrados en la respuesta de la planta al estrés nutricional (Quaggiotti *et al.*, 2004),

relativamente poca atención se ha puesto sobre los efectos bioquímicos de estos ácidos sobre el metabolismo y desarrollo de las especies vegetales, siendo ésta un área de oportunidad para el desarrollo de actividades de investigación.

## **Conclusión**

Por lo descrito en los párrafos anteriores es posible establecer que una amplia gama de residuos orgánicos, entre los que destacan los lodos residuales (biosólidos), los residuos caseros, los residuos de mercado y diferentes tipos de estiércol, los cuales generan problemas de contaminación ambiental, pueden ser procesados con las lombrices de tierra, y una vez que estos residuos se transforman en vermicomposta, tienen un amplio potencial para los sistemas de producción agrícola, bajo condiciones de invernadero, especialmente dentro de la industria hortícola y ornamental. Ya que el HL, como se ha señalado tiene efectos importantes sobre el crecimiento y el rendimiento de las especies vegetales y en un momento determinado puede sustituir la aplicación de fertilizantes sintéticos y ayudar a reducir la presencia de enfermedades fungosas y de organismos patógenos.

## Literatura citada general

- Alvarez, J., Del Campo, A., y Sancho, F. 2001. Research and technologic development of composting processes and its application in the agriculture and forestry sectors. *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge*, 1(2): 1-7.
- Ambus, P., Kure, L. K., y Jensen, E. S. 2002. Gross N transformation rates after application of household compost or domestic sewage sludge to agricultural soil. *Agronomie*, 22: 723-730.
- Amir, S., Hafidi, M., Bailly, J.-R., y Revel, J.-C. 2003. Characterization of humic acids extracted from sewage sludge during composting and of their Sephadex® gel fractions. *Agronomie*. 23: 269-275.
- Arenas, M., Dovalina, M.P., y Licea de Arenas, J. 2004. La investigación agrícola en América Latina y El Caribe desde una perspectiva bibliométrica. *Anales de Documentación*. (7):29-38.
- Art, A., Leible, L., Seifert, H., Nieke, E., y Fürmiss, B. 2002. Processing of sewage sludge for energetic purposes - A challenge for process technology. *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge* 2:19-29.
- Atiyeh, R. M. Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., y Shuster, W. 2000a. Effects of vermicomposts and composts on

- plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*. 44: 579-590.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N. Q., Edwards, C. A., y Metzger, J. D. 2002b. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Biores. Technol.*, 81: 103-108.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A., y Metzger, J. D., 2000c. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Biores. Technol.*, 75: 175-180.
- Atiyeh, R. M., Domínguez, J., Subler, S. y Edwards, C. A. 2000b. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*, 44: 709-724.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q., y Metzger, J. D. 2002a. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores. Technol.* 84: 7-14.
- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S. and Metzger, J.D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78: 11-20.
- Bailey, A. P., Rehman, T., Park, J., Keatinge, J. D. H., y Tranter, R. B., 1999. Towards a method for the economic evaluation of environmental indicators for UK integrated arable farming systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 72: 145-158.

- Bansal, S., y Kapoor, K. K. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Biores. Technol.* 73: 95-98.
- Benitez, E., Nogales, R., Elvira, C., Masciandaro, G., y Ceccanti, B. 1999. Enzyme activities as indicator of the stabilization of sewage sludges composting with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology.* 67: 297-303.
- Berry, E.C., y Jordan, D., 2001. Temperature and soil moisture content effects on the growth of *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta: Lumbricidae) under laboratory conditions. *Soil Biol. Biochem.*, 33: 133-136.
- Birang, M. A., Hauser, S., y Amougou, D. L. 2003. Farmers' perception of the effects of earthworms on soil fertility and crop performance in southern Cameroon. *Pedobiologia.* 47: 1-6.
- Blakemore, R. J. 2003. Japanese earthworms (Annelida: Oligochaeta): a review and checklist of species. *Org. Divers. Evol.* 11: 1-43.
- Bohlen, P. J. 2002. Earthworm. *Encyclopedia of Soil Science*: 370-373.
- Bonkowski, M., Griffiths, B. S., y Ritz, K., 2000. Food preferences of earthworms for soil fungi. *Pedobiologia.* 44: 666-676.
- Brown, G. G., Barois, I., y Lavelle, P., 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.*, 36: 177-198.

- Brown, G. G., Feller, C., Blanchart, E., Deleporte, P., y Chemyanskii, S. S. 2003. With Darwin, earthworms turn intelligent and become human friends. *Pedobiologia*. 47: 1-10.
- Buck, C., Langmaack, M., y Schrader, S. 1999. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. *Eur. J. Soil Biol.* 35(1): 23-30.
- Buck, C., Langmaack, M., y Schrader, S. 2000. Influence of mulch and soil compaction on earthworm cast properties. *Appl. Soil Ecol.*, 14: 223-229.
- Burgos, P., Madejón, E., Murillo, J. M., y Cabrera, F. 2001. Agricultural use of three organic residues: effect on orange crop and on chemical properties of a soil of The Comarca Costa de Huelva (SW Spain). *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge*. 1(4): 31-36.
- Cabanas-Vargas, D. D., y Stentiford, E. I. 2001. Designing compost maturation facilities based on maintaining aerobic conditions. *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge*. 1(3): 1-5.
- Canellas, L. P., de Araújo-Santos, G., Rumjanek, V. M., Alpende-Moraes, A., y Guridi, F. 2001. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. *Pesq. Agropec. Bras.* 36(12): 1529-1538.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Facanha, A. L., y Facanha, A. R. 2002. Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane

- H<sup>+</sup>-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiol.* 130(4): 1951-1957.
- Carpenter-Boggs, L., Kennedy, A.C., y Reganold, J.P. 2000. Organic and Biodynamic Management: Effects on Soil Biology. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 1651-1659.
- Cassman, K. G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *PNAS.* 96(11): 5952-5959.
- Castillo, A. E., Quarín, S. H., y Iglesias, M. C., 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agric. Téc. (Chile).* 60(1): 74-79.
- Chan, K. Y. 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils. *Soil Till. Res.* 57: 179-191.
- Chaudhuri, P. S., Pal, T. K., Bhattacharjee, G., y Dey, S. K. 2003. Rubber leaf litters (*Hevea brasiliensis*, var RRIM 600) as vermiculture substrate for epigeic earthworms, *Perionyx excavatus*, *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida*. *Pedobiologia.* 47: 1-5.
- Chefetz, B., Hadar, Y., y Chen, Y., 1998. Dissolved Organic Carbon Fractions Formed during Composting of Municipal Solid Waste: Properties and Significance. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, 26(3): 172-179.

- Contreras-Ramos, S. M., Escamilla-Silva, E. M., y Dendooven, L. 2005. Vermicomposting of biosolids with cow manure and oat straw. *Biol. Fertil. Soils*. 41:190-198.
- Cook, R., y Calvin, L. 2005. Greenhouse Tomatoes Change the Dynamics of the North American Fresh Tomato Industry., Electronic Report from the Economic Research Service. Report Number 2. Economic Research Service - United States Department of Agriculture (USDA). 86 p. Disponible en: <http://www.ers.usda.gov/publications/err2/err2.pdf>. Fecha de recuperación: 3 de noviembre de 2005.
- Cruz-Rodrigues, V., de Almeida-Theodoro, V. C., de Andrade, I. F., Neto, A. I., do Nascimento-Rodrigues, V., y Villa-Alves, F. 2003. Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. *Ciênc. Agrotec. Lavras.*, 27(6): 1409-1418.
- Daane, L. L., Molina, J. A. E., y Sadowsky, M. J. 1997. Plasmid Transfer between Spatially Separated Donor and Recipient Bacteria in Earthworm-Containing Soil Microcosms. *Appl. Environ. Microbiol.* 32(2): 679-686.
- Damiecki, R. 2002. Mechanical - Biological pretreatment of MSW. *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge*, 2(1): 31-36.
- de Bertoldi, M., y Schnappinger, U. 2001. Correlation among plant design, process control and quality of compost. *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge*. 1(3): 1-9.

- Decaëns, T. 2000. Degradation dynamics of surface earthworm casts in grasslands of the eastern plains of Colombia. *Biol. Fertil. Soils.* 32(2): 149-156.
- Decaëns, T., Mariani, L., y Lavelle, P., 1999. Soil surface macrofaunal communities associated with earthworm casts in grasslands of the Eastern Plains of Colombia. *Appl. Soil Ecol.* 13: 87-100.
- Del Val, C., Barea, J. M., y Azcón-Aguilar, C. 1999. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungus Populations in Heavy-Metal-Contaminated Soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 65(2): 718-723.
- Dominguez, J., Edwards, C.A., y Ashby, J., 2001. The biology and population dynamics of *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) (Oligochaeta) in cattle waste solids. *Pedobiologia*, 45: 341-353.
- Domínguez, J., Edwards, C.A., y Webster, M., 2000. Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. *Pedobiologia*, 44: 24-32.
- Dominguez, J., Pamelee, R. W., y Edwards, C. A. 2003. Interactions between *Eisenia andrei* (Oligochaeta) and nematode populations during vermicomposting. *Pedobiologia*, 47: 53-60.
- Domínguez, J., Velando, A., y Ferreiro, A. 2005. Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* Bouché (1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species? *Pedobiologia*. 49: 81-87.
- Dominguez-Salvador, E. Pasqual, M. y Nicolo-Spera, M. R. 2001. Efeito de diferentes substratos no crescimento de samambaia-

- matogrossense (*Polypodium aureum* L.). *Ciênc. Agrotec.* 25(4): 1006-1111.
- Doran, J. W., y Zeiss, M. R. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl. Soil Ecol.*, 15: 3-11.
- Eastman, B. R. 1999. Achieving pathogen stabilization using vermicomposting. *BioCycle.* 62-64. Disponible en: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/nov99.htm>. Fecha de recuperación: 15 de abril de 2000.
- Edwards, C. A., Dominguez, J., y Neuhauser, E. F. 1998. Growth and reproduction of *Perionyx excavatus* (Perr.) (Megascolecidae) as factors in organic waste management. *Biol. Fertil. Soils.* 27: 155-161.
- Edwards, C., y Steele, J. 1997. Using earthworm systems. *Biocycle.* 63-64. Disponible en: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/july97-1.htm>. Fecha de recuperación: 20 de febrero de 2000.
- Farenhorst, A., Topp, E., Bowman, B. T., y Tomlin, A. D. 2000. Earthworms and the dissipation and distribution of atrazine in the soil profile. *Soil Biol. Biochem.* 32: 23-33.
- Farrell, M. 1997. Growing worms with food residuals. *BioCycle.* 65-66. Disponible en: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/july97-2.htm>. Fecha de recuperación: 20 de febrero de 2000.
- Fernandes, A. L. T., y Testezlaf, R. 2002. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e

químicos. Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental. 6(1): 45-50.

Fernández - Manzanal, R., Hueto Pérez de Heredia, A., Rodríguez - Barreiro, L. M., y Marcén - Albero, C. 2003. ¿Qué miden las escalas de actitudes? Análisis de un ejemplo para conocer la actitud hacia los residuos urbanos. Ecosistemas. XII (2):18.

Ferreira, M. M. M., Ferreira, G. B., y Fontes, P. C. R. 2003. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. Horticult. Bras. 21(3): 468-473.

Figueiredo S., A. B., y Stentiford, E. I. 2002. Evaluating the potential of an electronic nose for detecting onset of anaerobic conditions during composting. Bioprocessing of Solid Waste & Sludge 2:1-7.

Fjelsted-Alrøe, H. y Streen-Kristensen, E. 2004. Basic principles for organic agriculture: Why? And what kind of principles? Ecology & Farming: 1-8.

Gajalakshmi, S., Ramasamy, E. V., y Abbasi, S. A. 2001. Potential of two epigeic and two anecic earthworm species in vermicomposting of water hyacinth. Biores. Technol. 76: 177-181.

Ghosh, M., Chattopadhyay, G. N., y Baral, K. 1999. Transformation of phosphorus during vermicomposting. Biores. Technol. 69: 149-154.

Giandon, P., Franz, L., y Germani, F., 2001. Trend of heavy metal concentration in compost produced in Veneto Region. Bioprocessing of Solid Waste & Sludge. 1(3):1-6.

- Gil, F. J., de Andrés, E. F., Tenorio, J. L., Martínez, F., y Walter, I. 2001. Sewage sludge effects on production of wild legume shrubs. *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge*, 1(4): 1-10.
- Giller, K. E., Cadisch, G., y Palm, C. 2002. The North-South divide! Organic wastes or resources for nutrient management? *Agronomie*. 22: 703-709.
- Glover, J. D., Reganold, J. P., y Andrews, P. K. 2000. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. *Agric. Ecosyst. Environ.* 80: 29-45.
- Gunadi B, Edwards C. A., y Arancon, Q. 2002. Changes in trophic structure of soil arthropods after the application of vermicomposts. *Eur. J. Soil Biol.* 38: 161-165.
- Gunadi, B., y Edwards, C. A. 2003. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae). *Pedobiologia*. 47:1-9.
- Haimi, J. 2000. Decomposer animals and bioremediation of soils. *Environ. Pollut.* 107: 233-238.
- Hansen, B., Alrøe, H. F., y Kristensen, E. S. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agr. Ecosyst. Environ.* 83:11-26.
- Hansen, S., y Engelstad, F. 1999. Earthworm populations in a cool and wet district as affected by tractor traffic and fertilization. *Appl Soil Ecol.* 13: 237-250.

- Hartlieb, N., Ertunc, T., Schaeffer, A., y Klein, W. 2003. Mineralization, metabolism and formation of non-extractable residues of <sup>14</sup>C-labelled organic contaminants during pilot-scale composting of municipal biowaste. *Environ. Pollut.* 126: 83-91.
- Hernández, J. A., Contreras, C., Palma, R., Samia, J., y Pietrosevoli, S. 2002. Efecto de los restos de la palma aceitera sobre el desarrollo y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia spp*). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 19: 304-311.
- Hidalgo-González, J. L., Alcántar-González, G., Baca-Castillo, G. A., Sánchez-García, P., y Escalante-Estrada, J. A. 1998. Efecto de la condición nutrimental de las plantas y de la composición, concentración y pH del fertilizante foliar, sobre el rendimiento y calidad en tomate. *Terra*. 12(2): 143-148.
- Hodge, A., Stewart, J., Robinson, D., Griffiths, B.S., y Fitter, A.H., 2000. Plant N capture and microfaunal dynamics from decomposing grass and earthworm residues in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 32: 1763-1772.
- Hodges, J. 2003. Livestock, ethics, and quality of life. *J. Anim. Sci.* 81: 2887-2894.
- Hoitink, H.A.J., y Changa, C.M., 2004. Production and utilization guidelines for disease suppressive composts. *Acta Horticulture*, 635: 87-92.
- Honeyman, M. S. 1996. Sustainability issues of U.S. swine production. *J. Anim Sci.* 74(6): 1410-1417.
- Ingelmo, F., Canet, R., Ibañez, M. A., Pomares, F. y García, J. 1998. Use of MSW compost, dried sewage sludge and another wastes as

partial substitutes for peat and soil. *Bioresource Technology*. 63: 123-129.

Jégou, D., Daniel Cluzeau, D., Hallaire, V., Balesdent, J., y Tréhen, P. 2000. Burrowing activity of the earthworms *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea giardi* and consequences on C transfers in soil. *Eur. J. Soil Biol.* 36: 27-34.

Jensen, J. 1997. Worm farm takes on new challenges. *BioCycle*. 56-57. Disponible en: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/jan98.htm>. Fecha de recuperación: 20 de febrero de 2000.

Jonsson, P. O. 1997. Trends in waste management in relation to increased recycling. *Ann. Agric. Environ. Med.* 4:3-6.

Jurado-Guerra, P., Luna-Luna, M., y Berretero-Hernández, R. 2004. Aprovechamiento de biosólidos como abonos orgánicos en pastizales áridos y semiáridos. *Téc. Pecu. Mex*, 42(3): 379-395.

Kessler, J. J., y Moolhuijzen, M. 1994. Low External Input Sustainable Agriculture: expectations and realities. *Netherlands J. Agri. Sci.* 42(3):181-194.

Kopetschny, S., Wake, G. C., Lambert, M. G., Louie, K., y Springett, J. A. 1999. A dynamical systems model of the interaction of earthworms with plant litter quality and quantity. *Agric. Syst.* 59: 27-39.

Krauss, M., Wilcke, W., y Zech, W. 2000. Availability of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) to Earthworms in Urban Soils. *Environ. Sci. Technol.* 34: 4335-4340.

- Kroeff-Schmitz, J. A., Dutra de Souza, P. V., y Kämpf, A. N. 2002. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. *Ciencia Rural*, Santa Maria. 32(6): 937-944.
- Labrot, F., Narbonne, J. F., Ville, P., Saint Denis, M., y Ribera, D. 1999. Acute Toxicity, Toxicokinetics, and Tissue Target of Lead and Uranium in the Clam *Corbicula fluminea* and the Worm *Eisenia fetida*: Comparison with the Fish *Brachydanio rerio*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 36: 167-178.
- Leal, N., y Madrid de Cañizalez, C., s/f. Compostaje de residuos orgánicos mezclados con roca fosfórica. *Agron. Trop.*, 48: 335-357.
- Lopes-Pereira, E.W., Borges-Azevedo, C. M. da S., Liberalino-Filho, J., de Sousa-Nunes, G. H., Erivan-Torquato, J., y Simões, B. R. 2005. Produção de vermicomposto em diferentes proporções de esterco bovino e palha de carnaúba. *CAATINGA*, 18(2): 112-116.
- Luege-Tamargo, J. L. 2005. La problemática ambiental de México: avances y desafíos. *Bien Común*. (131): 10-13.
- Maboeta, M. S., Reinecke, A. J., y Reinecke, S. A. 1999. Effects of low levels of lead on growth and reproduction of the African earthworm *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). *Biol. Fertil. Soils*, 30: 113-116.
- Mangrich, A. S., Lobo, M. A., Tanck, C. B., Wypych, F., Toledo, E. B. S., y Guimarães, E. 2000. "Criteria Preparation and Characterization of Earthworm-composts in View of Animal Waste Recycling. Part I. Correlation Between Chemical, Thermal and FTIR Spectroscopic

- Analyses of Four Humic Acids from Earthworm-composted Animal Manure." *J. Braz. Chem. Soc.*, 11(2): 164-169.
- Manjarrez-Martínez, M. J., Ferrera-Cerrato, R., y González-Chávez, M. C. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra.*, 17(1): 9-15.
- Mantovani, J. R., Pessôa da Cruz, M. C., Ferreira, M. E., y Lopes-Alves, W. 2004. Extratores para avaliação da disponibilidade de metais pesados em solos adubados com vermicomposto de lixo urbano. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39(4): 371-378.
- McGinnis, M., Warren, S., y Bilderback, T. 2004. Vermicompost – Potential as Pine Bark Amendment for the Nursery. In: *Nursery Short Course*. North Carolina State University. 8-10 pp.
- McInemey, M., y Bolger, T. 2000. Decomposition of *Quercus petraea* litter: influence of burial, comminution and earthworms. *Soil Biol. Biochem.* 32: 1989-2000.
- Meerman, F., G. W. J. Van de Ven, H. Van Keulen y H. Breman. 1996. Integrated crop management: an approach to sustainable agricultural development. *Int. J. Pest Manag.* 42(1):13-24.
- Menezes-Júnior, F. O. G., Fernandez, H. S., Mauch, C. R., y Silva, J. B. 2000. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. *Hort. Bras.* 18(3): 164-170.

- Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F., y Nardi, S. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* ceii growth and nitrate metabolism. *Soil Biol. Biochem.*, 31: 1303-1311.
- Narayan, R. 2001. Report paper - drivers for biodegradable/compostable plastics and role of composting in waste management and sustainable agriculture. *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge*. 1(1): 1-9.
- Naylor, R. L. 1999. Energy and resource constraints on intensive agricultural production. *Annu. Rev. Energy Environ* 21:99-123.
- Ndegwa, P. M., y Thompson, S. A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Biores. Technol.* 76: 107-112.
- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A., y Das, K. C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol.* 71: 5-12.
- Ndegwa, P. M., y Thompson, S.A. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol.*, 75: 7-12.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguéz, E., Larrinaga-Mayoral, J. A. y García-Hernández, J.L., 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia*, 27(8): 417-421.
- Peijnenburg, W.J., Baerselman, R., de Groot, A. C., Jager, T., Posthuma, L. y Van Veen, R. P. 1999a. Relating environmental availability to

bioavailability: soil-type-dependent metal accumulation in the oligochaete *Eisenia andrei*. *Ecotoxicol Environ Saf* 44:294-310.

- Peña-Cabriales, J.J., Grageda-Cabrera, O.A., y Vera-Núñez, J.A., 2001. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: Uso de las técnicas isotópicas ( $^{15}\text{N}$ ). *Terra*, 20: 51-56.
- Pereira, M. G., y Zezzi-Arruda, M. A. 2003. Vermicompost as a Natural Adsorbent Material: Characterization and Potentialities for Cadmium Adsorption. *J. Braz. Chem. Soc.*, 14(1): 39-47.
- Pereira, M. G., y Zezzi-Arruda, M. A. 2004. Preconcentration of Cd(II) and Pb(II) Using Humic Substances and Flow Systems Coupled to Flame Atomic Absorption Spectrometry. *Microchim. Acta*: 215-222.
- Pearce, T. G., Budd, T., Hayhoe, J. M., Sleep, D. y Clasper, P. J. 2003. Earthworms of a land restoration site treated with paper mill sludge. *Pedobiologia*. 47: 1-6.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P, Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist S., Shpritz, I., Fitton, L., Saffouri, R., y Blair, R. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267: 1117-1123.
- Pokarzhevskii, A. D., van Straalen, N. M., Zaboev, D. P., y Zaitsev, A. S. 2003. Microbial links and element flows in nested detrital food-webs. *Pedobiologia*, 47: 1-12.
- Pretty, J. N., Brett, C., Gee, D., Hine, R. E., Mason, C. F., Morison, J. I. L., Raven, H., Rayment, M. D, y van der Bijl, G. 2000. An assessment

- of the total external costs of UK agriculture. *Agricultural Syst.*, 65: 113-136.
- Purcell, B., y Stentiford, E. I. 2001. CO-Digestion - Enhancing recovery of organic waste. *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge*. 1(1): 1-10.
- Quaggiotti, S., Ruperti, B., Pizzeghello, D., Francioso, O., Tugnoli, V., y Nardi, S. 2004. Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). *J. Exp. Bot.*, 55(398): 803-813.
- Quintero-Lizaola, R. Ferrera-Cerrato, R., Etchevers-Barra, J. D., García-Calderón, N. E., Rodríguez-Kabana, R., Alcántar-González, G., y Aguilar-Santelises, A. 2003. Enzimas que participan en el proceso de vermicompostaje. *Terra*. 21(1): 73-80.
- Ramesh, P., Singh, M., y Rao, A. S. 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. *Current Sci*. 88(4): 561-568.
- Rao, N. H., Katyal, J. C. y Reddy, M. N. 2004. Embedding the sustainability perspective into agricultural research: Implications for research management. *Outlook on Agriculture*. 33(3): 167-176.
- Rasmussen, K. J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Till. Res.*, 53: 3-14.
- Raviv, M., 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. *HortTechnology*. 15(1): 52-57.
- Rigby, D. y Cáceres, D. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Syst.*, 68: 21-40.

- Riggle, D. 1998. Vermicomposting research and education. ByoCycle. 54-56. Disponible en: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/may98.htm>. Fecha de recuperación: 15 de mayo de 2000.
- Rippy, J.F.M. Peet, M. M., Louws, F. J., Nelson, P. V., Orr, D. B., y Sorensen, K. A. 2004. Plant Development and Harvest Yields of Greenhouse Tomatoes in Six Organic Growing Systems. HortSci. 39(2): 1-6.
- Rist, S. y Rist, L. 2004. Towards a post - materialist understanding of science – lessons learnt form the interface of biodynamic agriculture and research. Bridging Scales and Epistemologies: Linking Local Knowledge with Global Science in Multi-Scale Assessments. Alexandria, pp. 12. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/bridging/papers/rist.stephan.2.pdf>. Fecha de recuperación: 15 de junio de 2005.
- Romero-Lima, M. R., Trinidad-Santos, A., García-Espinosa, R., y Ferrera-Cerrato, R., 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia. 34(3): 261-269.
- Salas, E., y Ramírez, C. 2001. Determinación del N y P en abonos orgánicos mediante la técnica del elemento faltante y un bioensayo microbiano. Agronomía Costarricense. 25(2): 25-34.
- Salazar-Sosa, E., Vázquez-Vázquez, C., Leos-Rodríguez, J. A., Fortis-Hernández, M., Montemayor-Trejo, J. A., Figueroa-Viramontes, R., y López-Martínez, J. D. 2004. Mineralización del estiércol bovino y

- su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill) bajo riego sub-superficial. *Int. J. Experimental Bot.* 1:259-273.
- Santamaría-Romero, S., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J.J., Galvis-Spinola, A., y Barois-Boullard, I. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia.* 35(4): 377-384.
- Santamaría-Romero, S., y Ferrera-Cerrato, R., 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. *Terra*, 20: 303-310.
- Sarr, M., Agbogba, C., Russell-Smith, A., y Masse, D. 2001. Effects of soil faunal activity and woody shrubs on water infiltration rates in a semi-arid fallow of Senegal. *Appl. Soil Ecol.* 16: 283-290.
- Scottish Environment Protection Agency (SEPA). 2001. State of the Environment: Soil Quality Report. Scottish Environment Protection Agency. UK. 74 p. Disponible en: [www.sepa.org.uk](http://www.sepa.org.uk). Fecha de recuperación 22 de febrero de 2004.
- Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S., y Vasudevan, P. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review. *J. Am. Sci.* 1(1): 1-16.
- Shipitalo, M. J., y Gibbs, F. 2000. Potential of Earthworm Burrows to Transmit Injected Animal Wastes to Tile Drains. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2103-2109.

- Shuster, W. D., Subler, S., y McCoy, E. L. 2000. Foraging by deep-burrowing earthworms degrades surface soil structure of a fluventic Hapludoll in Ohio. *Soil Till. Res.* 54: 179-189.
- Singh, N. B., Khare, A. K., Bhargava, D. S., y Bhattacharya, S. 2004. Optimum moisture requirement during vermicomposting using *Perionyx excavatus*. *Appl. Ecol. Environ Res.* 2(1): 53-62.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., y Deneff, K. 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Till. Res.* 79: 7-31.
- Soto, G., y Muñoz, C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. (65):123-129.
- Spurgeon, D. J., y Hopkin, S. P. 2000. The development of genetically inherited resistance to zinc in laboratory-selected generations of the earthworm *Eisenia fetida*. *Environ. Pollut.* 109: 193-201.
- Tiunov, A. V., y Scheu, S. 2000a. Microbial biomass, biovolume and respiration in *Lumbricus terrestris* L. cast material of different age. *Soil Biol. Biochem.* 32: 265-275.
- Tiunov, A.V., y Scheu, S. 2000b. Microfungal communities in soil, litter and casts of *Lumbricus terrestris* L. (Lumbricidae): a laboratory experiment. *Appl. Soil Ecol.*, 14: 17-26.
- Trewavas, A. 2004. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential

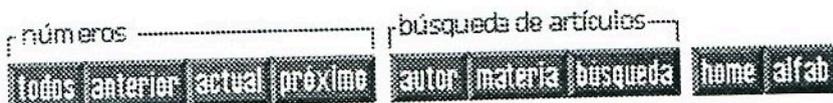
- environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protec.* 23: 757-781.
- Usman, A. R. A., Kuzyakov, Y., y Stahr, K. 2004. Dynamics of organic c mineralization and the mobile fraction of heavy metals in a calcareous soil incubated with organic wastes. *Water, Air, Soil Poll.* 158: 401-418.
- Valadares-Veras, L. R., y Povinelli, J. 2004. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. *Eng. Sanit. Ambient.* 9(3): 218-224.
- Vandermeer, J. 1995. The Ecological Basis of Alternative Agriculture. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 5(26):201-224.
- Vanlauwe, B., Palm, C. A., Murwira, H. K. y Merckx, R. 2002. Organic resource management in sub-Saharan Africa: validation of a residue quality-driven decision support system. *Agronomie.* 22: 839-846.
- Velasco-Velasco, J., Ferrera-Cerrato, R., y Almaraz-Suárez, J. J. 2003. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *Terra*, 19(3): 241-248.
- Wang, P., Changa, C. M., Watson, M. E., Dick, W. A., Chen, Y., y Hoitink, H. A. J. 2004. Maturity indices for composted dairy and pig manures. *Soil Biol. Biochem.* 36: 767-776.
- Wescott, H., 1998. Compost facility resource handbook: Guidance for Washington State. Solid Waste & Financial Assistance Program. Washington State Department of Ecology. Olympia, Washington. 141 p.

- Whalen, J. K., y Costa, C. 2003. Linking spatio-temporal dynamics of earthworm populations to nutrient cycling in temperate agricultural and forest ecosystems. *Pedobiologia*. 47: 1-6.
- Wilhelm, W. W., Johnson, J. M. F., Hatfield, J. J., Voorhees, W. B. y Linden, D. R., 2004. Crop and Soil Productivity Response to Corn Residue Removal: A Literature Review. *Agron. J.* 96(1): 1-17.
- Wilson, S. B., Stoffella, P. J., y Graetz, D. A. 2001. Use of Compost as a Media Amendment for Containerized Production of Two Subtropical Perennials. *J. Environ. Hort.* 19(1): 37-42.
- Wurst, S., Langel, R., Reineking, A., Bonkowski, M., y Scheu, S. 2003. Effects of earthworms and organic litter distribution on plant performance and aphid reproduction. *Oecologia*. 137: 90-96.
- Yagi, R., Evaristo-Ferreira, M., Pessôa da Cruz, M.C., y Barbosa, J.C. 2002. Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. *Scientia Agricola*. 60(3): 549-557.
- Zhang, B.-G., Li, G.-T., Shen, T.-S., Wang, J.-K., y Sun, Z., 2000. Changes in microbial biomass C, N, and P and enzyme activities in soil incubated with the earthworms *Metaphire guillelmi* or *Eisenia fetida*. *Soil Biol. Biochem.*, 32: 2055-2062.

## Apéndice

Anexo 1. Dirección electrónica y Tabla de Contenido de la Revista Agricultura Técnica, donde se publicó el artículo "Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero"

[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_issuetoc&pid=0365-280720050001&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0365-280720050001&lng=es&nrm=iso)



Agricultura Técnica  
ISSN 0365-2807 *versión impresa*

Tabla de contenido  
Agric. Téc. v.65 n.1 Chillán mar. 2005

● INVESTIGACIONES-PRODUCCIÓN VEGETAL

● **Abundancia Estacional de Insectos Vectores de Virosis en dos Ecosistemas de Pimiento (*Capsicum annum* L.) de la Región de Coquimbo, Chile**

Quiroz E., Carlos; Larraín S., Patricia; Sepúlveda R., Paulina

● resumen en español | inglés    ● texto en español

● **Comparación del cariotipo de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus cladocalyx* (Myrtaceae)**

Mora, Freddy; Palma-Rojas, Claudio; Jara-Seguel, Pedro

● resumen en español | inglés    ● texto en español

● **Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero**

Moreno Reséndez, Alejandro; Valdés Perezgasga, María Teresa

● resumen en español | inglés    ● texto en español

Anexo 2. Constancia de recepción y etapa en que se encuentra el artículo enviado a la Revista Terra Latinoamericana



11/11/2005 14:23:33

MENU 426moreno

Inicio

Artículos

- Enviar
- Mostrar

Salir



11/11/2005 14:23:33

MENU 426moreno

Inicio

Artículos

- Enviar
- Mostrar

Salir

**TERRA**  
*Latinoamericana*

Revista de la Sociedad Mexicana  
de la Ciencia del Suelo, A.C.

Chapingo Edo. de  
México  
06 de Diciembre de 2005

Autor

Bienvenido: ALEJANDRO MORENO RESENDEZ

Tu login es: 426moreno

Tu último acceso fue el: 30 de Noviembre de 2005 a las 14:23 hrs.

Desde la Dirección IP: 201.134.21.177

**TERRA**  
*Latinoamericana*

Revista de la Sociedad Mexicana  
de la Ciencia del Suelo, A.C.

Chapingo Edo. de  
México  
06 de Diciembre de 2005

En proceso de revisión

1. Nombre: **COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE Lycopersicon esculentum Mill. EN MEZCLAS DE VERMICOMPOSTA:ARENA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO**

Archivo: AMorenoR.doc

Fecha de envío: 31 de Marzo de 2005 a las 07:27 hrs.

Número de registro: 1434

M.G.D. ©2005 UACh. Todos los Derechos Reservados [Accraa.de...](#)

**Anexo 3. Carta de recepción del artículo enviado a la Revista Agraria Nueva Época.**



**Agraria**  
Nueva Época

Revista Agraria Nueva Época

Organismo de Difusión Científica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Folio 43

FECHA 11 de noviembre del 2005

**ACUSE DE RECIBO**

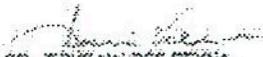
RECIBI DEL D. Dr. Alejandro Moreno Reséndez

EL SIGUIENTE TRABAJO PARA SU POSIBLE PUBLICACION EN LA REVISTA AGRARIA NUEVA EPOCA:

"Rendimiento y calidad de genotipos de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) en vermicomposta bajo condiciones de invernadero"

MISMO QUE SERÁ SOMETIDO AL PROCESO DE ARBITRAJE

RECIBI:

  
DR. JESUS VALDES REYNA  
EDITOR EJECUTIVO REVISTA AGRARIA - NUEVA EPOCA  
DEPARTAMENTO DE VALIDACION

C.c.p. Dr. Miguel Angel Capó Arteaga. Editor en Jefe Revista Agraria N.E



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
Departamento de Validación  
Carretera México - Cuah. México D.F. 20130

**Anexo 4. Descriptores, operadores boléanos (OB), número de documentos disponibles en la Base de Datos de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos de Norteamérica (NLM – EUA) y número de documentos recuperados al aplicar los descriptores de cada una de las líneas. Octubre 3 de 2005.**

Descriptor	OB	Término2	OB	Descriptor	OB	Descriptor	OB	Descriptor	Resultado	Recuperados
Vermicomposting	or	Review							13393027	16
Vermicompost	or	Vermicomposting	or	review					1339319	45
Vermicompost	or	Review							1339289	45
Vermicompost	or	Vermicomposting	or	growth media	or	media container	or	substrate	242306	11
Vermicompost	or	Vermicomposting	or	compost	or	growth plant			68988	91
Earthworm	or	growth media							65044	92
Vermicompost	or	Vermicomposting	or	waste sludge	or	growth plant			63269	45
Vermicompost	or	Vermicomposting	or	growth media	or	media container			63121	46
Vermicompost	or	Vermicomposting	or	growth media					63054	46
Vermicompost	or	Vermicomposting	and	waste sludge	or	growth plant			55362	0
Vermicompost	or	Vermicomposting	or	waste sludge					8318	45
Earthworm	or	Earthworms	or	organic waste					5561	119
Earthworm	or	organic waste							5383	97
Vermicompost	or	Vermicomposting	and	organic waste					3364	13
Earthworm	or	media container							2150	55
Earthworm	or	Eisenia	or	Vermicompost					2144	114
Earthworm	or	Eisenia	or	Vermicomposting					2136	114
Earthworm	or	Eisenia	or	Vermicomposting					2133	103
Earthworms	or	Eisenia	or	Vermicompost					2121	105
Earthworms	or	Eisenia	or	Vermicomposting					2116	83
Earthworms	and	media container							2112	0
Earthworms	or	Eisenia							2110	74
Earthworm	or	Vermicompost							2064	118
Earthworm									2055	91

**Cont...Anexo 4.**

Earthworms			2017	55
Vermicompost	or Vermicomposting and compost	and growth plant		
Vermicompost	or Vermicomposting or organic resources		1765	0
Vermicompost	or Vermicomposting or Eisenia		784	45
Earthworm	and Eisenia or Vermicomposting		529	64
Earthworm	and Eisenia or Vermicompost		438	29
Earthworms	and Eisenia or Vermicompost		437	68
Earthworms	and Eisenia or Vermicompost		423	50
Earthworm	and Eisenia or Vermicomposting		423	22
Earthworm	and Eisenia		414	15
Vermicompost	or Vermicomposting and waste sludge and growth plant		402	0
Earthworms	and Eisenia		399	8
Vermicompost	or Vermicomposting or organic farming		287	53
Earthworms	and Review		83	0
Earthworm	or Review		78	91
Earthworm	or Eisenia and Vermicomposting		40	9
Earthworms	or Eisenia and Vermicomposting		37	9
Vermicompost	or Vermicomposting or growth media and media container		29	0
Vermicompost	or Vermicomposting and Eisenia		23	9
Earthworm	and organic waste		23	3
Earthworm	and Vermicompost		21	17
Earthworm	or Eisenia and Vermicompost		21	26
Earthworms	or Eisenia and Vermicompost		19	16
Earthworm	and Eisenia and Vermicomposting		19	3
Earthworms	and Eisenia and Vermicomposting		19	3
Earthworms	and growth media		10	0
Vermicompost	or Vermicomposting and waste sludge		10	0
Vermicompost	or Vermicomposting and organic resources		8	0

<b>Cont...Anexo 4.</b>						
Earthworm						8
Earthworms	and Eisenia		and Vermicompost			4
Vermicompost	and Eisenia		and Vermicompost			0
Vermicompost	or Vermicomposting	and growth media				0
Vermicompost	or Vermicomposting	and growth media	and media container			0
Vermicompost	and Vermicomposting	and growth media	and media container			0
Vermicompost	or Vermicomposting	and growth media	and media container and substrate			0
Vermicompost	or Vermicomposting	and waste sludge	and growth plant			0
Vermicomposting	and Review					0
Vermicomposting	and Review					0
Vermicompost	or Vermicomposting	and organic farming				0
Vermicompost	or Vermicomposting	and review				0

7 6 4 2 1 1 1 0 0 0 0 0

Anexo 5. Artículo publicado en la Revista Anales de Documentación.  
“La acreditación de las competencias informacionales como requisito de los programas de Maestría y Doctorado”.  
Alejandro Moreno Reséndez, José Luis Corona Medina, Rafael Rodríguez Martínez y Miguel Arenas Vargas  
<http://www.um.es/fccd/anales/ad07/ad0712.pdf>

# ANALES DE DOCUMENTACIÓN

Revista de Biblioteconomía y Documentación.  
ISSN: 1575-2437 Anales de Documentación [edición impresa - print edition]  
ISSN: 1697-7904 Anales de Documentación (Internet) [edición web - web edition]

Principal

VOL. 7, 2004 (PDF)

ANALES DE DOCUMENTACION, Nº 7, 2004, PÁGS. 185-198

## LA ACREDITACIÓN DE LAS COMPETENCIAS INFORMACIONALES COMO REQUISITO DE LOS PROGRAMAS DE MAESTRÍA Y DOCTORADO

*Alejandro Moreno Reséndez*

Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila, México. AP 940.

*José Luis Corona Medina*

Departamento de Salubridad e Higiene. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna

*Rafael Rodríguez Martínez*

Departamento de Ciencias Médico Veterinarias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna

*Miguel Arenas Vargas*

Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso y Canal Nacional, México, D. F. MÉXICO

*“No existe universidad moderna posible sin libertad de enseñanza e investigación”.*

*Federico Naishtat*

**Resumen:** Se discute el papel del conocimiento científico en el desarrollo de las naciones y la importancia que para la ciencia tiene el trabajo de los investigadores, así como el papel que las instituciones de educación superior tienen en la formación de la masa crítica necesaria para la generación de conocimiento. La descripción histórica de la evolución de los estudios de postgrado y sus requisitos para la obtención del grado de maestro y el de doctor ciencias, permite establecer que el candidato a obtener cualquiera de éstos, requiere adquirir una serie de atributos que le permitan generar conocimiento científico de calidad, no en términos de su utilidad inmediata, sino en términos de su capacidad para explicar de mejor manera a la naturaleza. Se describe el papel que asesores y estudiantes tienen en la elaboración de los productos del trabajo académico y la importancia que la revisión bibliográfica tiene como método de evaluación del proceso educativo y como evidencia de que los candidatos a maestros o doctores en ciencia han adquirido los atributos para certificarlos como tales.

**Palabras clave:** Conocimiento científico; ciencia; postgrado; certificación.

**Title:** THE ACCREDITATION OF INFORMATIONAL COMPETENCES AS REQUIREMENT OF MASTER AND DOCTORATE PROGRAMS

**Abstract:** The role of scientific knowledge on the nations' development, the importance that researchers work has to science and the role that High Education Institutions has in the formation of a critical mass are discussed. The historical description of the evolution of post degree studies and their requirements to get the master science and PhD degrees, allow establish that the candidate to obtain anyone of them, need to acquire a array of attributes that allow them to produce knowledge with quality, not in relation to their immediately utility but rather in relation with their capacity to explain the nature in a better way. Also are described the advisor and students roles in the elaboration of academic work products, and the relevance that the bibliographic review has like method to evaluate the educative process and like evidence that candidates to master o PhD degrees had acquire the attributes to ac-credit them such as.

**Keywords:** Scientific knowledge; Science; Graduate Degree; Certification.

\* Autor por correspondencia. Domicilio: La Paz 230. Colonia Torreón Residencial. Torreón, Coahuila, México. CP 27250. Correo electrónico: alejam@avantel.net y alejamorsa@hotmail.com

## IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

El avance del conocimiento científico, reflejado en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, y por lo tanto en un mayor dominio de la naturaleza por parte del hombre, ha sido, es y seguirá siendo de gran beneficio para la humanidad. El avance del conocimiento científico depende de que los investigadores en las diferentes áreas del conocimiento, realicen una búsqueda honesta de la investigación científica y una representación veraz de los resultados. De hecho, se reconoce que la investigación cuyos resultados no se publican permanece incompleta, ya que los resultados que no se divulgan tampoco se pueden corroborar, y en consecuencia, no pueden contribuir al caudal del conocimiento científico (CSN, 1999; SN, 1999).

Se reconoce que el avance en el conocimiento científico se debe a la actividad que realiza un gran número de investigadores, la cual se fortalece por elementos que ponen en práctica la mayoría de las personas que trabajan en el desarrollo de las diferentes áreas del conocimiento.

De acuerdo con diversos autores (CSN, 1999; SN, 1999; Findley, 1991; Ziman, 2000; Kreeger, 2001; Cuevas y Mestaza, 2002; Iñiguez-Rueda y Palli-Monguilod, 2002), estos elementos son los siguientes:

- La ciencia genera conocimiento, y se justifica en sí misma por el interés intrínseco de la búsqueda de conocimiento; aunque, para obtener financiamiento, la actividad de investigación se argumenta sobre la base de criterios utilitarios, en tanto que el conocimiento generado puede ser de utilidad para la humanidad.
- El término "ciencia" está estrechamente identificado con el verbo "investigar", lo que indica que es un proceso activo. En cualquier momento dado, este proceso involucra las acciones coordinadas de muchas entidades cuasi-permanentes: investigadores científicos, instrumentos, instituciones, revistas periódicas de investigación, etc.
- El conocimiento científico se genera en y a través de una comunidad o institución social. Este enfoque psicosocial entiende a la ciencia como el producto de complejas variables intra e interpersonales en interacción con otras de tipo personal y situacional. Esta interacción de ninguna manera atenta contra la libertad que tienen los investigadores sobre lo que ellos hacen y como lo hacen, sus pensamientos, juicios y reflexiones. Los esfuerzos colectivos hacen posible el progreso científico. El proyecto del genoma humano es probablemente el ejemplo más conocido de esfuerzo de colaboración científica (Kreeger, 2001).
- El experimento ocupa un lugar fundamental dentro de la actividad científica, en el sentido de que es visto como la mejor manera de llegar a establecer relaciones causales.
- El científico y los grupos de trabajo científico deben asumir la responsabilidad ética sobre las consecuencias y usos que se desprenden de los conocimientos elaborados. La participación de los individuos en la actividad científica, demanda compromiso para con los valores y bienestar humanos.

- La investigación es un proceso que parte de la situación que prevalece en ciertas áreas del conocimiento, conduce a la formulación y refutación de la pregunta, y eventualmente provoca la integración de los resultados dentro de la práctica que se realiza en dicha área.
- La integración de la investigación a las actividades realizadas en las diversas áreas del conocimiento, a través de la incorporación de los resultados generados por esta actividad y a través de la participación de los interesados conformando equipos de investigación, es de vital importancia para el desarrollo de la ciencia. Una de las características esenciales de la actividad científica es la publicación de resultados.
- La producción científica corresponde a una medida de la calidad e impacto de las actividades de investigación que realiza toda institución enfocada al desarrollo del conocimiento científico.

## PAPEL DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE NIVEL SUPERIOR

La universidad por su naturaleza es el *locus* del conocimiento y por ello, la misión que le compete no es de fácil ejecución, sino que deberá estar impregnada no sólo de la filosofía y valores de la sociedad a la cual pertenece y rinde cuentas, sino del registro tecnológico y científico actualizado para que se convierta también en fuente de progreso humano. En términos generales, el sistema de Educación Superior, tanto a nivel internacional como a nivel nacional, debe caracterizarse por tener un compromiso abierto con un modelo socio político y económico para el cual se han de definir los mecanismos de intervención de la universidad en los procesos de cambio socioeconómico y político o de innovación tecnológica y científica, que sean propicios al desarrollo de todos los individuos y de cada un país en particular.

Acorde al papel que desempeña, la universidad ejerce acciones político-académicas que se relacionan, a) con la regulación de las actividades de enseñanza - aprendizaje, de investigación y de difusión, que realizan los miembros de su comunidad, y b) con la protección del espacio del saber superior ante el estado y la sociedad. La universidad es por ende un órgano de acción y decisión que cobija y a la vez trasciende la libertad de la enseñanza e investigación (Naishtat, s/f).

En el caso de las instituciones que tienen programas de postgrado, por ejemplo la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco (UAM - UX, s/f), de manera general, se puede señalar que estos programas están enfocadas a formar recursos humanos orientados a la generación de conocimientos originales, con habilidades, destrezas, actitudes y valores que les permitan el ejercicio de actividades de investigación y desarrollo, que aporten explicaciones y soluciones a los problemas que se atienden en las diferentes áreas del conocimiento, de acuerdo con el interés de cada estudiante. Los estudiantes que aspiran a obtener grados académicos de alta calidad, deben recibir adiestramiento sobre

como hacer ciencia, es decir, como pensar lógicamente, como diseñar experimentos, y no necesariamente, como ser perfecto al efectuar una técnica particular (Lewis, 1999).

Sin embargo, el reclamo de la sociedad hacia las universidades, por el papel que desempeñan tanto en la formación de recursos humanos, como en la búsqueda del avance del conocimiento, es el de establecer una mayor relación con la realidad que vive cada país. Por lo tanto, para mejorar esta relación resulta indispensable hacer un esfuerzo para integrar y vincular fuertemente la formación profesional, el postgrado y la actividad científica, tecnológica y humanística que desarrollan las universidades. De esta manera se puede esperar que las universidades, además de apoyar y promover las funciones sustantivas mencionadas, contribuyan al desarrollo de cada país, con el compromiso de atender sus necesidades, problemas y carencias, a través de la formación de profesionales íntegros y debidamente calificados, en diferentes niveles académicos (Peña-Rodríguez, 2002).

## ORIGEN Y OBJETIVOS DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO

El grado de maestría se otorgó por primera vez en los Estados Unidos de Norteamérica en la Universidad de Harvard en 1642. En ese tiempo, el único requisito para obtener este grado era que la persona continuara estudiando tres años más después de concluir los estudios de licenciatura. Posteriormente, en el año de 1734, se estableció el requisito de elaborar una tesis para obtener el grado de maestría. Desde entonces, tanto el número de programas que ofrecen el grado de maestría o doctorado, así como los requerimientos, estándares educativos y controles de calidad, que regulan

el derecho de obtener uno de estos grados, se han incrementado y modificado drásticamente. Por ejemplo, al igual que en muchas universidades, para obtener el Grado de Maestría en el Colegio de Medicina de Baylor, el estudiante, además de cubrir requisitos de ingreso y cierto número de créditos académicos, debe dirigir un proyecto de investigación y reportar los resultados a través de una tesis de maestría (Teasdale *et al.*, 2001).

Se considera que todo programa de nivel postgrado, además de proporcionar conocimiento y habilidades para la investigación básica y un entrenamiento avanzado dentro de un área de investigación específica, debe inculcar en el estudiante actitudes y valores académicos a través de experiencias de socialización específica con los colegas dentro del ambiente académico. Esto debe ocurrir dentro del contexto de un ambiente muy favorable, con estímulo de las organizaciones, los asesores y los compañeros. La esencia del programa didáctico proporciona el contenido básico del conocimiento y las habilidades metodológicas fundamentales. Los hábitos de trabajo y la participación en proyectos simultáneos son inculcados al interactuar con los asesores, quienes proporcionan la socialización para el desarrollo de la autonomía y el compromiso para el estudio, necesario que soporte la actividad de investigación (Findley y Delisa, 1991).

Por su parte, Teasdale *et al.* (2001) destacan que los programas de postgrado deben promover esencialmente, que los estudiantes desarrollen habilidades para llevar a cabo la gestión de la información, la interpretación de la literatura y sus implicaciones en el área de interés, que les permita, permanentemente, mantener un conocimiento crítico, actual, y operacional de los nuevos descubrimientos. Los autores señalan que una parte vital del proceso de formación es la investigación que realiza cada aspirante, además que la experiencia de investigación está diseñada para incrementar y aplicar el conocimiento obtenido sobre los métodos de investigación y así, aumentar el entrenamiento del estudiante para

evaluar críticamente la literatura del área de interés. El propósito de la experiencia de redactar la investigación es incrementar las habilidades de comunicación escrita del estudiante y ayudarlos a generalizar los descubrimientos, e identificar las preguntas de investigación, potencialmente nuevas, dentro de un campo de interés particular (Findley *et al.*, 1991).

A manera de complemento, Hyde *et al.* (2000) mencionan que entre los aspectos que deben ser atendidos para garantizar una formación académica de alto nivel de los estudiantes de grado se encuentran: a) la identificación de los problemas que impiden el desarrollo de las habilidades generales de los individuos (por ejemplo de computación, de matemáticas, de estadística, etc.), b) la educación ética de los estudiantes, c) atender el ritmo extremadamente rápido en el que actualmente se está desarrollando el conocimiento, para lo cual es necesario que los planes de estudio y los métodos de enseñanza evolucionen continuamente.

## LA TESIS O DISERTACIÓN

Para que un estudiante obtenga el grado de Maestría en Ciencias o de Doctor en Filosofía, uno de los elementos esenciales, además de realizar actividades de investigación y en la mayoría de los casos acreditar una serie de cursos, es respectivamente, la elaboración de una tesis o disertación (OHSU, 1999; PSU, 2000-2001; UCLA, 2001; HU, 2002; UCI, 2002-2003; CSU, 2003; GIT, 2003; UB, s/f). Así pues, el término "tesis" se aplica tanto para hacer referencia al grado de Maestría o Doctorado, mientras que el término "disertación" sólo se aplica a éste último (OHSU, 1999). El Diccionario de Filosofía (Abbagnano, 1996) establece que la tesis "designa una proposición que nos aprestamos a demostrar".

La tesis o disertación constituye una contribución original al conocimiento científico. Estos documentos proporcionan la evidencia del desarrollo del estudiante, y reflejan sus habilidades para conducir una investigación erudita y para comunicar los resultados de investigación obtenidos, así como el conocimiento que adquirieron de la investigación realizada. Cada uno de estos documentos debe ajustarse a los estándares más rigurosos de contenido, estilo y forma.

En relación a las tesis y disertaciones, el punto importante, por supuesto, no es la fidelidad de los detalles de un estilo particular, sino la aplicación consistente de estándares que permitan la comunicación más efectiva del mensaje contenido en el documento. Las disertaciones o tesis también reflejan la calidad educativa de la institución que otorga el grado académico. Por lo tanto, las instituciones esperarían que todas las tesis o disertaciones resulten de una actividad de investigación que sea significativamente educativa y metodológicamente legítima (OHSU, 1999;

PSU, 2000-2001; UCLA, 2001; HU, 2002; UCI, 2002-2003; CSU, 2003; GIT, 2003; UB, s/f; MSU, s/f; Smatresk s/f; NCSU, s/f; TWU s/f; Eyres, 1999; CU, 2003).

Para diferenciar entre tesis y disertación, se ha establecido que una tesis es una obra de trabajo escolar, original, formal que se escribe como parte de los requerimientos para obtener un grado de maestría y que presenta la posición del escritor de un tema propuesto o de su propia selección de los resultados de un proyecto de investigación. Por otra parte, la disertación es un estudio escolar, original, formal, presentado como cumplimiento parcial de los requerimientos para obtener el grado de Doctor en Filosofía. Tradicionalmente, la expectativa es que la disertación presentará argumentos de mayor complejidad y el

material será más sólido o con mayor fundamento que el presentado en la tesis de maestría: ambos documentos demandan esfuerzo, dedicación, disciplina, excelencia, y tiempo (HU, 2002).

La preparación de una disertación es una actividad esencial que ayuda a los estudiantes de doctorado a conocer la metodología y la adquisición de habilidades de investigación para avanzar en el conocimiento dentro de ciertas disciplinas académicas. Entre las principales habilidades que deben ser adquiridas o incrementadas, como resultado del proceso de redacción de una disertación, se encuentra la habilidad para comunicarse oral o en forma escrita con los colegas y otras personas acerca la disciplina que estudia. La escritura y la defensa oral de las disertaciones ayudan a aprender a comunicar el objeto de estudio, incluyendo la explicación de la metodología, así como el conocimiento adquirido durante la preparación de la disertación (MSU, s/f).

Aunque los candidatos a obtener el grado de doctor deben realizar investigación original en una gran variedad de tópicos y preparar disertaciones en diferentes disciplinas académicas, la investigación y las disertaciones doctorales deben satisfacer varios estándares importantes (GIT, 2003; MSU, s/f), algunos de los cuales se especifican a continuación:

- La investigación debe ser relevante para el área del conocimiento en la que se desea obtener el grado y demostrar creatividad. Las contribuciones al conocimiento deben ser originales y como tal, deben representar una aportación substancial al conocimiento del área de estudio o una nueva y mejor interpretación de los hechos ya conocidos.
- La investigación debe poseer las principales características del método científico, es decir objetividad y reproducibilidad. Las suposiciones deben ser establecidas claramente tanto en la investigación experimental como en la investigación teórica.
- La investigación debe generar al menos un documento publicable en una revista periódica de circulación internacional y con arbitraje apropiado.
- Demostrar el conocimiento completo del estudiante de los estudios previos, incluyendo la investigación cualitativa y/o cuantitativa, relacionada con el tema de la disertación; es decir reflejar un conocimiento profundo y cimentado del área de interés.
- Manifiestar la habilidad del estudiante para analizar, criticar, interpretar e integrar información de los antecedentes escolares dentro de las hipótesis y/o preguntas de investigación en grado suficiente para formar las bases de la disertación.
- Evidenciar el uso apropiado de la metodología de investigación, incluyendo el manejo de datos actuales – las técnicas de colección, las herramientas apropiadas de análisis de datos incluyendo el uso de métodos estadísticos apropiados y otras aplicaciones de software.
- Exponer los resultados en una forma secuencial y lógica incluyendo el uso de cuadros, gráficos, u otros métodos de representación cuantitativa y/o cualitativa de datos.
- Incluir una discusión coherente de la relación entre los antecedentes, la hipótesis o pregunta(s) de investigación, los resultados y/o datos, y el significado de los resultados.
- Demostrar un alto grado de habilidad en la comunicación escrita, es decir debe reflejar un dominio de la gramática, la puntuación, la construcción de oraciones y párrafos, las citas, y un estilo consistente con los requerimientos señalados en el manual de tesis correspondiente.
- Proporcionar una experiencia educativa útil para enfatizar la creatividad del estudiante, la acción y el aprendizaje independiente, la metodología de investigación, y el enfoque escolar.
- Evidenciar un nivel de competencia indicativo de la significancia lograda más allá del nivel de maestría. En consecuencia, se espera que la investigación bosqueje directamente sobre el aprendizaje avanzado en el área principal del estudiante y demuestre el dominio de ese conocimiento

- Plasmar oraciones claras acerca de: a) la relevancia e importancia del problema y b) la significancia, originalidad, y la generalidad de los resultados de investigación de la literatura del área de estudio que debe ser descrita.

Desafortunadamente, aunque se reconoce que la disertación debe ser una contribución original y que presumiblemente pueda contribuir al avance del conocimiento, es un secreto a voces que muchas disertaciones, especialmente en ciertas áreas, contribuyen principalmente al actual interés de investigación del asesor principal o del director de la facultad. Eventualmente, la tesis, muy reducida, puede acabar como la contribución inicial del autor a la literatura. En muchos casos también es la última contribución (Garfield, 1974).

## RESPONSABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE LA TESIS O DISERTACIÓN

En la elaboración de la tesis o disertación participan de manera destacada tanto el asesor como el estudiante, cada uno de ellos, en función del papel que desempeñan en el proceso educativo, tienen diferentes responsabilidades, las cuales, de manera general, se describen a continuación:

### Del asesor

El asesor del estudiante sirve como guía mientras que se realiza el trabajo de tesis y se preparan los resultados del trabajo para elaborar la tesis. Aunque el estudiante tiene la principal responsabilidad del contenido, de la calidad, y del formato de la tesis, deben consultarse frecuentemente al asesor y al Comité Asesor del Graduado. Ellos deberán aprobar la forma final del documento antes de que se envíe a la instancia correspondiente. Los asesores frecuentemente son consultados para garantizar que el resumen resalte clara y consistentemente los puntos principales de la tesis y que, en el caso de las disertaciones, el trabajo sea aceptable para el microfilmado (CSU, 2003; MSU, s/f).

### Del estudiante

El estudiante graduado es el autor de la disertación doctoral o la tesis de maestría y, por lo tanto, es finalmente el responsable de garantizar que su producción refleje la más alta calidad profesional (CSU, 2003; MSU, s/f). Sin embargo, la preparación así como la disertación de las tesis representa una empresa colectiva que involucra al estudiante graduado y al conjunto de asesores, designados por cada institución de acuerdo a la normatividad establecida. Por lo tanto, durante el desarrollo de la tesis el estudiante tiene la obligación de:

- Consultar el Manual de Tesis correspondiente, así como los manuales de estilo necesarios, acerca de las directrices con respecto al formato correcto de presentación de la tesis (los manuales incluyen recomendaciones para portadas, páginas de firmas, estilos de texto y caracteres, apartados que deben ser desarrollados y sus títulos, espaciado, cuadro, figuras, materiales ilustrativos, apéndices, derechos de autor, paginación, presentación de citas y referencias, márgenes, papel de impresión).
- Redactar un borrador para corregir la estructura y la gramática de las oraciones, la construcción de los párrafos, la puntuación, y la ortografía.
- Preparar los cuadros en la forma en que deben imprimirse y proporcionar los números y leyendas de los cuadros y materiales ilustrativos utilizados.
- Corregir la copia de impresión final y revisar que todas las correcciones se hayan realizado adecuadamente.
- Presentar una copia impresa, lista para su reproducción, al Comité Asesor para su revisión y entregar el número apropiado de copias de la tesis final. El número de copias y los requerimientos de encuadernación de cada institución puede variar.

A manera de complemento, y debido a que la actividad científica debe de caracterizarse por un alto grado de calidad, el Manual de Disertaciones y Tesis de la Universidad Estatal de Morgan (MSU, s/f), destaca que los estudiantes que aspiran a obtener el grado de maestría o doctorado, durante el proceso de formación y desarrollo de su tesis respectiva, deben observar los siguientes aspectos: a) una conducta académica responsable y ética, y b) atender durante el proceso de

investigación y la elaboración de la tesis final, los aspectos legales relacionados con la falta de ética, que incluye el plagio, la falsificación y manipulación de la información y los materiales de investigación, el cambio u omisión de los datos o resultados, la violación de los derechos de autor.

De manera similar, las instituciones con programas de maestría o doctorado (Teasdale *et al.*, 2001; Findley y Delisa, 1991; Hyde *et al.*, 2000; OHSU, 1999; PSU, 2000-2001; UCLA, 2001; HU, 2002; UCI, 2002-2003; GIT, 2003; UB, *s/f*; Smatresk *s/f*), establecen que los aspirantes a obtener el grado académico deben cubrir satisfactoriamente una serie de objetivos y demostrar ciertas habilidades que les permitan garantizar la calidad académica de los estudios realizados. Los objetivos son formulados conjuntamente por el interesado y los responsables del programa, y se establecen al momento de ingreso. Los objetivos y habilidades que de manera general debe cubrir cada estudiante son:

- Ser capaz de evaluar críticamente la literatura inherente a su objeto de estudio, para aumentar sus habilidades en beneficio de la actividad que va a desarrollar o está desarrollando.
- Adquirir el conocimiento básico de los principios de la metodología de la investigación, que le permita idear y evaluar métodos de experimentación apropiados para la investigación pertinente al área de interés.
- Establecer, de manera regular, reuniones con el asesor de investigación para discutir y planear el proyecto de investigación e iniciar su implementación, de tal forma que se generen críticas sobre las propuestas de investigación. Igualmente, debe desarrollar habilidades sociales, indispensables para conformar redes de investigadores a través de la asistencia en reuniones científicas donde participe con otros investigadores que posean perspectivas, valores e intereses comunes. En otras palabras, debe aprender a compartir su visión, ideas e información.
- Adquirir una base sólida de conocimientos para el análisis estadístico y el diseño de experimentos.
- Desarrollar las habilidades de redacción necesarias para publicar, en una revista de prestigio nacional o internacional que cuente con arbitraje, los resultados de las actividades de investigación, e integrar dichos resultados a las actividades prácticas.
- Manejar adecuadamente los sistemas computacionales, las técnicas de análisis específicas para su objeto de estudio, y la administración y organización efectiva del tiempo.
- Acceder y evaluar información del área de interés a partir de diversas fuentes y comunicar oralmente y de forma escrita, los principios que estén correctamente organizados, sean de actualidad y reconozcan los límites de las hipótesis vigentes.
- Demostrar capacidad en una gama de técnicas prácticas adecuadas y en habilidades relevantes para investigar en el área de interés y de acuerdo al objeto de estudio. Esto incluirá la capacidad para colocar el trabajo dentro de contexto y sugerir líneas de investigación adicionales.
- Planear, ejecutar y presentar un proyecto de trabajo independiente, en el que las cualidades de administración del tiempo, de resolución de problemas y de independencia sean evidentes, así como la interpretación y el conocimiento crítico de la calidad de la evidencia.
- Construir argumentos razonados para sostener su posición sobre los impactos éticos y sociales de los avances en el área de estudio.
- Contar con estrategias bien desarrolladas para actualizarse, mantener e incrementar su conocimiento del área de interés y áreas afines.

Como se puede apreciar en los párrafos anteriores, gran parte de la actividad que desarrollará el investigador, tanto durante su etapa de formación, como durante su actividad científica, está relacionada con el manejo de la literatura científica existente. Así pues, un investigador, y en consecuencia el aprendiz de investigador, debe actualizar su revisión de literatura a lo largo del proceso de investigación, y monitorear continuamente la base del conocimiento relacionado con su área de estudio (Glicken, 2001).

## IMPORTANCIA DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

La piedra angular de la investigación científica de calidad es el proceso de la revisión de literatura, debido a que el propósito de la búsqueda y/o revisión de literatura, además de

proporcionar una extensa lista de los estudios preliminares de relevancia para el objeto de estudio (Hyde *et al.*, 2000), es ubicar la pregunta de investigación dentro del contexto de la literatura científica existente (Findley, 1991; Findley *et al.*, 1991; Findley *et al.*, 1991a).

Por otra parte, se puede asegurar que el investigador está bastante seguro de lo que quiere investigar, una vez que se ha definido la pregunta y realizado una búsqueda intensa de literatura científica relacionada con el objeto de estudio (Findley y Daum, 1991). Las revistas científicas incluyen la información más reciente y de calidad reconocida, debido su proceso de arbitraje, para apoyar al investigador tanto en la formulación de la pregunta como para empezar una revisión conceptual de la literatura (Davis y Findley, 1991).

El proceso de investigación necesita pues, del conocimiento y de las habilidades para realizar la gestión e la interpretación de la literatura en el área de interés. Estas habilidades, una vez que son desarrolladas adecuada y correctamente (Hyde *et al.*, 2000), incrementan la capacidad del estudiante para conducir proyectos de investigación y también maximiza sus habilidades para acceder e interpretar la vasta cantidad de literatura que emerge diariamente en las áreas del conocimiento. Por lo tanto, el aprendiz de investigador debe desarrollar una estructura conceptual acerca del proceso de revisión, de tal forma que el interesado no llegue a perderse en la masa de artículos publicados y no se gaste tiempo en áreas que no son fundamentales para objeto de estudio principal (Findley, 1991).

De acuerdo a lo anterior, una adecuada asesoría durante el proceso de formación académica, incrementará la probabilidad de éxito del estudiante en el diseño e implementación de las tareas que habrá de desarrollar en esta etapa y durante su ejercicio profesional (Glicken, 2001).

Si la revisión de literatura sirve para dilucidar la contribución que se pretende realizar, entonces, como lo destaca Glicken (2001), existen varias razones fundamentales para realizar este proceso:

- La más obvia es para explorar que investigación previa, si la hay, ha sido realizada sobre el tema de interés. En la búsqueda de literatura preliminar, los estudiantes deben de familiarizarse con el pensamiento vigente acerca del objeto de estudio, con los huecos en el conocimiento, y con el debate o controversia existente acerca del problema. También encontrarán si alguien más ya ha conducido adecuadamente el estudio que han previsto y si la pregunta establecida se ajusta a un estándar establecido. Esto puede conducir a la exploración de otros tópicos o preguntas relacionadas. Igualmente, a través del proceso de búsqueda preliminar, un estudiante puede encontrar que una pregunta ha sido revisada sistemáticamente y respondida satisfactoriamente hace algún tiempo. Sin embargo, el estudiante también puede descubrir que algunos nuevos estudios han sido publicados con resultados controversiales o contradictorios, destacando la necesidad de futuros estudios o revisiones.
- La siguiente razón es para clarificar el nivel de teoría y conocimiento desarrollado respecto al tema seleccionado. Por ejemplo, ¿el actual cuerpo de conocimiento acerca del tema se encuentra en el nivel descriptivo, explicativo o predictivo? Además, el estudiante necesitará evaluar críticamente cómo fue obtenido ese conocimiento. ¿Si los métodos fueron utilizados para generar el conocimiento apropiado para el nivel de información obtenida? En otras palabras, ¿las conclusiones de los estudios fueron consistentes con el diseño de estrategias utilizadas? En este punto también es importante para los estudiantes determinar "el cómo", "el qué", "el dónde", y "el cuándo" de los estudios que están analizando. Estos aspectos algunas veces son llamados las fronteras del estudio. Similarmente, ellos pueden encontrar poca o ninguna investigación sobre el tema específico de interés, pero una abundancia de literatura relacionada sobre la metodología o el diseño.
- El tercer propósito es determinar la relevancia de la base del conocimiento actual del área de estudio. Por ejemplo, si un estudiante está considerando un estudio experimental diseñado para un proyecto de investigación, éste debe encontrar la investigación que identifica una estructura teórica para su tema y una investigación adicional que lo apoye en la identificación de las variables y medidas que serán incluidas en su estudio. La revisión también debe identificar un cuerpo de conocimientos existente para hacer posible que el estudiante derive una hipótesis.
- Un propósito final es establecer una razón para la estrategia o pregunta de investigación seleccionada. En el caso del proyecto de investigación, el estudiante debe justificar la

metodología seleccionada basándose en el estado del conocimiento acerca de su pregunta. Por ejemplo, si existe poca o ninguna investigación disponible sobre su tema, un diseño o proyecto descriptivo, exploratorio, probablemente es más apropiado para proporcionar la información preliminar necesaria para identificar una hipótesis cimentada con las variables y métodos apropiados.

## LA CERTIFICACIÓN

Hoy en día, en el marco de un mundo globalizado, la evaluación de programas, instituciones e individuos se ha convertido en un instrumento esencial para lograr la acreditación y certificación de estos elementos (Jornet *et al.*, s/f). En el campo de la educación, la evaluación constituye el corazón del proceso del aprendizaje y de la pedagogía (Michel, 1996).

Con respecto a la acreditación y la certificación Jornet *et al.* (s/f) señalan que la acreditación se refiere al proceso mediante el cual se determinan las garantías de calidad de los programas de formación o de las instituciones que los imparten y por su parte, la certificación se refiere al proceso mediante el cual se determinan las habilidades adquiridas por un individuo a través de un programa de formación específico. Además, plantea que desde el punto de vista metodológico, la certificación contempla normalmente un enfoque cuantitativo y cualitativo, ajustado en función de los objetivos que se persiguen y las habilidades que habrán de adquirir y/o desarrollar quienes se involucren en este tipo de programas académicos, en este caso, en un programa de graduados.

La certificación en sí, tiene además un papel esencial para el desarrollo del conocimiento, pues es necesario tener presente que los científicos no aceptan nuevos hechos a menos que se pueda certificar de alguna manera su autenticidad; y esto se hace, no tanto contrastándolos con otros hechos, cuanto mostrando que son compatibles con lo que se sabe (Bunge, s/f). En atención a lo anterior, en el caso de los estudios de postgrado, el personal docente deberá avalar el desarrollo del estudiante y determinar si el individuo, a través de su conocimiento, su creatividad y originalidad, y las habilidades que debe desarrollar y reflejar, está capacitado para recibir el grado académico correspondiente.

## CONCLUSIONES

En atención a los elementos revisados para el desarrollo del presente documento, relacionado con los criterios para la certificación de los atributos para la obtención del grado de maestría o doctorado en ciencias, a manera de conclusión, se derivan los siguientes comentarios:

- El avance del conocimiento requiere de investigadores, que de manera individual y/o colectiva, se interesen en realizar una actividad científica excelsa y éticamente comprometida con los valores y el bienestar humano.
- En gran medida, por su naturaleza, la universidad es el *locus* del conocimiento, por lo que la formación de recursos humanos de alta calidad, que tienen potencial para convertirse en investigadores, se realiza en estas instituciones.
- El aspirante a investigador, durante el proceso de formación y como parte fundamental para obtener el grado académico, debe de aportar evidencias irrefutables que desarrolló habilidades que le permiten: pensar lógicamente, gestionar e interpretar críticamente literatura científica de calidad, conducir actividades de investigación eruditas, comunicarse correctamente en forma oral y escrita, enfatizar su creatividad y originalidad a partir de un proceso de aprendizaje independiente, demostrar una conducta académica responsable y ética, compartir su visión, ideas, resultados e información, demostrar un amplio dominio sobre las metodologías e instrumentos de investigación vigentes, plantear hipótesis y preguntas científicas, cuyo fin sea el impulsar el desarrollo del conocimiento, actualizarse, manteniendo e incrementando su conocimiento del área de interés y las áreas afines. Estas habilidades y la disciplina en el trabajo diario, le permitirán hacer aportaciones originales al conocimiento científico y en consecuencia contar con los atributos que certifiquen el grado académico que interesa obtener.

## LITERATURA REVISADA

1. Council of the Society for Neuroscience. 1999. Responsible Conduct Regarding Scientific Communication. *J. Neurosci.* 19(1):iii-xvi.
2. Society for Neuroscience. 1999. Responsible Conduct Regarding Scientific Communication. *J. Neurosci.* 19(1):iii-xvi.
3. Findley, T. M. 1991. *Research in physical medicine and rehabilitation: I. How to ask the question.* 6 p. <http://www.physiatry.org/docs/pmr-i.pdf>. Fecha de recuperación: 9 de mayo de 2003.
4. Findley, T. M. 1991. *Research in physical medicine and rehabilitation: II. The conceptual review of the literature or how to read more articles than you ever want to see in your entire life.* *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation.* 7 p. <http://www.physiatry.org/docs/pmr-ii.pdf>. Fecha de recuperación: 9 de mayo de 2003.
5. Ziman, J. 2000. *Real Science: What it is, and what it means.* Cambridge University Press. Cambridge, UK. 385 p.
6. Kreeger, K. Y. 2001. Working in alliances, collaborations, and consortia. *The Scientist.* 16(6):30.
7. Cuevas, R. F. & Mestaza, M. 2002. La evaluación científica y el sistema de revisión por pares. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Consejo Superior de Investigaciones.* Boletín 46. 4-5.
8. Iñiguez – Rueda, L., y Palli – Monguilod, C. 2002. La Psicología Social de la Ciencia: Revisión y discusión de una nueva área de investigación. *Anales de Psicología.* 18(1):13-43.
9. Naishtat, F. s/f. *Autonomía académica y pertinencia social de la Universidad Pública: Una Mirada desde la Filosofía Política.* Proyecto Instituto de Investigaciones Germani de la UBA, Argentina. <http://www.bu.edu/wcp/Papers/Educ/EducNais.htm> Fecha de recuperación: 15 enero de 2003. [naishtat@ltempo.uba.ar](mailto:naishtat@ltempo.uba.ar).
10. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco (UAM – UX). (s/f). Plan De Estudios: Maestría En Ciencias Agropecuarias. División De Ciencias Biológicas y de La Salud. 8 p.
11. Peña-Rodríguez, V. A. 2002. La universidad y la producción científica. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Consejo Superior de Investigaciones.* Boletín 46. 1-3.
12. Teasdale, T. A., Hsu, Y., Schneider, V., and Holcomb, J. D. 2001. Analysis and impact of Master's degree papers from 1990-1998 in one physician assistant program. *Perspective on Physician Assistant Education.* 12(3):153-159.
13. Findley, T. M., and Delisa, J. A. 1991. *Research in physical medicine and rehabilitation: XI. Research training: Setting the stage for lifelong learning.* *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation.* 8 p. <http://www.physiatry.org/docs/pmr-xi.pdf>. Fecha de recuperación: 9 de mayo de 2003.
14. Findley, T. M., Daum, M. C., and Stineman M. G. 1991. *Research in physical medicine and rehabilitation: VII. The Role of the Principal Investigator.* *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation.* 8 p. <http://www.physiatry.org/docs/pmr-vii.pdf>. Fecha de recuperación: 9 de mayo de 2003.
15. Hyde, C., Parkes, J., Deeks, J., and Milne, R. 2000. Systematic review of effectiveness of teaching critical appraisal. ICRF/NHS Centre for Statistics in Medicine Institute of Health Sciences. Old Road Headington Oxford OX3 7LF. 136 p. [J.Deeks@icrf.icnet.uk](mailto:J.Deeks@icrf.icnet.uk).
16. Oregon Health Sciences University. 1999. Guidelines and Regulations for Thesis: Preparation and Defense. Oregon Health Sciences University.. School of Medicine. Approved by the Graduate Council. 19 p.
17. Pennsylvania State University. 2000 – 2001. Thesis guide. Requirments and guidelines for the preparation of Master's and Doctoral Theses. The Graduate School. Pennsylvania State University. University Park, PA. 26 p. e-mail: [gradthesis@psu.edu](mailto:gradthesis@psu.edu)
18. University of California, Los Angeles. 2001. Policies and Procedures for Thesis and Dissertation Preparation and Filing. 32 p.
19. Howard University. 2002. Thesis and Dissertation Manual. The Graduate School. Howard University.

20. University of California, Irvine. 2002 – 2003. Thesis and Dissertation Manual Manuscript Preparation Procedures for Master's Theses and Ph.D. Dissertations. University Archives, The UC Irvine Libraries and Office of Research and Graduate Studies. University of California, Irving. 46 p.
21. Colorado State University. 2003. Thesis Manual Graduate School. A guide to the preparation and submission of thesis and dissertation manuscripts. Fort Collins, Colorado. 23 p.
22. Georgia Institute of Technology. 2003. Graduate Thesis/Dissertation Guidelines & Procedures. Office of Graduate Studies & Research. Georgia Institute of Technology. 40 p.
23. University at Buffalo. (s/f). Guidelines for Graduation and Theses and Dissertation Preparation. University at Buffalo State University of New York. 19 p. <http://www.grad.buffalo.edu>. Fecha de recuperación mayo de 2003.
24. Abbagnano, N. 1996. Diccionario de Filosofía. XIII reimpresión. Fondo de Cultura Económica. México. D. F. 1206 p.
25. Morgan State University. (s/f). School of Graduate Studies. Handbook for Dissertations and theses. Baltimore, Maryland. [gradschool@morgan.edu](mailto:gradschool@morgan.edu).
26. Smatresk, N. s/f. Master's Degree Plan. Science Education. 4 p. [www.uta.edu/cos](http://www.uta.edu/cos). Fecha de recuperación: 23 de marzo de 2003.
27. North Carolina State University. (s/f). Thesis and Dissertation Guide. 26 p.
28. Texas Woman's University. Guide To The Preparation And Processing Of Dissertations, Theses, and Professional Papers. The Graduate School. Texas Woman's University. Denton, Texas 76204. 33 p.
29. Eyres, G. W. 1999. Thesis and Dissertation Manual of Style. The Graduate School. The University of Texas at Arlington. 36 p.
30. Cornell University (CU). 2003. Graduate School. Application guidelines. New York. 7 p.
31. Garfield, E. 1974. Why don't we have science reviews? *Essays of an Information Scientist*. 2(46):175-176.
32. Glick, A. 2001. Mentoring students in research: The literature review process. *Perspective on Physician Assistant Education*. 12(3):187-191.
33. Findley, T. M., Daum, M. C., and Macedo, J. A. 1991a. Research in physical medicine and rehabilitation: VI. Research Project Management. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 13 p. <http://www.physiatry.org/docs/pmr-vi.pdf>. Fecha de recuperación: 9 de mayo de 2003.
34. Findley, T. M., and Daum, M. C. 1991. Research in physical medicine and rehabilitation: III. The Chart Review or How to Use Clinical Data for Exploratory Retrospective Studies. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 9 p. <http://www.physiatry.org/docs/pmr-iii.pdf>. Fecha de recuperación: 9 de mayo de 2003.
35. Davis, A. M., and Findley, T. M. 1991. Research in physical medicine and rehabilitation: X. Information Resources. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 18 p. <http://www.physiatry.org/docs/pmr-x.pdf>. Fecha de recuperación: 9 de mayo de 2003.
36. Lewis, R. 1999. Broader Ph. D. Training can benefit science and society. *The Scientist*. 13(3):1.
37. Jornet, J., Perales, M. J., y Pérez, A. s/f. Evaluación, acreditación y certificación de la formación profesional, ocupacional y continua: unas notas para la reflexión. *Comité Económico y Social de la Comunidad Valenciana*. 15 p. España. [http://www.ces-cv.es/articulos\\_revista/Revista\\_24/art1-rev24.pdf](http://www.ces-cv.es/articulos_revista/Revista_24/art1-rev24.pdf). Fecha de recuperación: 15 de abril de 2003.
38. Michel, A. 1996. La educación de un sistema complejo: la educación nacional. *Revista Iberoamericana de Educación*. Organización de Estados Americanos, para la educación la ciencia y la cultura. 10:13-36. Fecha de recuperación: 25 de marzo de 2003. <http://www.campus-oei.org/revista>.
39. Bunge, M. s/f. La ciencia: su método y su filosofía. Ed. Logos. Medellín, Colombia. 110 p.