



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL  
DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**FERTILIZACIÓN ORGÁNICA-MINERAL EN EL  
CULTIVO DE FRESA, Y EVALUACIÓN DE  
SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE LOMBRIZ  
(*Eisenia foetida* Sav.)**

**CARLOS OSVALDO ROMERO ROMANO**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**

PUEBLA, PUEBLA

2011



## **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUE- 43-2-03 ANEXO

### **CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Carlos Osvaldo Romero Romano** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Juventino Ocampo Mendoza** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Fertilización orgánica-mineral en el cultivo de fresa, y evaluación de sustratos para la producción de lombriz (*Eisenia foetida* Sav.)** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 23 de noviembre de 2011.

Carlos Osvaldo Romero Romano

Firma

Dr. Juventino Ocampo Mendoza

Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis

La presente tesis, titulada: **Fertilización orgánica-mineral en el cultivo de fresa, y evaluación de sustratos para la producción de lombriz (*Eisenia foetida* Sav.)**, realizada por el alumno: **Carlos Osvaldo Romero Romano**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



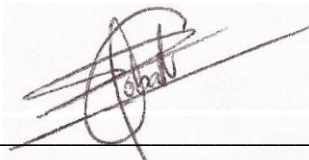
DR. JUVENTINO OCAMPO MENDOZA

ASESOR:



DR. ENGELBERTO SANDOVAL CASTRO

ASESOR:



DR. J. REFUGIO TOBAR REYES

Puebla, Puebla, diciembre de 2011

# FERTILIZACIÓN ORGÁNICA-MINERAL EN EL CULTIVO DE FRESA, Y EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE LOMBRIZ (*Eisenia foetida* Sav.)

Carlos Osvaldo Romero Romano, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2011

Actualmente el uso excesivo de fertilizantes sintéticos en la producción agrícola y el mal uso de estiércoles generados en las actividades pecuarias, ha generado una serie de problemas ambientales en todo el mundo, ejemplo de esto es la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por efecto de elementos como nitrógeno, en forma de nitrato, y fósforo, como fosfato, a la vez que cationes como potasio ( $K^+$ ), magnesio ( $Mg^{++}$ ), etc. Por otro lado, el uso excesivo de fertilizantes genera el empobrecimiento de los suelos agrícolas; debido a la pérdida de materia orgánica y la biota del suelo. Con base a esta problemática, en este trabajo se presentan tres investigaciones; que pueden resultar como alternativas para la reducción del uso de fertilizantes sintéticos y el mejor uso de los abonos orgánicos. En las que se analiza dos sistemas de producción con fertilización orgánica y orgánica-mineral del cultivo de fresa; utilizando vermicomposta y biofertilizantes. Además de evaluar la utilización de sustratos orgánicos como excretas de ganado vacuno y ovino, y cascarilla de cacahuate; solos o combinados, para la producción de vermicomposta y lombriz. En los resultados obtenidos en dichos trabajos se encontró que la producción de lombriz fue mejor en tratamientos donde se combinaron los sustratos, obteniendo una producción por  $m^3$  de 197,330 lombrices la cual se encuentra dentro de las medias de población reportadas por otros autores. En el caso de los trabajos donde se probó la fertilización orgánica y orgánica-mineral en el cultivo de fresa se encontraron resultados diferentes ya que en el trabajo titulado “Efecto de la aplicación de vermicomposta; proveniente de diferentes sustratos, en la producción de fresa”, la fertilización orgánica generó mayores rendimientos y calidad de fruto; a diferencia del trabajo “Fertilización orgánica – mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) bajo condiciones de invernadero” en donde la fertilización orgánica-mineral presentó la mejor calidad de fruto y el mayor rendimiento. Por lo que es necesario seguir realizando investigaciones en donde se prueben estos sistemas de producción.

Palabras clave: Alternativas, contaminación, medio ambiente.

ORGANIC-MINERAL FERTILIZATION IN THE STRAWBERRY CROP, AND  
EVALUATION OF SUBSTRATES TO THE PRODUCTION OF EARTHWORM (*Eisenia  
foetida* Sav.)

Carlos Osvaldo Romero Romano, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2011

Currently, the excessive use of synthetic fertilizers in agricultural production and the misuse of manure generated by livestock activities has generated a series of environmental problems worldwide, example of this is the contamination of surface water, groundwater as a result of elements as nitrogen, as nitrate and ammonium, and phosphorus, as phosphate, while cations such as potassium ( $K^+$ ) magnesium ( $Mg^{++}$ ), and so on. On the other hand, excessive use of fertilizers generates the impoverishment of agricultural soils, the effect of the loss of organic matter and soil biota. Based on this problem, this paper presents three studies, which can be alternatives for reducing the use of synthetic fertilizers and better use of organic fertilizers. In both experiments was analyzed organic and organic-mineral fertilization crop of strawberry using vermicompost and biofertilizers. In addition to evaluating the use of organic substrates such as manure from cattle and sheep, and peanut hulls (substrates present in the municipalities where it carried out the experiments), alone or in combination for the production of vermicompost and earthworm. In this work it was found that earthworm production was better in treatments in which the substrates, resulting in a production of 197.330  $m^3$  worms which is within the population means reported by other authors. For works where organic and organic-mineral fertilization was tested in the cultivation of strawberries and found different results in the paper entitled "Effect of vermicompost application; from different substrates in the production of strawberry", where organic fertilization generates higher yields and fruit quality, unlike the work "Organic and organic-mineral fertilization in the production of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) under greenhouse conditions" where organic-mineral fertilization presented the best fruit quality and higher yield. As necessary, conduct further research where these production systems.

Key words: Alternatives, environment, pollution.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada; a mi persona, para financiar mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados (COLPOS) por el apoyo económico otorgado para la presentación de trabajos en congresos y en parte de la realización del proyecto de investigación.

Al Dr. Juventino Ocampo Mendoza quien fungió como consejero y director de tesis, agradezco el tiempo, esfuerzo, disponibilidad, dedicación y consejos que me brindo desde el primero hasta el último día de mi estancia en el COLPOS.

A los doctores Engelberto Sandoval Castro y Refugio Tobar Reyes por su participación como asesores de los experimentos que conforman los capítulos de este documento, además de compartir su tiempo, paciencia, disponibilidad e interés durante la elaboración del proyecto de investigación.

A la Dra. María Ester Méndez Cadena por su disposición a escuchar, orientar y aconsejarme durante mi estadía en el COLPOS.

Al señor Rufino Alonso Soto y a su familia por abrirme las puertas de su casa y por el apoyo otorgado a mi persona para la realización de uno de los trabajos presentados en este documento.

Y por último, a todos los doctores con los que tuve la oportunidad de tomar clases, por su contribución en mi formación profesional y personal.

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, ya que gracias a él, que me dio la vida, me da salud, me abre las puertas necesarias para seguir adelante y me ayuda a no claudicar. Es que hoy termino una etapa más de mi vida que se ve culminada con este documento.

A mi mamá por su amor infinito y por ser un ejemplo de dedicación, superación, tenacidad, sacrificio y esfuerzo. Además de que me ha enseñado el valor del trabajo arduo que debemos de realizar para alcanzar las metas que uno se propone en la vida. Por confiar en mí, gracias. Te amo mucho.

A mis abuelos Socorro y David que son como mis segundos padres les dedico este trabajo y les agradezco el amor que me han demostrado durante toda mi vida.

A mi hermano Beto por ser la persona con la que crecí, me formé y con la que he compartido y compartiré muchos momentos en mi vida.

A todos mis tíos y primos también les dedico esto ya que de una u otra manera me han ayudado a ser lo que hasta ahora soy, gracias por su cariño y respeto, y gracias por todos los momentos bonitos que hemos compartido junto.

A todos ustedes, muchas gracias.

## CONTENIDO

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| <b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....  | <b>1</b>    |
| Naturaleza y enfoque del proyecto.....   | <b>1</b>    |
| Impacto de los fertilizantes químicos y abonos orgánicos en el suelo, aguas superficiales y subterráneas.....  | <b>1</b>    |
| Importancia del cultivo de fresa y su problemática actual en México.....   | <b>3</b>    |
| Estrategia de Investigación.....   | <b>5</b>    |
| Características de los municipios de Atlixco y Huaquechula, Puebla.....  | <b>6</b>    |
| Literatura citada.....   | <b>8</b>    |
| <b>CAPITULO 1. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA – MINERAL Y ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE FRESA (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO</b> ..... | <b>12</b>   |
| 1.1 Resumen.....   | <b>12</b>   |
| 1.2 Abstract.....  | <b>13</b>   |
| 1.3 Introducción.....  | <b>14</b>   |
| 1.4 Materiales y métodos.....  | <b>16</b>   |
| 1.5 Resultados y discusión.....  | <b>17</b>   |
| 1.6 Conclusiones.....  | <b>23</b>   |
| 1.7 Literatura citada.....   | <b>23</b>   |
| <b>CAPITULO 2. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE VERMICOMPOSTA; PROVENIENTE DE DIFERENTES SUSTRATOS, EN LA PRODUCCIÓN DE FRESA</b> .....                              | <b>27</b>   |
| 2.1 Resumen.....   | <b>27</b>   |
| 2.2 Abstract.....  | <b>28</b>   |
| 2.3 Introducción.....  | <b>28</b>   |
| 2.4 Materiales y métodos.....  | <b>30</b>   |
| 2.5 Resultados y discusión.....  | <b>32</b>   |
| 2.6 Análisis económico.....  | <b>36</b>   |



|   |           |
|---|-----------|
| 2.7 Conclusiones.....                                       | 37        |
| 2.8 Literatura citada.....                                  | 38        |
| <b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>                          | <b>41</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>                                 | <b>41</b> |
| <b>ESTRATEGIA DE DIVULGACIÓN.....</b>                       | <b>42</b> |
| <b>ANEXO. EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE</b> |           |
| <b>LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (<i>Eisenia foetida</i></b>    |           |
| <b><i>Sav.</i>).....</b>                                    | <b>45</b> |
| 1.1 Resumen.....  | 45        |
| 1.2 Abstract.....   | 46        |
| 1.3 Introducción.....                                       | 47        |
| 1.4 Materiales y métodos.....                               | 49        |
| 1.5 Resultados y discusión.....                             | 50        |
| 1.6 Conclusiones.....                                       | 55        |
| 1.7 Literatura citada.....                                  | 55        |

## LISTA DE FIGURAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| <b>Figura 1.</b> Ubicación de los municipios Atlixco y Huaquechula, Puebla.....                              | <b>7</b>    |
| <b>Figura 2.</b> Comportamiento mensual del peso de frutos de fresa por m <sup>2</sup> .....                 | <b>34</b>   |
| <b>Figura 3.</b> Medias de 11 muestreos por tratamiento para la variable población de lombrices jóvenes..... | <b>49</b>   |
| <b>Figura 4.</b> Medias de 11 muestreos por tratamiento para la variable población de lombrices adultas..... | <b>50</b>   |
| <b>Figura 5.</b> Medias de 11 muestreos por tratamiento para la variable población total de lombrices.....   | <b>51</b>   |
| <b>Figura 6.</b> Población de lombrices por m <sup>3</sup> .....   | <b>52</b>   |

## LISTA DE CUADROS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| <b>Cuadro 1.</b> Medias de los 24 tratamientos para la variable número y tamaño de estolones.....   | <b>18</b>   |
| <b>Cuadro 2.</b> Comparación de medias semanales, por periodo y total, de la variable número de frutos por planta.....  | <b>20</b>   |
| <b>Cuadro 3.</b> Comparación de medias para las variables diámetro polar y ecuatorial.....  | <b>21</b>   |
| <b>Cuadro 4.</b> Comparación de medias semanales, por periodo y peso total de frutos de fresa.....  | <b>22</b>   |
| <b>Cuadro 5.</b> Comparación de medias de variables físicas de fruto.....   | <b>33</b>   |
| <b>Cuadro 6.</b> Comparación de medias semanales por planta y m <sup>2</sup> para las variables, número de estolones, número de frutos y peso de frutos de fresa..... | <b>35</b>   |
| <b>Cuadro 7.</b> Costos de inversión para el módulo de producción de fresa.....   | <b>36</b>   |
| <b>Cuadro 8.</b> Costos operacionales del módulo de producción de fresa.....  | <b>37</b>   |
| <b>Cuadro 9.</b> Rentabilidad del sistema de producción de fresa.....   | <b>37</b>   |
| <b>Cuadro 10.</b> Medias de temperatura por tratamiento.....  | <b>53</b>   |

## **INTRODUCCIÓN GENERAL**

### **Naturaleza y enfoque del proyecto**

El trabajo se realiza bajo el enfoque de desarrollo local, el cual busca potenciar la utilización de los recursos endógenos del territorio y la interacción con el exterior en sus diversos ámbitos y actores sociales participantes para la mejora del nivel de vida de la población local, aludiendo no solo a cuestiones económicas, sino que también a las dimensiones social, ambiental, cultural e institucional (Garofoli, 1994; Albuquerque, 2003). El ámbito local sin duda es el lugar donde es necesario buscar respuestas concretas para la superación de la pobreza, para el emprendimiento de nuevas actividades productivas que incorporen los avances tecnológicos más recientes, para la generación de empleo, en definitiva, para el fortalecimiento de nuevos estilos de desarrollo originados desde la base (Romero, 2006).

Aunado al desarrollo sostenible, cómo una estrategia en la que se promueve el respeto por la vida, la naturaleza, el planeta, la cultura y la historia de los pueblos. Considera a la biodiversidad como una riqueza y un recurso. Su principal objetivo es elevar la calidad de vida del ser humano a través de analizar, en un mismo nivel de importancia, los factores económico, humano, tecnológico y ambiental, por lo que se requiere entre otras consideraciones: un sistema de producción que cumpla con el imperativo de preservar el medio ambiente, y un sistema tecnológico capaz de investigar constantemente nuevas soluciones (Ramírez *et al.*, 2004). Tratando de satisfacer las necesidades actuales de la población sin comprometer a las futuras generaciones. Dentro de la dimensión ambiental, está implícito el cuidado, la protección y la restauración del medio ambiente para contrarrestar las tendencias que amenazan la vida en el planeta (GRUPEDSAC, 2003), como lo es el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, deterioro de recursos naturales como suelo y agua, crisis alimentarias, etc.

### **Impacto de los fertilizantes químicos y abonos orgánicos en el suelo, aguas superficiales y subterráneas**

En las últimas décadas, gracias al desarrollo tecnológico (iniciado con la revolución verde) reflejado en la aplicación de semillas mejoradas, fertilizantes químicos, pesticidas y herbicidas, monocultivos, etc., para la producción agrícola, se logró que ésta incrementara

considerablemente su nivel de producción; de tal forma que se consiguió un aumento significativo tanto en alimentos básicos como en otros productos agrícolas; aunque a un costo ambiental muy elevado, ya que el uso excesivo de fertilizantes en los últimos 50 años ha generado problemas de fertilidad de suelos y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas de todo el mundo.

La contaminación de las aguas superficiales (eutrofización) da lugar, por ejemplo, al crecimiento explosivo de algas, que ocasiona trastornos en el equilibrio biológico (incluyendo mortandades de peces). Así ocurre tanto en las aguas continentales (acequias, ríos, lagos) como costeras. En todos los países, el agua subterránea es una reserva importante de agua potable. Y lamentablemente, en varias zonas, este recurso hídrico está contaminado hasta el punto de que ya no reúne las condiciones establecidas en las normas actuales para el consumo humano (Conway y Pretty, 1991; FAO, 1997). Los principales contaminantes producidos por los fertilizantes son los iones nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ), y de estos fertilizantes la planta solo absorbe la mitad al año (Vogel y Rivas, 1997 y Martínez *et al.*, 2005).

Y no solamente los fertilizantes sintéticos son fuente de contaminación; sino que también existen graves problemas asociados a la aplicación de fertilizantes orgánicos principalmente, el estiércol producido por el ganado vacuno, porcino y aves de corral (Herreo y Gil, 2008). Ya sea por efecto de aplicaciones sin un proceso de precomposteo, aplicaciones excesivas, por los procesos de escorrentía superficial e infiltración; hacia aguas subterráneas y superficiales, directamente desde las granjas de producción intensiva o por la volatilización del amoníaco, que agrava la acidificación de la tierra y del agua (De la Fuente y Suarez, 2008). Lo que constituye un grave peligro para la calidad del agua en gran parte del mundo.

Al ver toda esta problemática, generada por la agricultura moderna se han empezado a retomar otras técnicas de fertilización de suelo, una de ellas es el vermicomposteo. La cual, a diferencia del proceso de composteo tradicional que se basa en la bioxidación acelerada de la materia orgánica conforme pasa a través de una etapa termofílica (Pretty, 2000). Esta utiliza otro proceso biológico que incluye el empleo de lombrices de tierra (*Eisenia foetida* Sav.) para facilitar la descomposición y estabilización de los residuos orgánicos.

Hoy en día existen diversas evidencias de que las lombrices de tierra provocan diferentes efectos benéficos, físicos, químicos y biológicos, sobre los suelos; además, diversos investigadores han demostrado que estos efectos pueden incrementar el crecimiento de la planta y el rendimiento de los cultivos, tanto en ecosistemas naturales como en los ecosistemas manejados. Estos efectos se han atribuido al mejoramiento de las propiedades físicas 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 (Atiyeh *et al.*, 2002; Eghball *et al.*, 2004). Aunado a esto, la lombricultura permite incrementar la cantidad de nutrimentos presentes en los diferentes sustratos con los que se alimenta a la lombriz, además de reducir la contaminación originada por la mala aplicación de estiércoles frescos al suelo.

En gran parte de los traspacios del país; derivado de la producción agrícola y la crianza de ganado vacuno, ovino, caprino, etc., se cuenta con una gran gama de materiales orgánicos (esquilmos de cosecha y excretas de animales) que son susceptibles de transformación en vermicomposta. No obstante, en México hace falta que esta riqueza ya disponible para beneficio de la familia campesina, se estudie desde una base científica, es decir, maximizar los recursos disponibles en el campo, con el propósito de contribuir a la producción sostenible de cultivos.

### **Importancia del cultivo de fresa y su problemática actual en México**

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) se ha cultivado desde hace varios siglos en Europa, Asia y los Estados Unidos de América, constituyéndose como una de las principales frutas de consumo de los países desarrollados. Si bien la fresa ocupa menos del 1% de la superficie total del país dedicada a la agricultura, tiene un lugar importante por el papel económico a nivel regional y nacional. Ya que es una de las cadenas productivas más importantes, esta condición es debido al valor de la producción estimado en poco más de mil 200 millones de pesos, aunado a la generación de un importante número de empleos anuales y a las grandes inversiones que se canalizan para su producción, sobre todo si se considera que el cultivo de fresa es una de las actividades más costosas, pero también de las que más reeditúan (COFUPRO, 2003).

Es importante señalar que nuestro país había ocupado el cuarto lugar en la producción mundial; sin embargo, para el año 2009 México pasó a ocupar el séptimo lugar debido a una disminución en la superficie cultivada. Siendo los principales estados productores: Michoacán (69, 699 ton), Baja California (57, 913 ton) y Guanajuato (20, 258 ton) (SAGARPA, 2009). Aunado a esto la producción de fresa en los últimos años; en la región del Bajío donde se encuentran dos de los tres principales estado productores de este cultivo (Michoacán y Guanajuato), ha ido en decremento. Esto debido a diferentes factores como: altos costos de producción, alta incidencia de plagas y enfermedades, problemas de contaminación de suelo y agua de riego y acceso limitado a los créditos de financiamiento (Barrera y Sánchez, 2003; SAGARPA, 2009). Esta grave situación impacta negativamente a los pequeños y medianos productores, quienes no pueden competir con los grandes productores; debido a sus bajos niveles de rentabilidad y productividad.

Es por lo anterior, que sumado a un bajo nivel de competitividad y un alto potencial de mercado, resulta conveniente la búsqueda de nuevas regiones en las que este cultivo pueda adaptarse y ser aceptado por los productores; convirtiéndose en una fuente complementaria de ingresos de las familias de los agricultores de la región. Esto, sin dejar a un lado los cultivos tradicionales; como cacahuete (*Arachis hypogaea* L.), jícama (*Pachyrhizus erosus* L.), Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), etc., para el caso del municipio de Huaquechula. Por otra parte, el traspatio como un sistema de producción de cultivos en unidades de producción pequeñas, es otra alternativa en donde se podría incorporar el cultivo de la fresa. Además, para que esto sea un éxito entre los productores, es necesaria la generación de nuevas tecnologías que contribuyan a mejorar los sistemas de producción de este cultivo, tratando de lograr la sostenibilidad de los mismos a mediano y largo plazo. Por esta razón, es que en dos de los tres trabajos que conforman esta investigación (Capítulo 1 y 2) se prueban diferentes sistemas de producción, los cuales pudieran resultar como futuras innovaciones que contribuyan a incrementar la producción, obtener frutos de mejor calidad he inocuos, conservar la salud del suelo y mantos acuíferos y reducir costos de producción, utilizando insumos presentes en la región.

En este documento también se presenta un trabajo titulado “Evaluación de sustratos para la producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.)”, en el que se evalúan diferentes sustratos; presentes en la región de estudio (cascarilla de cacahuete, excretas de ganado vacuno

y ovino), con la finalidad de generar conocimiento sobre la capacidad de la lombriz para reproducirse. La cual puede utilizarse en la producción avícola, piscícola o como pie de cría, generando así ingresos adicionales a los productores.

Asimismo es importante conocer la capacidad que tienen las lombrices en transformar los esquilmos de cosecha y materiales excretados por el ganado para la generación de vermicomposta, para ser utilizada como fuente de nutrientes para el cultivo de fresa y generador de microorganismos benéficos para el suelo, lo que podría ayudar a sostener los sistemas productivos de familias con espacios de tierra muy reducida en nuestro país y en otras regiones del mundo.

Debido a que este trabajo fue presentado en el VI Congreso Nacional de Agricultura Sostenible, realizado en la ciudad de San Luis Potosí los días 11 y 12 de noviembre; y siguiendo con las especificaciones de la Guía para la organización y presentación de la Tesis (COLPOS, 2007) para el Colegio de Postgraduados, este artículo no puede ser presentado como “Capítulo”, por lo que el texto completo se encuentra en el Anexo de este documento.

### **Estrategia de Investigación**

La información descrita anteriormente muestra un panorama general de la problemática mundial relacionada con la contaminación de suelo, aguas superficiales y subterráneas, la problemática agrícola presente en los municipios de Atlixco y Huaquechula, Puebla. Y la situación actual del cultivo de fresa en México. Actualmente se cuestiona el uso de los fertilizantes nitrogenados en cantidades mayores a las necesidades de N de la planta, lo que conlleva a un aumento de nitratos que pueden infiltrarse al subsuelo, o escurrir superficialmente, contaminando mantos acuíferos. Una estrategia para resolver estos problemas son: etapa fenológica del cultivo en la que se fertiliza, fraccionamiento de los fertilizantes, la eficiencia del nutriente en la planta, el uso de diferentes sustratos en el sistema, etc.

Por todo lo anterior, es importante generar alternativas; desde una base científica aplicada a las condiciones locales, que contribuyan a la producción sostenible de cultivos, en donde el impacto ambiental negativo sea menor, y en el cual los productores y sus familias obtengan mayores ingresos por concepto de la agricultura. Utilizando recursos con los que el campesino ya cuenta.



Para lograr esto se plantean tres líneas de acción: 1. Aprovechamiento de diferentes sustratos orgánicos presentes en la región (cascarilla de cacahuete, estiércol de ganado vacuno y ovino) para la producción de vermicomposta y lombriz; 2. Introducción de cultivos con mayor demanda y valor económico (Fresa); 3. La utilización de vermicomposta y otros biofertilizantes, además del uso de tecnologías agrícolas como invernaderos, malla sombra, sistemas de riego y cubiertas vegetales.

Ante estas acciones propuestas, surgen una serie de interrogantes:

¿Serán las excretas de ganado ovino, vacuno y la cascarilla de cacahuete una buena opción para producir vermicomposta y lombriz?

¿El cultivo de fresa se adaptará a las condiciones edafoclimáticas de la región?

¿El cultivo de fresa será redituable para los productores de la región?

¿La fertilización del cultivo de fresa con vermicomposta y otros biofertilizantes, será suficiente para cubrir las necesidades nutrimentales de la planta, generando mayores rendimientos y calidad de fruto?

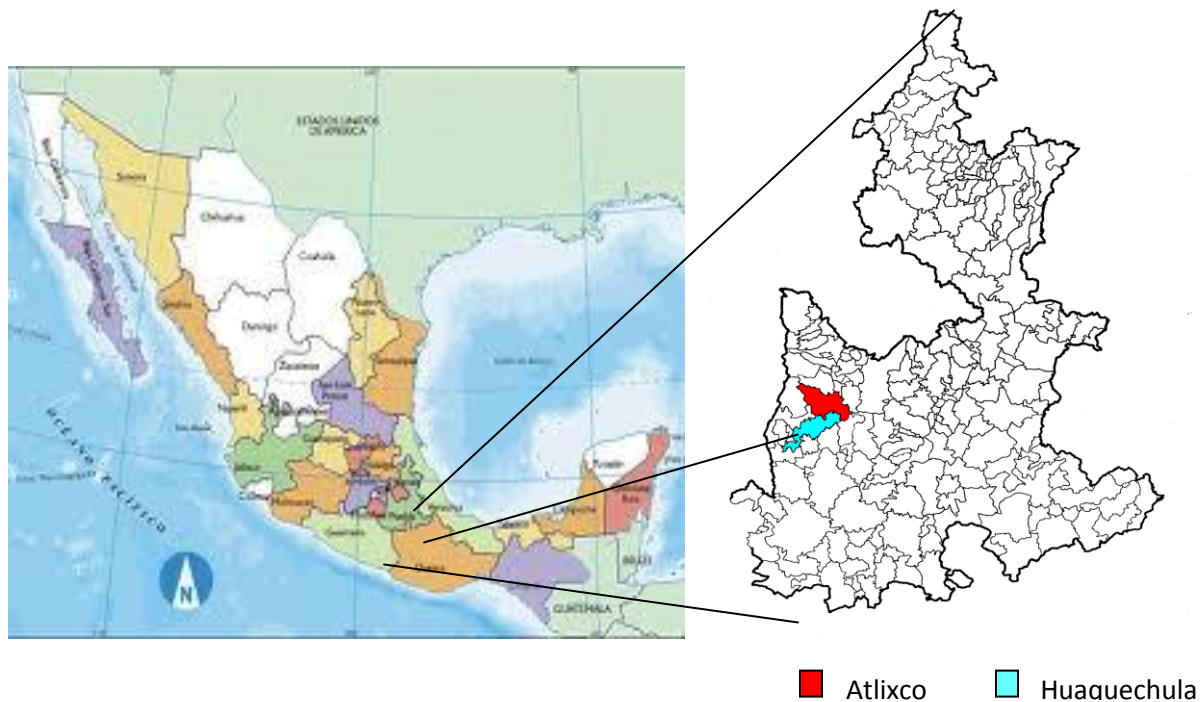
¿La utilización de tecnologías agrícolas, ayudará a obtener mejor rendimiento y fruta de mejor calidad?

Para abordar y contestar estas preguntas se toman en consideración los siguientes elementos: a) revisión de las experiencias científicas y empíricas generadas para la producción de vermicomposta y lombriz como base para la investigación, b) diseño e implementación de trabajos de investigación para la producción de vermicomposta y lombriz, y conocer el efecto que tiene la aplicación de vermicomposta y biofertilizantes en rendimiento y calidad de fruto de fresa, c) análisis de resultados, d) al final de la investigación proponer la aplicación de los resultados obtenidos y recomendaciones precisas para parcelas de traspatio con los agricultores y la familia rural.

### **Características de los municipios de Atlixco y Huaquechula, Puebla**

Las investigaciones tituladas “Fertilización orgánica – mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) bajo condiciones de invernadero” y “Evaluación de sustratos para

la producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.)” se realizaron en el municipio de Atlixco, Puebla. De acuerdo con la información de INEGI (2009), el municipio de Atlixco se localiza en la parte Oeste del Estado de Puebla. Entre los paralelos 18° 48’ y 19° 00’ de latitud norte; los meridianos 98° 19’ y 98° 36’ de longitud oeste; altitud entre 1 600 y 3 000 m (Figura 1). Colinda al norte con los municipios de Tochimilco, Tianguismanalco y Santa Isabel Cholula; al este con los municipios de Santa Isabel Cholula, Ocoyucan, Teopantlán y San Diego la Mesa Tochimiltzingo; al sur con los municipios de San Diego la Mesa Tochimiltzingo, Huaquechula y Atzizihuacán; al oeste con los municipios de Atzizihuacán y Tochimilco. Tiene una superficie de 229.22 kilómetros cuadrados, ocupando el 0.9% de la superficie del estado. Cuenta con 150 localidades y una población total: 122 149 habitantes.



**Figura 1.** Ubicación de los municipios Atlixco y Huaquechula, Puebla.

El municipio de Atlixco pertenece a la región hidrográfica Balsas (100%), a la cuenca del río Atoyac (100%) y a la subcuenca del río Nexapa (100%), las corrientes perenes de agua que cruzan el municipio descienden de la Sierra Nevada, destacando el río La Leona, Nexapa y El Cuescomate. En el municipio pueden identificarse cuatro tipos de clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (35%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano,

de humedad media (34%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (23%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (7%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano (1%). La precipitación pluvial media anual es de 1100 mm y la temperatura media anual de 16 °C. En cuanto al uso del suelo, Agricultura 69% se destina a la agricultura, 15% es vegetación (13% bosque, 1% pastizal, 2% otros) y 15% es zona urbana. Los tipos de suelo presentes en el municipios son: 36 % Fluvisol, 17% Phaeozem, 12 % Leptosol, 12% Arenosol, 5% Regosol, 1% Durisol, 1% Andosol y 1% No aplicable (INEGI, 2009).

La investigación titulada “Efecto de la aplicación de vermicomposta; proveniente de diferentes sustratos, en la producción de fresa” se realizó en el municipio de Huaquechula, Puebla. El municipio de Huaquechula se localiza en la parte Oeste del Estado de Puebla. Entre los paralelos 18° 39’ y 18° 52’ de latitud norte; los meridianos 98° 22’ y 98° 41’ de longitud oeste; altitud entre 1 200 y 2 100 m (Figura 1). Colinda al norte con los municipios de Atzitzihuacán y Atlixco; al este con los municipios de Atlixco, San Diego la Mesa Tochimiltzingo y Tepeojuma; al sur con los municipios de Tepeojuma, Tlapanala y Tepexco; al oeste con los municipios de Tepexco, Acteopan, Tepemaxalco y Atzitzihuacán. Tiene una superficie de 223.25 kilómetros cuadrados ocupando el 0.68% de la superficie del estado. Cuenta con 56 localidades y una población total de 25 425 habitantes (INEGI, 2009).

De acuerdo a la información del INEGI (2009), el municipio de Huaquechula pertenece a la región hidrográfica Balsas (100%), a la cuenca del río Atoyac (100%) y a la subcuenca del río Nexapa (100%), las corrientes de agua permanentes que cruzan el municipio descienden de la Sierra Nevada, destacando el río Grande, Ahuehuello, Matadero, Atila y Nexapa. En el municipio pueden identificarse cuatro tipos de clima: Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (52%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (29%), cálido subhúmedo con lluvias en verano (15%) y templado subhúmedo con lluvias en verano (4%). La precipitación pluvial media anual es de 950 mm y la temperatura media anual es de 24 °C. En cuanto al uso del suelo, 64% es destinado a la actividad agrícola, 34% es vegetación (selva baja caducifolia 18%, bosque 7%, otro 5% y pastizal 4%) y 2% zona urbana. En cuanto a la variedad de suelos se identifican los siguientes: Leptosol (35%), Fluvisol (31%), Phaeozem (17%), Cambisol (12%), Gypsisol (2%) y Calcisol (1%).

## Literatura citada

- Albuquerque, F. 2004. Desarrollo económico local y descentralización. Revista de la CEPAL N° 82, abril.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q. and Metzger, J. D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores. Technol.* 84: 7-14.
- Barrera, G., y Sánchez, C. 2003. Caracterización de la cadena agroalimentaria/agroindustrial nacional, identificación de sus demandas tecnológicas: Fresa. En línea: <http://www.snitt.org.mx/pdfs/demanda/fresa.pdf>, consultada el día 8 de febrero del 2011.
- Conway, G. and Pretty J. 1991. *Unwelcom Harvest: Agriculture and Pollution*. London, UK: Earthscan.
- COLPOS. 2007. Guía para la organización y presentación de la tesis. 34p.
- De la Fuente, E. y Suárez S. 2008. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecol. Aust.* 18:235-252.
- Eghball, B., D. Ginting and J. E. Gilley. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal* 96: 442-447.
- FAO. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO: Riego y drenaje – 55. FAO. En línea: <http://www.fao.org/docrep/W2598S/W2598S00.htm>, consultado el 12 de abril de 2011.
- Gorofoli, G. 1994. *Modelos Locales de Desarrollo*, 2da Edición, Milán: Franco Angeli
- GRUPEDSAC. 2003. Reporte de Sistematización del Proyecto: Modelo de Desarrollo Sustentable en una comunidad rural mexicana. pp. 5, 9, En línea: <http://www.redlayc.net/PDF/sistema/grupe-mx.pdf>, consultado el 4 de enero de 2011
- Herrero, M. y Gil S. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Ecol. Aust.* 18:273-289.

- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21069.pdf>, consultado el 30 de julio del 2011.
- Martínez R. J. G., M. Rivera G. y R. Faz C. 2005. Determinación espacial de la vulnerabilidad de un acuífero a ser contaminado por nitratos. *AGROFAZ* 5 (3): 77-84
- Pretty, J. 2000. An assesment of the total external costs of UK agriculture. *The soil association. Agricultural Systems* 65 (2): 113 - 136.
- Ramírez, A., J. M. Sánchez N., A. García. 2004. El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. *Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle* 6: 55-59. En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/342/34202107.pdf>, consultado el 27 de Marzo de 2011.
- Romero, A. 2006. El Desarrollo Local desde una perspectiva de transformación. *Socialismo y Participación* N° 100. Lima: CEDEP, enero, p. 201-211.
- SAGARPA. 2009. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta – SIACON, en línea <http://www.sagarpa.gob.mx>, consultada e 11 de abril del 2011
- Vogel, M. y Rivas, E. 1997. Contaminación, contaminantes y ambiente. Enkerlin, E.C., Cano, G., Garza, R.A., y Vogel, E. En: *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. Internacional Thomson Editores. México, pp. 371-383.



# CAPITULO 1. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA – MINERAL Y ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

## ORGANIC-MINERAL AND ORGANIC FERTILIZATION IN THE STRAWBERRY (*Fragaria x ananassa* Duch.) CROP UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Carlos Osvaldo Romero-Romano<sup>1</sup>; Juventino Ocampo-Mendoza<sup>1</sup>; Engelberto Sandoval-Castro<sup>1</sup> y J. Refugio Tobar-Reyes<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km 125.5 Carr. Fed. Méx.-Pue. C.P. 72760, Puebla, Pue. Apartado Postal 2-12, Colonia la Libertad C.P. 72130.<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Agrohídrica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Domicilio conocido, San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla

### 1.1 Resumen

Una buena combinación de abonos orgánicos y fertilizantes minerales puede permitir una reducción en el uso de agroquímicos, en beneficio del ambiente y de la salud de los consumidores, al obtenerse cosechas y productos inocuos y con menor contenido de residuos químicos. En el presente trabajo, se valorará el efecto de la fertilización orgánica y orgánica mineral en el cultivo de fresa cv. Festival, con un diseño de tratamientos factorial  $3 \times 2^3$  con un total de 24 tratamientos en un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones, en condiciones de invernadero en Atlixco, Puebla. Los factores y sus niveles de estudio fueron: fertilización química (**FQ**), a tres niveles de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O: 0-0-0, 45-20-20 y 90-35-35 kg ha<sup>-1</sup>; nutriente orgánico comercial (Activador QF<sup>®</sup>) elaborado con ácidos fúlvicos (**AF**) a una concentración de (13.58%) con niveles de estudio 0 y 450 ml ha<sup>-1</sup>; regulador de crecimiento (**RC**) vegetal comercial (Biozyme<sup>®</sup> conformado por 78.87% de extractos vegetales y fitohormonas, y 1.86% de microelementos) a niveles de 0 y 20 l ha<sup>-1</sup> y vermicomposta (**V**) de estiércol vacuno a 50 y 100 g/maceta. El experimento se dividió en dos periodos febrero-mayo y junio-septiembre del 2011. Las aplicaciones de los tratamientos fueron de forma edáfica (FQ y V) y foliar (AF y RC), en ambas etapas las aplicaciones de los tratamientos se realizaron a los 10, 40 y 60 días después del trasplante. Las variables analizadas fueron número de estolones, largo de estolones, diámetro polar, ecuatorial, número y peso de frutos por semana, periodo, y el

total de los dos periodos. Dos veces por semana se contó el número de frutos maduros, se midió el diámetro polar y ecuatorial y se pesaron los frutos. Cada 8 días; a partir de la formación de los primeros estolones, se contaron y midieron. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SAS (SAS, 2004). En el periodo febrero-mayo el tratamiento FQ50-AF1-RC1-V50 presentó diferencias estadísticas (Tukey,  $p \leq 0.05\%$ .) para las variables diámetro polar (2.95 cm), diámetro ecuatorial (3.76 cm), peso de fruto por semana (11.31 g) y periodo (135.69 g). En el periodo junio-septiembre FQ50-AF1-RC1-V50 se observaron diferencias estadísticas para diámetro polar (2.93 cm); FQ100-AF0-RC1-V50 y FQ100-AF1-RC1-V100 registraron diferencias significativas respectivamente para el peso de fruto por semana (7.08 g) y periodo (73.84 g). FQ100-AF0-RC1-V50 logró mayores valores para el peso total de frutos (189.42 g). En ambos periodos, la fertilización orgánica-mineral mostró mejores resultados, en comparación con la fertilización orgánica.

**Palabras clave:** Ácidos fúlvicos, fertilización química, regulador de crecimiento, vermicomposta

## 1.2 Abstract

A good combination of organic fertilizers and mineral fertilizers may allow a reduction in the use of agrochemicals, to benefit the environment and health of consumers, to obtained crops and safe products with lower content of chemical residues. In this paper, we assess the effect of organic fertilization and organic mineral in the cultivation of strawberries cv. Festival in a factorial  $3 \times 2^3$  with 24 treatments in an experimental design in randomized blocks with four replicates under greenhouse conditions in Atlixco, Puebla. The factors and levels of study: chemical fertilization (**FQ**), three levels of  $N-P_2O_5-K_2O$  0-0-0, 45-20-20 and 90-35-35  $kg\ ha^{-1}$  commercial organic nutrient (Activator **QF**<sup>®</sup>) prepared fulvic acid (**AF**) at a concentration of (13.58%) with two levels 0 and 450  $ml\ ha^{-1}$ , growth regulator (**RC**) commercial vegetable (**Biozyme**<sup>®</sup> made up 78.87% of plant extracts and phytohormones, and 1.86% of microelements) at levels of 0 and 20  $l\ ha^{-1}$  and vermicompost (**V**) of cattle manure at 50 and 100  $g/ pot$ . The experiment was divided into two periods from February to May and June to September 2011. The treatments applications were edaphic (QF and V) and foliar (AF and RC) in both stages of treatment applications were made at 10, 40 and 60 days after transplantation. The variables



analyzed were number of stolons, stolon length, diameter and length fruit, number and weight of fruit per week, period, and the total of the two periods. Two twice a week the number of ripe fruits was counted, the diameter and length fruit and weight was measured. Every eight days after the formation of the first stolons, counted and measured. Statistical analysis was performed using the SAS program. In the period from February-May treatment FQ50-AF1-RC1-V50 showed statistically different (Tukey,  $p \leq 0.05\%$ .) for variables length fruit (2.95cm), diameter fruit (3.76 cm), weight of fruit per week (11.31g) and period (135.69 g). In the period from June-September FQ50-AF1-RC1-V50 present statistical differences for length fruit (2.93 cm); FQ100-AF0-RC1-V50 and FQ100-AF1-RC1-V100 showed significant differences, respectively, for the weight of fruit per week (7.8g) and length fruit (73.84 g). FQ100-AF0-RC1-V50 achieves higher values for total fruit weight (189.42 g). In both periods, the organic-mineral fertilizer showed better results compared with organic fertilization.

**Key Word:** Chemical fertilizer, fulvic acids, growth regulator, vermicompost

### 1.3 Introducción

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) se ha cultivado desde hace varios siglos en Europa, Asia y América, constituyéndose como una de las principales frutas de consumo de los países desarrollados. Para nuestro país la fresa es una de las cadenas productivas más importantes, esta condición es debido al valor de la producción estimado en poco más de mil 200 millones de pesos, aunado a la generación de un importante número de empleos anuales. Es importante señalar que nuestro país había ocupado el cuarto lugar en la producción mundial; sin embargo, actualmente ocupamos el séptimo lugar debido a una disminución en la superficie cultivada (SAGARPA, 2009).

El uso excesivo de agroquímicos en la agricultura preocupa a los consumidores a nivel mundial, debido al alto grado de contaminantes que los frutos pudieran contener; además, de los problemas ambientales que estos pueden generar en los suelos agrícolas y aguas (superficiales y subterráneas) del planeta. Para reducir el impacto negativo de los agroquímicos en el medio ambiente y en la inocuidad de los diferentes cultivos, se recomiendan sistemas de producción orgánica u orgánica-mineral que supriman o reduzcan el uso de fertilizantes, insecticidas,

herbicidas, etc. Entre los abonos orgánicos de origen animal o vegetal, la vermicomposta, los biofertilizantes y los ácidos fúlvicos, entre otros, son buenas opciones para complementar la nutrición de los cultivos y así reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos y los costos de producción (Planes *et al.*, 2004; Armenta-Bojorquez *et al.*, 2010).

La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico, tiene alto contenido de ácidos húmicos, aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, la cual facilita la aireación y drenaje del suelo, además de contener una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina, y 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, favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas, incrementa la actividad biótica del suelo y su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas en contra de plagas, enfermedades y organismos patógenos (Atiyeh *et al.*, 2002; McGinnis *et al.*, 2004; Hashemimajd *et al.*, 2004).

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos que pueden ser aplicados al suelo y/o planta. Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son capaces de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fosforo inorgánico y mejorando la tolerancia al estrés hídrico, salinidad, metales pesados y exceso de pesticidas, por parte de la planta y/o poseer la capacidad de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (Bashan y Holguin, 1998; Lucy *et al.*, 2004), dependiendo del grupo de microorganismos al que pertenezcan. Además de mejorar las características físicas del suelo (Eghball *et al.*, 2004; Ma *et al.*, 2003) y controlar algunas enfermedades del suelo que causan la pudrición de raíces, y un aumento en la actividad microbiana (Kannangara *et al.*, 2000; Litterick *et al.*, 2004).

Los ácidos fúlvicos, son resultado de la descomposición química y microbiana que actúa sobre los residuos de plantas y animales (Pereira y Zezzi-Arruda, 2003); estos forman parte de las sustancias húmicas, los cuales promueven la absorción de nutrimentos, y por su poder quelatante favorece la translocación de compuestos indispensables de compuestos indispensables para las plantas. Vía suelo los ácidos fúlvicos contribuyen a la fertilidad, al

mejorar exponencialmente la vida microbiana, mejorando la estructura y la capacidad de intercambio catiónico total (Litterick *et al.*, 2004).

Por estas razones, el objetivo del presente trabajo, fue valorar el efecto que tiene la fertilización orgánica y mineral a base de vermicomposta, regulador de crecimiento de origen vegetal, ácidos fúlvicos y fertilizante químico en el cultivo de fresa; bajo condiciones de invernadero, en dos diferentes épocas del año (enero-abril) y (junio-septiembre). Analizando variables de propagación vegetal (número de estolones y largo de estolones), variables físicas de calidad de fruto (Diámetro ecuatorial y polar) y variables de rendimiento (número y peso fresco de fruto por semana, periodo y total).

## **Materiales y Métodos**

La primera etapa de evaluación se efectuó del 10 de enero al 29 de abril y la segunda etapa del 13 de junio al 2 de septiembre de 2011; en un invernadero ubicado en las instalaciones de la unidad experimental de Atlixco (18°54'32' N 98° 26'16', 1860 msnm) del Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. La temperatura promedio durante la primera etapa fue de 24°C y en la segunda etapa del experimento fue 32°C. Se utilizaron plantas de fresa cultivar “Festival” (número de hojas y tamaño similar), ya que Festival es el cultivar que muestra la mejor adaptación a las condiciones climáticas de la región en estudio.

La unidad experimental consistió de una planta colocada en una maceta de 30 cm de alto y 15 cm de radio. La distancia entre macetas fue de 30 cm y la distancia entre líneas de 60 cm. Se utilizó un diseño de tratamientos factorial 3 x 2<sup>3</sup>, con un diseño experimental en bloques completamente al azar, con un total de 24 tratamientos y cuatro repeticiones de cada uno. Los factores y sus niveles de estudio fueron: fertilización química (**FQ**), a tres niveles de N- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O: 0-0-0, 45-20-20 y 90-35-35 kg ha<sup>-1</sup>, nutriente orgánico comercial (Activador QF<sup>®</sup>) elaborado con ácidos fúlvicos (**AF**) a una concentración de (13.58%) y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> al 1.63% con niveles de estudio 0 y 450 ml ha<sup>-1</sup>; regulador de crecimiento (**RC**) vegetal comercial (Biozyme<sup>®</sup>), conformado por 78.87% de extractos vegetales y fitohormonas (Giberelinas, ácido indolacético y zeatina), 1.86% de microelementos y 19.27% de diluyentes y acondicionadores a niveles de 0 y 20 l ha<sup>-1</sup> y vermicomposta (**V**) de estiércol vacuno a 50 y 100 g/maceta.

Las aplicaciones de los tratamientos fueron de forma edáfica (FQ y V) y foliar (AF y RC). En ambas etapas las aplicaciones de los tratamientos se realizaron a los 10, 40 y 60 días después del trasplante. Una vez que las plantas entraron en la fase productiva, dos veces por semana se contó el número de frutos maduros y se midió con un vernier electrónico digital (Mitutoyo) el diámetro polar y ecuatorial de los frutos cosechados, para posteriormente pesarlos en una balanza electrónica digital (Bizline).

Una vez que se formaron los primeros estolones, se contaron y midieron, posteriormente se marcaron con un listón, para identificar los que ya se habían contado, de los que aparecieron posteriormente. Este mismo procedimiento se realizó cada 8 días. Cuando los estolones comenzaron a formar raíz se les colocó en una maceta para que enraizaran. Una vez que los estolones enraizaron se separaron las plantas nuevas de la planta madre. La aplicación de agua de riego se realizó por medio de sistema de riego tipo espagueti. El análisis estadístico se realizó mediante el programa estadístico SAS (SAS, 2004)

## **Resultados y discusión**

La producción de estolones fue totalmente diferente en los dos periodos de evaluación. Ya que, en el periodo de febrero-mayo no se formó ningún estolón. En cambio en el periodo junio-septiembre si se formaron estolones, aunque no se encontraron diferencias significativas en el número ni en el tamaño de los mismos (Cuadro 1). Este comportamiento está estrechamente relacionado con la temperatura y el fotoperiodo. Larson (2000) menciona que a temperaturas mayores de 10°C, y con fotoperiodo largo, la planta tiende a aumentar la producción de estolones. En el periodo de febrero-mayo la temperatura promedio fue de 24°C y el fotoperiodo (no cuantificado) fue menor, debido a la época del año. A diferencia del periodo de junio-septiembre en que la temperatura promedio en el invernadero fue de 32°C, y el fotoperiodo fue mayor, por lo que en este caso el fotoperiodo tuvo mayor influencia en la producción de estolones.

**Cuadro 1.** Medias de los 24 tratamientos para la variables número y tamaño de estolones.

| Tratamiento        | Número de estolones/ planta <sup>-1</sup> | Largo de estolones (cm) |
|--------------------|---|-------------------------|
| FQ0-AF0-RC0-V50    | 46.00 a                                   | 39.18 a                 |
| FQ0-AF0-RC0-V100   | 25.25 a                                   | 31.46 a                 |
| FQ0-AF0-RC1-V50    | 32.00 a                                   | 36.51 a                 |
| FQ0-AF0-RC1-V100   | 29.50 a                                   | 34.01 a                 |
| FQ0-AF1-RC0-V50    | 17.75 a                                   | 36.92 a                 |
| FQ0-AF1-RC0-V100   | 30.50 a                                   | 35.08 a                 |
| FQ0-AF1-RC1-V50    | 35.75 a                                   | 39.32 a                 |
| FQ0-AF1-RC1-V100   | 40.25 a                                   | 35.76 a                 |
| FQ50-AF0-RC0-V50   | 46.75 a                                   | 35.48 a                 |
| FQ50-AF0-RC0-V100  | 38.00 a                                   | 37.90 a                 |
| FQ50-AF0-RC1-V50   | 19.75 a                                   | 32.80 a                 |
| FQ50-AF0-RC1-V100  | 40.25 a                                   | 36.78 a                 |
| FQ50-AF1-RC0-L50   | 25.75 a                                   | 31.52 a                 |
| FQ50-AF1-RC0-V100  | 32.25 a                                   | 34.88 a                 |
| FQ50-AF1-RC1-V50   | 34.75 a                                   | 36.35 a                 |
| FQ50-AF1-RC1-V100  | 37.75 a                                   | 39.77 a                 |
| FQ100-AF0-RC0-V50  | 51.25 a                                   | 37.30 a                 |
| FQ100-AF0-RC0-V100 | 46.00 a                                   | 30.02 a                 |
| FQ100-AF0-RC1-V50  | 44.00 a                                   | 37.32 a                 |
| FQ100-AF0-RC1-V100 | 26.75 a                                   | 38.30 a                 |
| FQ100-AF1-RC0-V50  | 26.75 a                                   | 30.87 a                 |
| FQ100-AF1-RC0-V100 | 37.50 a                                   | 31.18 a                 |
| FQ100-AF1-RC1-V50  | 37.75 a                                   | 36.49 a                 |
| FQ100-AF1-RC1-V100 | 27.50 a                                   | 36.55 a                 |

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ . FQ=Fertilizante químico, AF= Ácidos fúlvicos, RC= Regulador de crecimiento, V= vermicomposta.

No se encontraron diferencias significativas por efecto de tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05\%$ ) en el número de frutos semanales, por periodo y frutos totales. Sin embargo existe la tendencia de que en el periodo de febrero-mayo los valores más altos se registraron en el tratamiento orgánico-mineral FQ50-AF1-RC0-V100. En el periodo de junio-septiembre y en el número total de frutos, el tratamiento orgánico-mineral FQ100-AF1-RC1-V100 fue el que presentó los valores

más altos (Cuadro 3). El haber obtenido el mayor número de frutos en tratamientos de fertilización orgánica-mineral se puede deber a que el fertilizante mineral complementa el nitrógeno necesario, una vez que se agota el nitrógeno fácilmente disponible y asimilable contenido en la vermicomposta, durante tres a cuatro semanas después de la aplicación. Por lo tanto, se requiere de una fertilización mineral suplementaria para mantener el cultivo con la nutrición adecuada (Moreno, 2005). Gaskell (2004) menciona que el momento de aplicación es crítico en el suministro de nitrógeno en plantas de fresa; y que, las tasas de liberación de nitrógeno de los fertilizantes orgánicos pueden no ajustarse a las necesidades de nitrógeno del cultivo. Sin embargo, el número de frutos registrado es bajo en comparación con lo encontrado por Rajbir *et al.* (2008), utilizando tratamientos orgánico-minerales a base de vermicomposta y fertilizante químico (120–170–150 kg NPK ha<sup>-1</sup>).

Esta baja productividad de frutos puede deberse a que las dosis de fertilización orgánica y mineral pudieron haber sido bajas, ya que existen niveles de fertilización recomendados de alrededor de 300-150-150 (N- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O) kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, los programas de fertilización en fresa son altamente variables, porque la cantidad de nutrimentos depende de factores como el tipo de suelo, la fertilidad natural del suelo, de la cantidad de materia orgánica, el tipo de riego, la calidad del agua de riego, el clima, entre otros (Larson, 2000).

Además de la nutrición del cultivo y el suministro de agua, otros factores que pueden influir en el desarrollo del cultivo de fresa son la temperatura y el fotoperiodo, los cuales influyen directamente en la floración e interactúan en la regulación de los diferentes procesos fenológicos de la planta (Taylor, 2002). Existen reportes de que ha temperaturas altas (24-32°C) se reduce la floración, se presentan abortos de fruto y se reduce la calidad de la fruta (Morgan, 2002; Klamkowski y Treder, 2008). Siendo la temperatura óptima entre los 18-23°C (Larson, 2000).

**Cuadro 2.** Comparación de medias semanales, por periodo y total, de la variable número de frutos por planta<sup>-1</sup>.

| Tratamiento        | Febrero-Mayo |         | Junio-septiembre |         | Total   |
|--------------------|--------------|---------|------------------|---------|---------|
|                    | Semana       | Periodo | Semana           | Periodo |         |
| FQ0-AF0-RC0-V50    | 1.92 a       | 11.25 a | 2.47 a           | 19.75 a | 31.00 a |
| FQ0-AF0-RC0-V100   | 2.52 a       | 18.50 a | 1.63 a           | 13.25 a | 31.75 a |
| FQ0-AF0-RC1-V50    | 2.77 a       | 19.75 a | 1.47 a           | 11.75 a | 31.50 a |
| FQ0-AF0-RC1-V100   | 1.87 a       | 11.25 a | 1.63 a           | 13.25 a | 24.50 a |
| FQ0-AF1-RC0-V50    | 2.55 a       | 18.75 a | 1.00 a           | 7.25 a  | 26.00 a |
| FQ0-AF1-RC0-V100   | 2.32 a       | 16.25 a | 1.53 a           | 12.25 a | 28.50 a |
| FQ0-AF1-RC1-V50    | 1.75 a       | 12.25 a | 1.37 a           | 11.25 a | 23.50 a |
| FQ0-AF1-RC1-V100   | 2.05 a       | 13.50 a | 1.78 a           | 15.25 a | 27.75 a |
| FQ50-AF0-RC0-V50   | 2.05 a       | 13.50 a | 1.75 a           | 14.25 a | 27.50 a |
| FQ50-AF0-RC0-V100  | 1.93 a       | 11.55 a | 1.91 a           | 15.25 a | 26.75 a |
| FQ50-AF0-RC1-V50   | 1.81 a       | 10.75 a | 1.16 a           | 8.75 a  | 20.00 a |
| FQ50-AF0-RC1-V100  | 1.84 a       | 11.25 a | 2.13 a           | 16.50 a | 27.75 a |
| FQ50-AF1-RC0-L50   | 1.87 a       | 10.75 a | 1.95 a           | 15.50 a | 26.00 a |
| FQ50-AF1-RC0-V100  | 2.90 a       | 21.00 a | 1.41 a           | 10.00 a | 32.25 a |
| FQ50-AF1-RC1-V50   | 1.96 a       | 12.00 a | 1.94 a           | 15.50 a | 27.50 a |
| FQ50-AF1-RC1-V100  | 1.73 a       | 8.50 a  | 2.37 a           | 19.00 a | 27.50 a |
| FQ100-AF0-RC0-V50  | 1.62 a       | 6.50 a  | 1.72 a           | 13.75 a | 20.25 a |
| FQ100-AF0-RC0-V100 | 2.05 a       | 14.00 a | 2.28 a           | 18.25 a | 32.25 a |
| FQ100-AF0-RC1-V50  | 1.81 a       | 10.50 a | 1.60 a           | 12.75 a | 23.50 a |
| FQ100-AF0-RC1-V100 | 2.00 a       | 15.25 a | 1.25 a           | 9.25 a  | 22.50 a |
| FQ100-AF1-RC0-V50  | 2.50 a       | 15.25 a | 1.75 a           | 14.00 a | 29.25 a |
| FQ100-AF1-RC0-V100 | 2.25 a       | 17.00 a | 1.05 a           | 8.75 a  | 25.75 a |
| FQ100-AF1-RC1-V50  | 1.75 a       | 10.50 a | 2.30 a           | 18.00 a | 28.50 a |
| FQ100-AF1-RC1-V100 | 2.08 a       | 14.50 a | 3.10 a           | 24.75 a | 39.25 a |

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ . FQ=Fertilizante químico, AF= Ácidos fúlvicos, RC= Regulador de crecimiento, V= vermicomposta.

En lo que refiere al tamaño de frutos, en el periodo febrero-mayo, se encontraron diferencias significativas por efecto de tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05\%$ ), siendo el tratamiento orgánico-mineral FQ50-AF1-RC1-V50 el que registró los valores más altos para diámetro ecuatorial y polar, y en el periodo junio-septiembre se encontraron diferencias significativas en el diámetro polar, siendo los tratamientos orgánico-minerales FQ50-AF1-RC1-V50 y FQ100-AF1-RC1-

V50 los que mostraron los mayores valores (Cuadro 3). En los últimos años se ha reportado que la aplicación de vermicomposta, en combinación con fertilizantes químicos resultó en un mayor rendimiento y calidad de frutos de fresa (Arancon *et al.*, 2004, 2006) debido principalmente a la producción de reguladores de crecimiento sintetizados por microorganismos durante el proceso de vermicompostaje (Welke, 2004; Atiyeh *et al.*, 2002).

**Cuadro 3.** Comparación de medias para las variables diámetro polar y ecuatorial.

| Tratamiento        | Febrero-Mayo |           | Junio-septiembre |           |
|--------------------|--------------|-----------|------------------|-----------|
|                    | D. P (cm)    | D. E (cm) | D. P (cm)        | D. E (cm) |
| FQ0-AF0-RC0-V50    | 2.53 ab      | 3.21 ab   | 2.49 ab          | 1.90 a    |
| FQ0-AF0-RC0-V100   | 2.65 ab      | 3.36 ab   | 2.78 ab          | 1.99 a    |
| FQ0-AF0-RC1-V50    | 2.51 ab      | 3.23 ab   | 2.42 ab          | 1.80 a    |
| FQ0-AF0-RC1-V100   | 2.22 ab      | 2.85 bc   | 2.74 ab          | 1.99 a    |
| FQ0-AF1-RC0-V50    | 2.55 ab      | 3.47 ab   | 1.49 c           | 1.15 a    |
| FQ0-AF1-RC0-V100   | 2.48 ab      | 3.31 ab   | 2.73 ab          | 1.92 a    |
| FQ0-AF1-RC1-V50    | 2.38 ab      | 3.04 bc   | 2.53 ab          | 1.83 a    |
| FQ0-AF1-RC1-V100   | 2.43 ab      | 3.15 ab   | 2.60 ab          | 1.88 a    |
| FQ50-AF0-RC0-V50   | 2.24 ab      | 2.85 bc   | 2.09 bc          | 1.48 a    |
| FQ50-AF0-RC0-V100  | 2.36 ab      | 3.02 bc   | 2.57 ab          | 1.90 a    |
| FQ50-AF0-RC1-V50   | 2.59 ab      | 3.30 ab   | 2.07 bc          | 1.67 a    |
| FQ50-AF0-RC1-V100  | 1.91 b       | 2.44 bc   | 2.30 ab          | 1.62 a    |
| FQ50-AF1-RC0-L50   | 2.57 ab      | 3.23 ab   | 2.75 ab          | 2.06 a    |
| FQ50-AF1-RC0-V100  | 2.38 ab      | 3.17 ab   | 1.96 c           | 1.49 a    |
| FQ50-AF1-RC1-V50   | 2.95 a       | 3.76 a    | 2.93 a           | 1.64 a    |
| FQ50-AF1-RC1-V100  | 2.39 ab      | 3.33 ab   | 2.16 ab          | 2.02 a    |
| FQ100-AF0-RC0-V50  | 1.86 d       | 2.33 d    | 2.78 ab          | 2.04 a    |
| FQ100-AF0-RC0-V100 | 2.62 ab      | 3.44 ab   | 2.69 ab          | 1.97 a    |
| FQ100-AF0-RC1-V50  | 2.73 ab      | 3.61 ab   | 2.78 ab          | 2.10 a    |
| FQ100-AF0-RC1-V100 | 2.58 ab      | 3.09 ab   | 2.30 ab          | 1.75 a    |
| FQ100-AF1-RC0-V50  | 1.95 b       | 2.35 d    | 2.70 ab          | 1.86 a    |
| FQ100-AF1-RC0-V100 | 2.23 ab      | 2.71 bc   | 2.54 ab          | 1.76 a    |
| FQ100-AF1-RC1-V50  | 2.24 ab      | 2.72 bc   | 2.79 ab          | 2.05 a    |
| FQ100-AF1-RC1-V100 | 2.45 ab      | 3.07 bc   | 2.71 ab          | 2.01 a    |

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ . FQ=Fertilizante químico, AF= Ácidos fúlvicos, RC= Regulador de crecimiento, V= vermicomposta.



Para la variable peso de fruto se encontraron diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05\%$ ) siendo el tratamiento orgánico-mineral FQ50-AF1-RC1-V50 el que presentó los valores más altos en el periodo febrero-mayo, y los tratamientos orgánico-mineral FQ100-AF0-RC1-V50 y FQ100-AF1-RC1-V100 fueron los mejores para el periodo junio-septiembre. El peso total de frutos producido por planta fue mayor en el tratamiento FQ100-AFO-RC1-V50 (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Comparación de medias semanales, por periodo y peso total de frutos de fresa.

| Tratamiento        | Febrero-Mayo |             | Junio-septiembre |             | Total (g)  |
|--------------------|--------------|-------------|------------------|-------------|------------|
|                    | Semana (g)   | Periodo (g) | Semana (g)       | Periodo (g) |            |
| FQ0-AF0-RC0-V50    | 9.47 abc     | 113.64 ab   | 6.30 ab          | 64.33 ab    | 177.27 ab  |
| FQ0-AF0-RC0-V100   | 9.33 abc     | 112.26 ab   | 6.67 ab          | 68.03 ab    | 185.09 ab  |
| FQ0-AF0-RC1-V50    | 8.91 cd      | 106.98 ab   | 5.71 ab          | 57.64 ab    | 163.48 ab  |
| FQ0-AF0-RC1-V100   | 7.82 cd      | 93.71 abc   | 6.19 ab          | 63.18 ab    | 155.89 bc  |
| FQ0-AF1-RC0-V50    | 8.88 cd      | 106.54 ab   | 3.58 c           | 31.95 d     | 137.49 de  |
| FQ0-AF1-RC0-V100   | 9.55 abc     | 114.57 ab   | 6.11 ab          | 62.26 ab    | 175.83 ab  |
| FQ0-AF1-RC1-V50    | 8.21 cd      | 98.85 abc   | 5.70 ab          | 58.00 ab    | 155.85 bc  |
| FQ0-AF1-RC1-V100   | 8.40 cd      | 100.81 ab   | 5.72 ab          | 57.64 ab    | 157.44 bc  |
| FQ50-AF0-RC0-V50   | 7.25 d       | 86.95 cd    | 5.00 bc          | 49.08 cd    | 135.02 f   |
| FQ50-AF0-RC0-V100  | 8.12 cd      | 97.45 abc   | 5.41 ab          | 53.92 bc    | 150.37 cd  |
| FQ50-AF0-RC1-V50   | 8.75 cd      | 104.99 ab   | 4.71 bc          | 45.56 cd    | 149.54 cd  |
| FQ50-AF0-RC1-V100  | 6.82 d       | 83.23 cd    | 5.39 ab          | 53.11 bc    | 135.34 e   |
| FQ50-AF1-RC0-L50   | 8.54 cd      | 102.25 ab   | 6.42 ab          | 66.29 ab    | 167.54 ab  |
| FQ50-AF1-RC0-V100  | 8.35 cd      | 100.20 ab   | 4.68 bc          | 45.20 cd    | 144.40 cde |
| FQ50-AF1-RC1-V50   | 11.31 a      | 135.69 a    | 5.17 bc          | 51.03 bc    | 185.71 ab  |
| FQ50-AF1-RC1-V100  | 9.28 abc     | 111.40 ab   | 6.44 ab          | 66.31 ab    | 176.71 ab  |
| FQ100-AF0-RC0-V50  | 6.07 d       | 72.85 e     | 6.42 ab          | 66.11 ab    | 137.97 de  |
| FQ100-AF0-RC0-V100 | 9.22 abc     | 110.59 ab   | 6.16 ab          | 62.88 ab    | 172.47 ab  |
| FQ100-AF0-RC1-V50  | 9.97 ab      | 118.40 ab   | 7.08 a           | 73.84 a     | 189.42 a   |
| FQ100-AF0-RC1-V100 | 8.79 cd      | 105.44 ab   | 5.05 bc          | 49.58 cd    | 154.02 bc  |
| FQ100-AF1-RC0-V50  | 6.70 d       | 80.36 cd    | 6.47 ab          | 66.68 ab    | 146.04 cde |
| FQ100-AF1-RC0-V100 | 7.03 d       | 82.63 cd    | 5.76 ab          | 58.67 ab    | 140.30 de  |
| FQ100-AF1-RC1-V50  | 8.06 cd      | 94.75 abc   | 6.59 b           | 67.91 ab    | 161.66 ab  |
| FQ100-AF1-RC1-V100 | 8.82 cd      | 107.02 ab   | 6.82 b           | 70.72 a     | 176.74 ab  |

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ . FQ=Fertilizante químico, AF= Ácidos fúlvicos, RC= Regulador de crecimiento, V= vermicomposta.

De acuerdo a las normas establecidas por la unión europea (DOUE, 2002), los frutos obtenidos en el periodo febrero-mayo; de acuerdo al diámetro ecuatorial, se clasifican como frutos calibre B (2.10-2.15 cm), y en el periodo junio-septiembre como frutos calibre C (2.5-2.9 cm). De acuerdo al peso, en el periodo febrero-mayo se clasifican como frutos calibre C (8-12 g), y en el periodo junio-septiembre en frutos calibre D (< 8 g).

### **Conclusiones**

En ambos periodos del experimento la fertilización orgánica-mineral mostró mejores resultados, en comparación con la fertilización orgánica, lo cual se atribuye a que la fertilización orgánica no fue suficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de la planta para la producción de estolones y formación de frutos. Las diferencias de diámetro polar, ecuatorial y peso de fruto entre cada periodo del experimento se atribuyen a factores ambientales como fotoperiodo y termoperiodo, los cuales son cambiantes en cada periodo. Estos dos factores ambientales no fueron medidos en esta investigación por lo que para próximas investigaciones se recomienda tomar en cuenta estas variables.

### **Literatura citada**

- Arancon, N., Edwards, C., Bierman, P., Welch, C. and J. Metzger, J. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. *Bioresource Technology* 93: 145–153.
- Arancon, N., Edwards, C. and Bierman, P. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: effects on soil microbial and chemical properties. *Bioresource Technology* 97: 831–840.
- Armenta-Bojorquez, A., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J., Apodaca-Sánchez, M., Gerardo-Montolla, L. y Nava-Pérez, E. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*. 6(1): 51-56.
- Atiyeh, R., Lee, S., Edwards, C., Arancon, N. and Metzger, J. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.

- Bashan, Y., and Holguin, G. 1998. Proposal for the division of plant growth- promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biol. Biochem.* 30: 1225-1228.
- Eghball, B., D. Ginting and J. E. Gilley. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal* 96: 442-447.
- Gaskell, M. 2004. Nitrogen availability, supply and sources in organic row crops. California Conference on Biological Control CCBC IV. Proceedings of California Organic Production and Farming in the New Millennium: A Research Symposium. International House, Berkeley, CA. p. 13-20.
- Hashemimajd, K., M. Kalbasi, A. Golchin, H. Shariatmandari. 2004. Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. In: *Journal of Plant Nutrition*. 27: 1107-1123.
- Kannangara, T., R.S. Utkhede, J. W. Paul y Z. K. Punja. 2000. Effects of mesophilic and thermophilic composts on suppression of Fusarium root and stem rot of greenhouse cucumber. *Can. J. Microbiol.* 46: 1021-1028.
- Klamkowski, K. and Treder, W. 2008. Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 16: 179-188.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B. R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 86: 1-25.
- Larson, K. D. 2000. Comportamiento y manejo de la fresa: Desarrollados de programas de producción para máxima calidad y rendimiento en México. pp. 7-21. En J. Z. Castellanos y F. Guerra O'Hart (eds). *Memorias Simposium Internacional Fresa*. Zamora, Michoacan, México.
- Litterick, A. M., L. Harrier, P. Wallace, C. A. Watson and M. Wood. 2004. The role of composted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production. *Critical Reviews in Plant Science*, 23(6): 453-479.
- Ma, Y., Zhang, J. Y., Wong, M. H. 2003. Microbial activity during composting of anthracene contaminated soil. *Chemosphere* 55: 1505-1513.

- McGinnis, M., Warren, S., and Bilderback, T. 2004. Vermicompost – Potential as Pine Bark Amendment for the Nursery. Nursery Short Course. North Carolina State University. 8-10 pp.
- Moreno R. A., Valdés P. M. y Zarate L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. Agricultura Técnica 65(1): 26-34.
- Morgan L. 2002. Producción intensiva de fresa. Productores de Hortalizas 11 (8): 14-17.
- Pereira, M. G. and Zezzi-Arruda, M. A. 2003. Vermicompost as a natural adsorbent material: Characterization and potentialities for cadmium adsorption. Journal of the Brazilian Chemical Society 14(1): 39-47.
- Planes L. M., Calderón A. J., Terry L. A., Figueroa S. I., Utria B. E. y Abadis L. 2004. La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. Serie Horticultura 10 (1): 5-10.
- DOUE. Diario Oficial de la Unión Europea. 2002. Reglamento (CE) no 843/2002 de la Comisión, de 21 de mayo de 2002 por el que se establecen las normas de calidad para las cerezas y para las fresas.
- Rajbir, S., R. Sharma, Satyendra K., R. K. Gupta, R. T. Patil. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Bioresource Technology 99: 8507–8511
- SAGARPA. 2009. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta – SIACON, en línea <http://www.sagarpa.gob.mx>
- SAS versión 9.0. SAS, Institute Inc., Cary NC., USA.
- Taylor D. R. 2002. The physiology of flowering in strawberry. Acta Horticulturae 567: 245-251.
- Welke, S. E. 2004. The effect of compost extract on yields of strawberries and the severity of *Botrytis cinerea*. Journal of Sustainable Agriculture 25 (1): 57-68.



**CAPITULO 2. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE VERMICOMPOSTA;  
PROVENIENTE DE DIFERENTES SUSTRATOS, EN LA PRODUCCIÓN DE FRESA**  
**EFFECT OF APPLICATION OF VERMICOMPOST; FROM  
DIFFERENT SUBSTRATES, IN STRAWBERRY PRODUCTION**

**Carlos Osvaldo Romero-Romano<sup>1</sup>; Juventino Ocampo-Mendoza<sup>1</sup>; Engelberto Sandoval-Castro<sup>1</sup> y J. Refugio Tobar-Reyes<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal. Méx.-Pue. C.P.

72760, Puebla, Pue. Apartado Postal 2-12, Colonia la Libertad C.P. 72130.<sup>2</sup>Benemérita  
Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Domicilio conocido,  
San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla.

**Resumen**

En los últimos años son numerosos los reportes en los que se informa que aplicaciones de vermicomposta han generado un aumento en el crecimiento y rendimientos de diferentes cultivos. Por esta razón en este trabajo se evaluó el efecto que tiene la aplicación de cinco tipos de vermicomposta elaborada con diferentes sustratos; solas y en combinación con fertilizante químico, en variables físicas de fruto y en el rendimiento (por planta y m<sup>2</sup>) del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) variedad “Festival”. El experimento tuvo una duración de 4 meses, en condiciones de sombra (70%). Los tratamientos de vermicomposta de cascarilla de cacahuete más estiércol de vaca y la vermicomposta de estiércol de vaca, resultaron estadísticamente iguales y superiores a los demás tratamientos, en las variables diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor, diámetro geométrico y área superficial de fruto. El peso individual de frutos por planta, número de frutos y peso de frutos por m<sup>2</sup>, presentaron diferencias estadísticas, siendo el tratamiento de vermicomposta de cascarilla de cacahuete más estiércol de vaca, el que mostró los valores más altos, y el número total de estolones y el número de frutos semanales por planta no mostró diferencia significativa por efecto de tratamientos (Tukey, P < 0.05%).

**Palabras clave:** (*Fragaria x ananassa* Duch.), condiciones de sombra, cascarilla de cacahuete, estiércol vacuno y fertilizante químico.

## Abstract

In recent years there are many reports in which it is reported that vermicompost applications have led to increased growth and yields of different crops. For this reason in this study evaluated the effect of application of five types of vermicompost made from different substrates, alone and in combination with chemical fertilizer in physical variables and fruit yield (per plant and m<sup>2</sup>) of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) variety "Festival". The experiment lasted four months, growing in shady conditions to 70%. Vermicompost treatments of peanut husk plus cow manure and cow manure vermicompost were statistically equal and superior to other treatments in variables length fruit, diameter fruit, sphericity, geometric mean diameter and surface area of the fruit. The individual weight of fruit per plant, fruit number and weight of fruits per m<sup>2</sup>, were statistical differences, resulting vermicompost treatment of peanut hulls plus cow manure, which showed the highest values, and the total number of stolons and the number of fruits per plant per week showed no significant difference in treatment effect (Tukey, P <0.05%).

**Key Word:** (*Fragaria x ananassa* Duch.), shady conditions, peanut husk, cow manure, chemical fertilizer.

## Introducción

La fortaleza física y morfológica de una planta es un factor determinante para lograr buenos rendimientos y calidad de los productos cosechados. Estas características van a depender, entre otros factores, de los nutrientes y hormonas que se le apliquen a la planta. Los abonos orgánicos, como la vermicomposta puede aportar nutrientes y al mismo tiempo favorecer una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los mismos por los cultivos (Armenta-Bojorquez *et al.*, 2010). Además de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, contribuyen a mantener el balance hormonal necesario para que las reacciones bioquímicas se realicen con más eficiencia, con ello se espera que el cultivo exprese su potencial genético y agronómico productivo. Por lo tanto, este tipo de productos solos o en combinación con la fertilización mineral, ayudarían a disminuir la cantidad de fertilizantes que se aplican al cultivo, así como a reducir los costos de producción (Planes *et al.*, 2004), además de disminuir la contaminación generada por los agroquímicos (Armenta-Bojorquez *et al.*, 2010).

En parcelas de cultivo con un manejo constante, la materia orgánica se pierde más rápido de lo que puede ser remplazada. Una disminución de este elemento trae como consecuencia suelos compactos, raíces superficiales, mayor pérdida de agua, suelos con terrones y por supuesto baja fertilidad. De acuerdo a algunos estudios realizados cuando se aplica cualquier tipo de composta se obtienen incrementos significativos en materia orgánica (MO), contenidos de calcio, potasio, fósforo, CIC y relación C/N (Atiyeh *et al.*, 2002; Eghball *et al.*, 2004). El efecto favorable de la aplicación de composta al suelo está dado por la composición química de la misma, donde se destacan los altos contenidos de MO, N, P asimilable, K, Ca, Mg y una adecuada relación C/N (Planes *et al.*, 2004; McGinnis *et al.*, 2004). Sin embargo, la aplicación de lombricomposta resulta tener mayores ventajas que la aplicación de los otros tipos de abonos verdes y composta tradicional, debido a que las deyecciones de la lombriz poseen una riqueza en flora bacteriana muy grande, con cerca de  $2 \times 10^{12}$  colonias  $g^{-1}$  de humus producido, en vez de los pocos centenares de millones presentes en la misma cantidad de estiércol fermentado (Atiyeh *et al.*, 2002; Lopez *et al.*, 2003; Duran y Enríquez, 2009). Ello permite la producción de enzimas importantes para la evolución de la materia orgánica cuando este material es aplicado al suelo (Hashemimajd *et al.*, 2004; Ferruzi, 1986).

La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, además de contener una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina, y 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; favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas, incrementa la actividad biótica del suelo y su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas en contra de plagas, enfermedades y organismos patógenos (Atiyeh *et al.*, 2002; McGinnis *et al.*, 2004; Hashemimajd *et al.*, 2004).

La fresa ha cultivado desde hace varios siglos en Europa, Asia y América, constituyéndose como una de las principales frutas de consumo de los países desarrollados. Para nuestro país la fresa es una de las cadenas productivas más importantes, esta condición es debido al valor de la producción estimado en poco más de mil 200 millones de pesos, aunado a la generación de un importante número de empleos anuales. Es importante señalar que nuestro país había ocupado el



cuarto lugar en la producción mundial; sin embargo, actualmente ocupamos el séptimo lugar debido a una disminución en la superficie cultivada (SAGARPA, 2009). Para lograr altos rendimientos y buena calidad de fruto, la fresa demanda gran cantidad de nutrientes, los cuales por lo general son proporcionados con fertilizantes químicos, los cuales han sido fuente de contaminación de suelo y agua. Por lo que se han realizado algunas investigaciones en las que se utilice la vermicomposta sola o en combinación con fertilizantes químicos, para cubrir las necesidades nutrimentales del cultivo de la fresa y lograr así mejores rendimientos y calidad de fruto (Arancon *et al.*, 2004, 2006; Rajbir *et al.*, 2008). Por lo tanto, la hipótesis es que con el solo uso de vermicomposta se pueden cubrir las necesidades nutrimentales del cultivo de fresa, obteniendo mayores rendimientos y mayor tamaño de fruto. Y el objetivo es conocer el efecto que tiene la aplicación de vermicomposta; proveniente de diferentes sustratos, en la producción de fresa (rendimiento y tamaño de fruto), sola o en combinación con fertilizantes químicos.

## **Materiales y Métodos**

El experimento tuvo una duración de 4 meses, comenzando el 4 de marzo y concluyendo el 15 de julio del 2011, este se desarrolló en una parcela de 24 m de largo por 10.5 m de ancho, ubicada en la comunidad “La Venta” (18° 76’19’N 98° 49’63’O, 1580 msnm, T° media anual max. 30.6°C y min. 14.7°C), perteneciente al municipio de Huaquechula, Puebla. Para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas de fresa, el experimento se realizó bajo una estructura de malla sombra al 70%, proveyéndole así mejores condiciones ambientales: menor radiación solar y temperatura, mayor humedad relativa, protección contra el viento y contra animales silvestres.

Primero se delimitó el área de la parcela y se procedió a arar la tierra en forma mecánica. Posteriormente se colocaron 2 hileras de 6 postes, de madera, con una separación entre postes de 4 m, a los lados del terreno, luego se midió, cortó, y tejió la malla sombra que cubriría la superficie del terreno; y se colocaron tres hileras de 4 postes de 3 m de alto y con una separación de 6 m entre postes, para que levantar la malla sombra. Después de colocar la malla, se hicieron 7 camas de 1 m de ancho por 24 de largo por 0.20 m de alto y a una distancia entre cama de 0.50 m. Para el experimento solo se utilizaron cinco de las siete camas, las cuales

fueron divididas cada 2 m. Por lo que la unidad experimental ( $2 \text{ m}^2$ ) consistió en 14 plantas de fresa variedad “Festival” con una edad de 3 meses (producidas por medio de estolón en el mismo municipio); sembradas en tres hileras (5 plantas en hileras laterales y 4 plantas en la hilera central) a una distancia entre planta de 40 cm y 30 cm entre hilera, simulando un marco de plantación “cinco de oros”. La unidad población total en el experimento fue de 840 plantas ( $50,000 \text{ plantas/ ha}^{-1}$ ). También se utilizó una cubierta vegetal a base de paja y cascarilla de cacahuate, con el objetivo de evitar el contacto directo del fruto con el suelo y retener mayor humedad. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar, con 12 tratamientos y 5 repeticiones.

Los tratamientos fueron: T1. Testigo, T2. Fertilizante químico (**FQ**), T3. Vermicomposta de Cascarilla de cacahuate + Estiércol de borrego (**CC+EB**), T4. Vermicomposta de Cascarilla de cacahuate + Estiércol de vaca (**CC+EV**), T5. Vermicomposta de Estiércol de borrego (**EB**), T6 Vermicomposta de Estiércol de vaca (**EV**), T7. Vermicomposta de Estiércol de borrego + Estiércol de vaca (**EB+EV**), T8. Vermicomposta de Cascarilla de cacahuate + Estiércol de borrego + Fertilizante Químico (**CC+EB+FQ**), T9. Vermicomposta de Cascarilla de cacahuate + Estiércol de vaca + Fertilizante Químico (**CC+EV+FQ**), T10. Vermicomposta de Estiércol de borrego + Fertilizante Químico (**EB+FQ**), T11. Vermicomposta de Estiércol de vaca + Fertilizante Químico (**EV+FQ**), T12. Vermicomposta de Estiércol de borrego + Estiércol de vaca + Fertilizante Químico (**EB+EV+FQ**). Se realizaron 4 aplicaciones de tratamientos, las cuales se fueron a los 15, 45, 75 y 110 días después del trasplante. Se aplicaron  $100 \text{ g/ planta}$  de vermicomposta para todos los tratamientos ( $5 \text{ ton/ ha}^{-1}$ ), y la dosis de fertilización química fue 90-45-45 de N-  $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ , la aplicación del fertilizante fue mateada. El riego en la época de seca (marzo-mayo) fue por medio de sistema de goteo, y en la época de lluvias (junio-agosto) sistema de goteo y temporal.

Una vez que el 30% del total de las plantas comenzó su etapa productiva (15 de abril) se comenzó a cuantificar en las cuatro plantas centrales el número de frutos por planta, el diámetro polar (**Dp**), diámetro ecuatorial (**De**) y espesor de fruto, utilizando un vernier electrónico digital (Mitutoyo). El diámetro geométrico (**Dg**). Mediante la siguiente ecuación (Martínez-Soto *et al.*, 2008; Jha y Kingsly, 2006; Kubilay *et al.*, 2006):

$$Dg = (LWT)^{1/3}$$

En la que L es largo o diámetro polar, W es el ancho o diámetro ecuatorial, y T es el espesor de fruto. Esfericidad ( $\emptyset$ ). Se determinó de acuerdo con la siguiente ecuación (Martínez-Soto *et al.*, 2008; Jha y Kingsly, 2006; Kubilay *et al.*, 2006):

$$\emptyset = Dg / L$$

Área superficial( $A_s$ ). Se determinó con la ecuación (Martínez-Soto *et al.*, 2008; Jha y Kingsly, 2006; Kubilay *et al.*, 2006)

$$S = \pi Dg^2$$

Utilizando una balanza electrónica digital (Bizline) se determinó el peso individual de los fruto de las cuatro plantas centrales. También se analizó el número total de estolones por planta, el número y peso de frutos por m<sup>2</sup> (7 plantas), el número total de frutos y el peso total de frutos cosechados en el experimento. El control de maleza fue de forma manual, a los 65 días después del trasplante se aplicó de manera preventiva cobre tribásico (Cu<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>Cl) para evitar la aparición de enfermedades fúngicas, y bórax alrededor del experimento (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> 10H<sub>2</sub>O) para evitar la presencia de hormiga arriera (*Atta mexicana*) y otros insectos. El análisis estadístico se realizó con el sistema SAS v. 9 (SAS, 2004).

## **Resultados y discusión**

Los tratamientos de vermicomposta de cascarilla de cacahuete más estiércol de vaca y la vermicomposta de estiércol de vaca, resultaron estadísticamente iguales y superiores a los demás tratamientos, en las variables diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor, diámetro geométrico y área superficial de fruto; de acuerdo a la comparación de medias (Tukey, P < 0.05%), y los tratamientos de vermicomposta de estiércol de borrego y estiércol de borrego más estiércol de vaca fueron estadísticamente iguales y mostraron frutos con mayor esfericidad (Cuadro 5). Estos resultados contrastan con lo reportado en los últimos años, ya que en otros estudios la combinación de vermicomposta, con fertilizantes químicos ha resultado en un mayor

rendimiento y calidad de frutos de fresa (Arancon *et al.*, 2004, 2006; Moreno, 2005). El haber obtenido mejores resultados con tratamientos solos de vermicomposta puede deberse principalmente a la producción de reguladores de crecimiento sintetizados por microorganismos durante el proceso de vermicompostaje, y a una mayor población microbiana (Welke, 2004; Atiyeh *et al.*, 2002), la cual pudiera a ver sido afectada por la aplicación de fertilizante químico.

**Cuadro 5.** Comparación de medias de variables físicas de fruto.

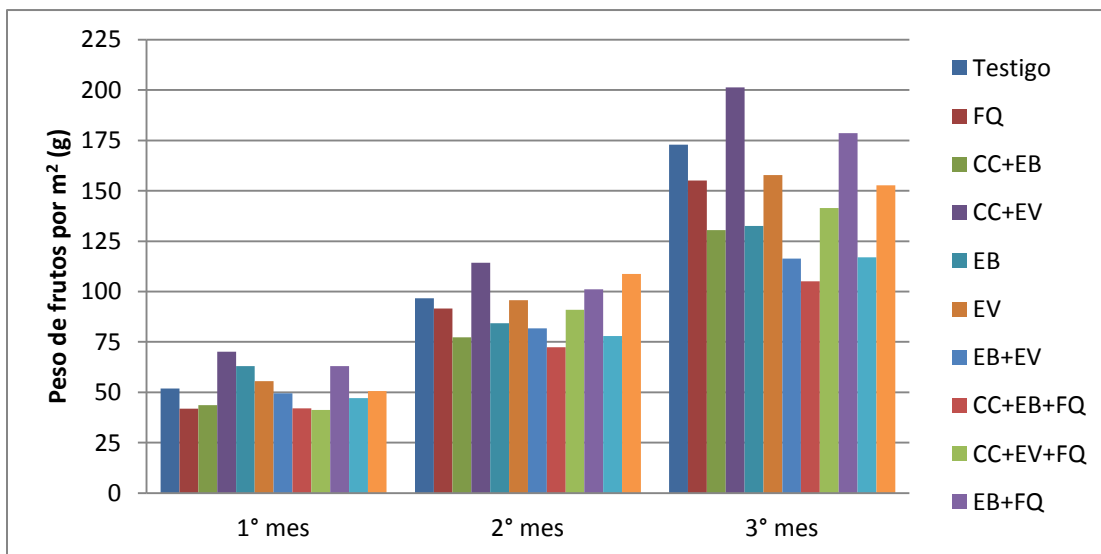
| Tratamiento | D.P<br>(cm) | D.E<br>(cm) | Espesor<br>(cm) | D.G<br>(cm) | Ø<br>(%) | A. S<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|----------|----------------------------|
| Testigo     | 3.37 abcd   | 2.52 abc    | 2.24 cd         | 2.67 bcd    | .80 bc   | 22.63 cd                   |
| FQ          | 3.27 cd     | 2.49 c      | 2.17 d          | 2.59 d      | .80 abc  | 21.40 d                    |
| VCC+EB      | 3.28 cd     | 2.46 c      | 2.19 cd         | 2.61 d      | .80 abc  | 21.74 d                    |
| VCC+EV      | 3.52 a      | 2.63 a      | 2.35 a          | 2.78 a      | .79 c    | 24.82 a                    |
| VEB         | 3.28 cd     | 2.54 abc    | 2.28 abc        | 2.67 bcd    | .81 a    | 22.80 bcd                  |
| VEV         | 3.50 a      | 2.61 a      | 2.34 a          | 2.77 a      | .79 c    | 24.52 a                    |
| VEB+EV      | 3.26 d      | 2.50 bc     | 2.24 bcd        | 2.63 cd     | .81 a    | 22.17 cd                   |
| VCC+EB+FQ   | 3.30 bcd    | 2.49 bc     | 2.22 cd         | 2.64 cd     | .79 c    | 22.43 cd                   |
| VCC+EV+FQ   | 3.38 abcd   | 2.53 abc    | 2.26 abcd       | 2.68 abcd   | .80 abc  | 22.91 bcd                  |
| VEB+FQ      | 3.48 ab     | 2.55 abc    | 2.28 abc        | 2.72 abc    | .78 c    | 23.72 abc                  |
| VEV+FQ      | 3.42 abc    | 2.55 abc    | 2.26 abcd       | 2.70 abcd   | .79 c    | 23.24 abcd                 |
| VEB+EV+FQ   | 3.34 bcd    | 2.59 ab     | 2.28 abc        | 2.70 abcd   | .81 a    | 23.36 abcd                 |

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ . FQ=Fertilizante químico, VCC= Vermicomposta de cascarilla de Cacahuete, VEB= Vermicomposta de estiércol de borrego, VEV= Vermicomposta de estiércol de vaca.

Los mayores valores registrados para diámetro geométrico y área superficial son menores; y los datos de Ø son mayores a los datos reportados por Martínez-Soto *et al.* (2008), quien registró frutos variedad Festival de 3.38 cm de D.G, A.S 36.09 cm<sup>2</sup> y Ø 0.77. De acuerdo a las normas establecidas por la unión europea (DOUE, 2002), los frutos obtenidos, de acuerdo al diámetro ecuatorial, se clasifican como frutos categoría Extra (> 2.5 cm), y de acuerdo al peso se clasifican como frutos calibre C (8-12 g).

El número total de estolones y el número de frutos semanales de las cuatro plantas centrales no mostró diferencia significativa por efecto de tratamientos (Tukey,  $P < 0.05\%$ ). Sin embargo, el peso individual de frutos por planta, número de frutos por  $m^2$  y peso de frutos por  $m^2$ , si presentaron diferencias estadísticas, siendo el tratamiento de vermicomposta de cascarilla de cacahuate más estiércol de vaca, el que mostró los valores más altos (Cuadro 6).

Estos resultados son diferentes a lo encontrado en otros experimentos, en los que la combinación de fertilización orgánico-mineral presentó mejores rendimientos y calidad de fruto de fresa (Arancon *et al.*, 2006, 2004; Welke, 2004). Y el número de frutos registrado fue menor a lo encontrado por Rajbir *et al.* (2008), utilizando tratamientos orgánico-minerales a base de vermicomposta y fertilizante químico ( $120-170-150 \text{ kg NPK ha}^{-1}$ ), y por los rendimientos registrados en las zonas freseras del país fertilizando químicamente. Sin embargo, el comportamiento mensual del peso de fruto por  $m^2$  (Figura 2) indica que la producción incrementó entre 210 y 370% (dependiendo del tratamiento) entre el primer y tercer mes por lo que se esperaría que en los siguientes meses después de haber concluido el experimento, la producción también continúe aumentando exponencialmente.



**Figura 2.** Comportamiento mensual del peso de frutos de fresa por  $m^2$ .

FQ=Fertilizante químico, VCC= Vermicomposta de cascarilla de Cacahuate, VEB= Vermicomposta de estiércol de borrego, VEV= Vermicomposta de estiércol de vaca.

**Cuadro 6.** Comparación de medias semanales por planta<sup>-1</sup> y m<sup>2</sup> para las variables, número de estolones, número de frutos y peso de frutos de fresa.

| Tratamiento | Número de estolones/planta | Número de frutos/planta | Peso de fruto (g)/planta | Número de frutos/m <sup>2</sup> | Peso de frutos (g)/m <sup>2</sup> |
|-------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Testigo     | 20.83 a                    | 0.88 a                  | 9.16 bc                  | 4.76 ab                         | 58.32 bc                          |
| FQ          | 22.82 a                    | 0.79 a                  | 8.94 c                   | 4.28 b                          | 52.38 bc                          |
| CC+EB       | 18.63 a                    | 1.06 a                  | 8.90 c                   | 4.23 ab                         | 46.05 cd                          |
| CC+EV       | 19.60 a                    | 1.22 a                  | 10.32 a                  | 5.30 a                          | 69.57 a                           |
| EB          | 16.80 a                    | 0.88 a                  | 9.80 abc                 | 4.35 ab                         | 50.91 bc                          |
| EV          | 21.61 a                    | 1.13 a                  | 10.24 a                  | 4.50 ab                         | 55.87 bc                          |
| EB+EV       | 13.82 a                    | 0.98 a                  | 9.17 bc                  | 3.78 ab                         | 45.08 cd                          |
| CC+EB+FQ    | 15.41 a                    | 0.80 a                  | 9.08 bc                  | 3.70 b                          | 40.31 d                           |
| CC+EV+FQ    | 20.28 a                    | 1.04 a                  | 9.58 abc                 | 4.14 ab                         | 49.84 cd                          |
| EB+FQ       | 21.64 a                    | 1.14 a                  | 9.90 abc                 | 4.93 a                          | 62.04 ab                          |
| EV+FQ       | 18.00 a                    | 1.00 a                  | 9.66 abc                 | 3.81 ab                         | 44.14 cd                          |
| EB+EV+FQ    | 20.66 a                    | 0.94 a                  | 9.96 ab                  | 4.27 ab                         | 56.51 bc                          |

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ . FQ=Fertilizante químico, VCC= Vermicomposta de cascarilla de Cacahuete, VEB= Vermicomposta de estiércol de borrego, VEV= Vermicomposta de estiércol de vaca.

El haber obtenido mejores resultados con los tratamientos de vermicomposta elaborada con estiércol de vaca; sola o en combinación con cascarilla de cacahuete; a diferencia de los tratamientos de vermicomposta que contienen estiércol de borrego, puede deberse a que el estiércol vacuno, contenía mayores concentraciones de nutrientes; principalmente N y microelementos, o debido a una mayor producción de reguladores de crecimiento sintetizados por microorganismos durante el proceso de vermicompostaje (Welke, 2004; Atiyeh *et al.*, 2002). Además, es importante mencionar que los aspectos químicos, físicos y biológicos de vermicomposta elaborada con estiércol, solo en combinación con algún otro sustrato, varía de acuerdo con el patrón alimenticio del ganado, del cual dependerá la calidad del estiércol (Reinés, 2004) y por lo tanto, la calidad de la vermicomposta.

## Análisis económico

Para incorporar este sistema de producción de fresa es necesario conocer el valor de la inversión requerido, los costos operacionales y la utilidad de la unidad productiva considerando los siguientes supuestos: 1. Se cuenta con terreno propio con superficie de 252 m<sup>2</sup>, y el cual cuenta con agua de riego; 2. Se asume que se cultivará fresa de la variedad Festival con una densidad de plantación de 7 plantas/m<sup>2</sup> y por lo tanto se establecerán 840 plantas que duraran produciendo por lo menos dos años y fertilizando con el tratamiento de vermicomposta de estiércol de vaca más cascarilla de cacahuate; 3. Obteniendo la primera cosecha al mes de realizado el trasplante, teniendo cosechas semanales.

Para el establecimiento del módulo de producción de fresa bajo malla sombra con un sistema de riego por goteo en una superficie de 252 m<sup>2</sup> el costo de inversión por m<sup>2</sup> fue de \$ 55.23 (Cuadro 7), los costos de operación anual estimado fue de \$ 92.86/m<sup>2</sup> (Cuadro 8). Basándose en los costos antes mencionados la relación beneficio/costo calculada es de 0.56 (Cuadro 9), lo cual significaría que la producción de fresa bajo este sistema de producción (bajo malla sombra) no es viable, aunque es importante mencionar que; como se ve en la Figura 2, el rendimiento por m<sup>2</sup> incremento en forma exponencial cada mes, por lo que el rendimiento anual y el ingreso total (Cuadro 9) incrementaría; teniendo una relación beneficio costo aceptable en el primer año.

**Cuadro 7.** Costos de inversión para el módulo de producción de fresa.

| <b>Inversión</b>             | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo total</b> |
|------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Malla sombra                 | 1 rollo         | 7000.00               | 7,000.00           |
| Tanque colector              | 1               | 1500.00               | 1,500.00           |
| Sistema de riego por goteo   | 1               | 2000.00               | 2,000.00           |
| Plantas de fresa             | 840             | 3                     | 2,520.00           |
| Mano de obra                 | 6 jornales      | 150                   | 900.00             |
| Inversión total              |                 |                       | 13,920.00          |
| Inversión por m <sup>2</sup> |                 |                       | 55.23              |

**Cuadro 8.** Costos operacionales del módulo de producción de fresa.

| <b>Costos operacionales</b>             | <b>Cantidad<br/>estimada anual</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo total<br/>anual</b> |
|---|------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Vermicomposta*                          | 1 ton                              |                       | 6,000.00                     |
| Mano de obra                            | 96 jornales                        | 150.00                | 14,400.00                    |
| Imprevistos                             |                                    |                       | 3,000.00                     |
| Total                                   |                                    |                       | 23,400.00                    |
| Costos operacionales por m <sup>2</sup> |                                    |                       | 92.86                        |

\*Vermicomposta elaborada con cascarilla de cacahuete y estiércol vacuno.

**Cuadro 9.** Rentabilidad del sistema de producción de fresa.

|                                      | <b>RGT</b> |
|--------------------------------------|------------|
| Rendimiento kg /año*                 | 841.52     |
| Ingreso total (\$)                   | 21,037.97  |
| Costo inversión total/m <sup>2</sup> | 55.23      |
| Costo operacional/m <sup>2</sup>     | 92.86      |
| Costo total/m <sup>2</sup>           | 148.09     |
| Ingreso total/m <sup>2</sup>         | 83.48      |
| Relación B/C                         | 0.56       |

\*Calculado con el rendimiento por m<sup>2</sup> obtenido con el tratamiento VCC+EV

## **Conclusiones**

La fertilización del cultivo de fresa a base de vermicomposta fue suficiente para cubrir las necesidades nutrimentales de este cultivo, obteniendo mayores rendimientos y frutos de mayor tamaño con la vermicomposta elaborada a base de estiércol de vaca más cascarilla de cacahuete, a diferencia de los demás tratamientos de vermicomposta sola o en combinación con fertilizante químico, siendo el mejor tratamiento significativo una alternativa viable desde un punto de vista económico y ambiental a mediano y corto plazo.



Aunque los rendimientos alcanzados en el experimento son bajos, el tamaño de la fresa es bueno, por lo que se recomienda realizar más investigaciones que permitan profundizar sobre el efecto que tiene la aplicación de vermicomposta proveniente de diferentes sustratos en el cultivo de fresa. Incorporando en los estudios riqueza nutrimental de sustratos, densidad de población de plantas, reguladores de crecimiento y lixiviados, en trabajos donde se incorpore la participación campesina.

### **Literatura citada**

- Arancon, N., Edwards, C., Bierman, P., Welch, C. and J. Metzger, J. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. *Bioresource Technology* 93: 145–153.
- Arancon, N., Edwards, C. and Bierman, P. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: effects on soil microbial and chemical properties. *Bioresource Technology* 97: 831–840.
- Armenta-Bojorquez, A., García-Gutierrez, C., Camacho-Báez, J., Apodaca-Sánchez, M., Gerardo-Montolla, L. y Nava-Pérez, E. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*. 6(1): 51-56.
- Atiyeh, R., Lee, S., Edwards, C., Arancon, N. and Metzger, J. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.
- Durán, L. y C. Henríquez. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(2): 275-281.
- DOUE. Diario Oficial de la Unión Europea. 2002. Reglamento (CE) no 843/2002 de la Comisión, de 21 de mayo de 2002 por el que se establecen las normas de calidad para las cerezas y para las fresas.
- Eghball, B., D. Ginting and J. E. Gilley. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal* 96: 442-447.
- Ferruzi C. 1986. Manual de lombricultura. Madrid. España. Mundi-Prensa. 138 pp.

- Hashemimajd, K., M. Kalbasi, A. Golchin, H. Shariatmandari. 2004. Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition*. 27: 1107-1123.
- Jha, S. and Kingsly, A. 2006. Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity. *Journal of Food engineering*, 72: 73-76.
- Kubilay, V., Kelebek, H. and Selli, S. 2005. A study on some chemical and physico-mechanic properties of three sweet cherry varieties (*Prunus avium* L.) in Turkey. *Journal of Food Engineering* 74: 568–575.
- López, J. M. A., Hernández, S. M. y Elorza, M. P. 2003. Evaluación de la densidad de población de la lombriz compostera (*Eisena andrei savigni*). *Revista Científica UDO Agrícola* 3(1):12-16.
- Martínez-Soto, G., Mercado-Flores, J., López-Orozco, M. y Prieto-Velásquez, B. 2008. “Propiedades fisicoquímicas de seis variedades de fresa (*Fragaria ananassa*) que se cultiva en Guanajuato”. En: RESPYN Revista salud pública y nutrición. Ed. Especial No.8.
- McGinnis, M., Warren, S., and Bilderback, T. 2004. Vermicompost – Potential as Pine Bark Amendment for the Nursery. Nursery Short Course. North Carolina State University. p. 8-10.
- Moreno R. A., Valdés P. M. y Zarate L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica* 65(1): 26-34.
- Planes L. M., Calderón A. J., Terry L. A., Figueroa S. I., Utria B. E. y Abadis L. 2004. La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. *Serie Horticultura*. 10 (1): 5-10.
- Rajbir, S., R. Sharma, Satyendra K., R. K. Gupta, R. T. Patil. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology* 99: 8507–8511.
- Reinés, A. M. 2004. Dinámica y causa de la presencia de planarias terrestres Plathelminthes: terrícola en unidades de lombricultura en Cuba. Memoria del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos: Inocuidad Alimentaria y un Ambiente Sano. 10-12 de marzo. Guadalajara, Jalisco, México. p.118-121.

SAGARPA. 2007. Estadísticas agropecuarias. Consultado el 10 de marzo del 2011, en línea bajo la dirección <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/appestado/monografias/frutales/>

SAS versión 9.0. SAS, Institute Inc., Cary NC., USA.

Welke, S. E. 2004. The effect of composta extract on yields of strawberries and the severity of *Botrytis cinerea*. *Journal of Sustainable Agriculture* 25 (1): 57-68.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

Contestando las preguntas de investigación planteadas al inicio de este documento, se concluyó que las excretas de ganado ovino, vacuno y la cascarilla de cacahuete son buena opción para la producción de vermicomposta y lombriz; empero, de acuerdo a los resultados encontrados (Anexo), la mayor población de lombrices se logró, utilizando las combinaciones de estos sustratos.

El cultivo de fresa tanto en condiciones de invernadero y en suelo con 50% de sombra se adaptó a las condiciones edafoclimáticas de la región, aunque resulta importante comentar que el suministro de agua es crucial para el desarrollo del cultivo, y más en las condiciones de temperatura y radiación de la región.

En los resultados de los experimentos (Capítulo 1 y 2) se encontró que la fertilización con vermicomposta y otros biofertilizantes resulta una buena alternativa económica y ambiental para la fertilización del cultivo de fresa. Sin embargo, el efecto que tiene la aplicación de vermicomposta dependerá de las características de origen de los sustratos.

Aunque el análisis económico que se realizó para el sistema de producción en suelo con 70% de malla sombra resultó con una relación B/C de .5 lo que pudiera indicar que no es rentable, aunque de acuerdo a la tendencia de la gráfica de producción indica que el rendimiento será mayor en los meses subsecuentes por lo que la relación B/C será mayor.

La utilización de tecnologías agrícolas (sistemas de riego, invernadero, malla sombra, cubiertas vegetales) ayuda a obtener mejores rendimientos y fruta de mejor calidad.

## **RECOMENDACIONES**

Resulta indiscutible que es necesario seguir realizando investigaciones que contribuyan a generar conocimiento sobre el efecto que tienen diferentes sustratos en el crecimiento y reproducción de lombriz, y en el efecto que tiene la aplicación de vermicomposta sola o en combinación con fertilizante químico en fresa, además de que los tiempos de evaluación de tratamientos para el cultivo de fresa deben ser por lo menos de 6 meses. También es

recomendable otras variables que podrían mejorar el conocimiento sobre la producción de fresa, como densidades de población de plantas, cubiertas vegetales, entre otras de gran importancia.

Con base a la información documental y estadística presente en este documento para generar mayor conocimiento sobre la producción de fresa en la región de estudio y la producción de lombriz se propone realizar investigaciones relacionadas con:

1. Búsqueda de dosis óptimas de vermicomposta y tiempos de aplicación.
2. Análisis de otras variedades de fresa y diferentes densidades de plantación.
3. Tipo de sustratos y tamaños de macetas para el caso de la producción en invernadero
4. Tomar en cuenta variables bioquímicas de fruto de fresa (compuestos fenólicos, azúcares totales, etc.) y que la duración de los experimentos de fresa sean por lo menos de seis meses
5. Combinación y diferentes porcentajes de mezclas de sustratos para la producción de lombriz
6. Investigaciones sobre el uso de la lombriz en la producción pecuaria (piscicultura y avicultura) y en el aprovechamiento para el consumo humano.

## **ESTRATEGIA DE DIVULGACIÓN**

Vivimos en un entorno cada vez más influido por la Ciencia y la Tecnología y la mayoría de los ciudadanos ignoran casi todo lo relacionado con estas cuestiones, a pesar de incidir directamente sobre su vida individual y colectiva.

La divulgación constituye uno de los puntos clave cuando se habla de transferencia de tecnología. Son muchas y variadas las definiciones que existen de divulgación. Sin embargo, la mayoría de los autores coincide en que la divulgación nace en el momento en que la comunicación de un hecho científico deja de estar reservada exclusivamente a los propios miembros de la comunidad investigadora o a las minorías que dominan el poder, la cultura o la economía

Aunque los trabajos de este documento (Capítulo 1 y 2) fueron enviados a revistas científicas para su posible publicación o presentados en congresos nacionales (Anexo). Es evidente que los productores y el medio rural en general, quienes son el sector primordial, a los que van dirigidos

los resultados de este documento y quiénes serán los que implementen y se beneficien de estas experiencias. Por lo que se propone emprender una estrategia mixta de difusión-transferencia de tecnología, aprovechando la vinculación que se tiene con asociaciones de productores, he involucrando a prestadores de servicios profesionales del sector rural, instituciones educativas (CBTA) y gubernamentales (Presidencias municipales, SAGARPA, SDR). Para lo que se proponen líneas de acción a corto (3 meses) y mediano plazo (6 meses).

A corto plazo:

- **Impartición de cursos de capacitación relacionados con la elaboración de vermicomposta y producción del cultivo de fresa.** Estos cursos estarán dirigidos al público en general, pero haciendo énfasis en la participación de productores y en los prestadores de servicios profesionales. Deberán ser 30% teóricos y 70% prácticos, realizarse en parcelas de productores. Los primeros cursos se proporcionarían a los participantes interesados en los municipios de Atlixco y Huaquechula, ya que son los lugares donde se está generando la tecnología, para posteriormente organizarlos en otros municipios, en los que haya interés de los productores y las instituciones. También se pretende que los asistentes a los primeros cursos sean los encargados de impartir los que se realicen posteriormente, esto con la finalidad de generar redes de extensión en donde los productores sean los encargados de transferir los conocimientos y tecnologías, siempre asesorados por los prestadores de servicios profesionales e investigadores. Para lograr esto, es indispensable la vinculación e interés de los productores, el apoyo económico de las instituciones gubernamentales y la participación de instituciones educativas (CBTA, COLPOS) en quienes recaerá la organización de los eventos.
- **Implementación de mayor número de parcelas demostrativas, en parcelas de productores cooperantes en traspatios.** Para esto es necesario la voluntad de los productores y familias rurales participantes en la instalación de dichas parcelas en sus terrenos, el apoyo económico de las instituciones como SAGARPA y SDR será importante en el desarrollo local, siendo el Colegio de Postgraduados el encargado de planear, ejecutar, solicitar y administrar recursos conjuntamente con los sector participantes, los encargados del diseño e implementación de las parcelas demostrativas

deberán ser los investigadores del Colegio de Postgraduados Campus Puebla que se encuentran generando conocimiento y tecnología relacionada al cultivo de fresa y la utilización de sustratos para la producción de vermicomposta y lombriz.

A mediano plazo:

- **Elaboración de manuales donde se presenten las experiencias en la producción de vermicomposta y del cultivo de fresa.** Esto correrá a cargo de los investigadores del Colegio de Postgraduados Campus Puebla que se encuentran generando conocimiento y tecnología relacionada al cultivo de fresa y la utilización de sustratos para la producción de vermicomposta y lombriz. Siguiendo con los lineamientos editoriales, ya establecidos para la elaboración de manuales.

## ANEXO.

### EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida* Sav.)

### EVALUATION OF SUBSTRATES TO THE PRODUCTION OF CALIFORNIA RED WORM (*Eisenia foetida* Sav.)

**Carlos Osvaldo Romero-Romano<sup>1</sup>; Juventino Ocampo-Mendoza<sup>1</sup>; Engelberto Sandoval-Castro<sup>1</sup> y Refugio Tobar-Reyes<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal Méx.-Pue. C.P. 72760, Puebla, Pue. Apartado Postal 2-12, Colonia la Libertad C.P. 72130.<sup>2</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Agrohídrica. Domicilio conocido, San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla.

#### Resumen

El experimento se realizó en Atlixco, Puebla. En módulos de 1.20 m de largo, 1.50 m de ancho y 0.40 m de alto. El objetivo fue evaluar tres diferentes sustratos orgánicos para la producción de lombriz (*Eisenia foetida* Sav.). El diseño experimental fue bloques al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Las variables analizadas fueron población de lombrices jóvenes (sin clitelo), adultas (con clitelo), población total y temperatura de sustratos. Los sustratos utilizados fueron estiércol de ovino, vacuno y cascarilla de cacahuete, distribuidos en los siguientes tratamientos: **C.C.** Cascarilla de cacahuete (100%), **E.V.** Estiércol de vaca (100%), **E.B.** Estiércol de borrego (100%), **C.C+E.B.** Estiércol de borrego + Cascarilla de cacahuete (70-30%), **E.B+E.V+C.C.** Estiércol de borrego + Estiércol de vaca + Cascarilla de cacahuete (35-35-30%) **C.C+E.V.** Estiércol de vaca + Cascarilla de cacahuete (70-30%), **E.B+E.V.** Estiércol de borrego + Estiércol de vaca (50-50%). Los tratamientos se precompostearon durante un mes, para obtener condiciones óptimas de temperatura (24-27°C) y humedad (75-80%). Posteriormente se inoculó el equivalente a 1 Kg de lombriz por modulo. Durante tres meses, se realizaron muestreos semanales en forma de zigzag, utilizando un cilindro con capacidad de 0.001 m<sup>3</sup>; la Temperatura



se midió con un termómetro de acero inoxidable (TFA®). Los datos se analizaron con el programa SAS (SAS, 2004). Obteniendo diferencias significativas (Tukey, P<0.05%) en las variables población de lombrices jóvenes; donde el tratamiento E.B+E.V+CC registró el valor más alto (113.29). Población de lombrices adultas; en el cual los tratamientos C.C+E.V y E.V mostraron los mayores valores (98.94 y 94.89). La población total de lombrices fue mayor en los tratamientos C.C+E.V y E.B+E.V+C.C (196.5 y 197.33). La temperatura de los sustratos no mostró diferencia significativa. Se concluye que la producción de lombriz está directamente relacionada con las características del tipo de sustrato donde habita.

**Palabras clave:** Estiércol, ovino, vacuno, cascarilla de cacahuete, población.

### **Abstract**

The experiment was developed in Atlixco, Puebla. In modules of 1.20 x 1.50 x 0.40 m. The objective was to evaluate three different organic substrates for the production of earthworm (*Eisenia foetida* Sav.). The experimental design was randomized blocks with 7 treatments and 3 repetitions. The variables studied were young earthworm populations (no clitellum), adult (with clitellum), and total population and temperature substrates. The substrates used were sheep dung, beef and peanut hulls, distributed in the following treatments: **C.C.** Peanut hulls (100%), **E.V.** Cow manure (100%), **E.B.** Sheep manure (100%), **C.C.+E.B.** Sheep manure + peanut hulls (70-30%), **E.V+E.B+C.C.** Sheep manure + cow manure + peanut hulls (35-35-30%), **C.C.+E.V.** Cow manure + peanut hulls (70-30%), **E.B+E.V.** Sheep manure + cow manure (50-50%). The treatments were composted for a month, for obtain optimal conditions of temperature (24-27° C) and humidity (75-80%). Subsequently was inoculated with the equivalent of 1 kg of earthworms per module. For three months, weekly sampling was conducted in a zigzag pattern, using a cylinder with a capacity of 0.001 m<sup>3</sup>, the temperature was measured with a thermometer, stainless steel (TFA®). Data were analyzed using the program SAS (SAS, 2004). Getting significant differences (Tukey, P <0.05%) in the young worm population variables, where the treatment E.B+C.C.+E.V recorded the highest value (113.29). Population of adult worms, in which treatments C.C+EV and E.V. treatment showed the highest values (98.94 and 94.89). The total population of worms was higher in treatments C.C+E.V and

E.B + E.V+ C.C (196.5 and 197.33). The temperature of the substrates showed no significant difference. It concluded that the production of worm is directly related to the characteristics of the substrate where it lives.

**Keywords:** Manure, sheep, beef, peanut hulls, population.

## **Introducción**

En México, gran parte de los abonos orgánicos como los estiércoles y los subproductos de cosecha se pierden en el campo o no son utilizados de manera adecuada. Ya que, en el caso de los estiércoles al ser expuestos al medio ambiente, pierden nutrientes esenciales para las plantas, debido a que son lavados por la lluvia, degradados por microorganismos y larvas que se alimentan de él (Simpson, 1991). Y en el caso de los subproductos de cosecha estos son dejados a la intemperie, quemados o simplemente retirados de la parcela. Perdiendo así la oportunidad de reincorporar nutrientes a las parcelas de los agricultores.

Es mencionado por varios autores que, al aprovechar estos recursos derivados directa o indirectamente del sector agropecuario y presentes en las diferentes regiones del país, se podría incrementar la eficiencia productiva. Ocampo (2005) indica que el uso de estos materiales es una alternativa en el aporte de materia orgánica para mejorar los diferentes sistemas productivos.

Una de las opciones que existen para el tratamiento de este tipo de residuos es la lombricultura. Esta técnica consiste en la elaboración de abono orgánico a través de la utilización de varias especies de lombrices, de las cuales la más conocida y usada es *Eisenia foetida*, o “lombriz roja californiana”. Ya que esta ha sido reportada como la más útil en la transformación de los residuos orgánicos (Reinecke *et al.*, 1992; Martínez, 1995; Zepeda, 2000).

Diversos investigadores han demostrado que las lombrices de tierra provocan diferentes efectos benéficos, físicos, químicos y biológicos, sobre los suelos, y que estos efectos pueden incrementar el crecimiento de la planta y el rendimiento de los cultivos, tanto en ecosistemas

naturales como en los ecosistemas manejados. Estos 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 (Atiyeh *et al.*, 2000).

Las lombrices, durante el proceso de alimentación, fragmentan los residuos, incrementan la actividad microbiana y los índices de descomposición y/o mineralización de los residuos orgánicos, alteran las propiedades físicas y químicas de los materiales, provocando un efecto de composteo o humificación mediante el cual la materia orgánica inestable es oxidada y estabilizada. El producto final, comúnmente llamado lombricomposta es obtenido conforme los residuos orgánicos, pasan a través del intestino de la lombriz, y es bastante diferente al material original (Atiyeh *et al.*, 2000a; Atiyeh *et al.*, 2002). Además, 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  $\text{N-NH}_4^+$  a  $\text{N-NO}_3^-$  (Atiyeh *et al.*, 2002).

Dentro de los beneficios más importantes que genera el uso de la lombricomposta son los siguientes:

- ◆ Aporta cantidades equilibradas de nutrientes.
- ◆ Aporta al suelo millones de microorganismos.
- ◆ Favorece la asimilación de los micronutrientes de la planta a través de enzimas.
- ◆ Se logra una mejor aeración del suelo debido a que modifica la estructura del suelo.
- ◆ Mejora la salud de las plantas, haciéndola más resistente a las plagas.
- ◆ No existe peligro de sobredosis.
- ◆ No tiene fecha de caducidad, ya que a medida que pasa el tiempo es más asimilable para la planta.
- ◆ Aumenta la capacidad de retención de agua.
- ◆ Aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo al unirse con la arcilla para formar el complejo arcillo-húmico.
- ◆ Forma complejos fosfo-húmicos, manteniendo el fósforo en estado asimilable para las plantas.

- ◆ Es fuente de gas carbónico, que contribuye a solubilizar algunos minerales del suelo, con lo que facilita su absorción por la planta (Chacón y Blanco, 1999; Bollo, 1999; Moreno *et al.*, 2005).

En forma paralela a la producción de abono; la crianza de lombriz se constituye en una actividad que también puede generar ingresos a los productores, ya sea para pie de cría, o por su alto contenido de proteína (> 60% p/p, base seca) utilizarla en forma de harina para consumo humano (Velázquez *et al.*, 1986) o en actividades como la avicultura y piscicultura.

### **Materiales y métodos**

El experimento se llevó a cabo del 15 de febrero al 15 de junio de 2011; en las instalaciones de la unidad experimental de Atlixco, del Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. En 2 camas de 14 m de largo, 1.50 m de ancho y 0.40 m de alto, divididas cada una en 11 partes iguales de 1.20 m de largo, 1.50 m de ancho y 0.40 m de alto (unidad experimental o módulo). Alcanzando un volumen de 0.72 m<sup>3</sup> en cada módulo. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con un total de siete tratamientos con tres repeticiones. Los sustratos con los que se trabajó se encuentran disponibles en la región de Atlixco, estos fueron cascarilla de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.), estiércol de ganado vacuno y estiércol de ganado ovino.

Estos sustratos se ocuparon solos y en combinación, por lo que se tuvieron los siguientes tratamientos: **C.C.** Cascarilla de cacahuete (100%), **E.V.** Estiércol de vaca (100%), **E.B.** Estiércol de borrego (100%), **C.C+E.B.** Estiércol de borrego + Cascarilla de cacahuete (70-30%), **E.B+E.V+C.C.** Estiércol de borrego + Estiércol de vaca + Cascarilla de cacahuete (35-35-30%) **C.C+E.V.** Estiércol de vaca + Cascarilla de cacahuete (70-30%), **E.B+E.V.** Estiércol de borrego + Estiércol de vaca (50-50%). El experimento se dividió en cuatro atapas:

**Etapa 1. Precomposteo.** En esta etapa se depositaron los diferentes sustratos en los módulos, donde posteriormente se mezclaron y regaron dos veces por semana, durante un mes, con la finalidad de obtener las condiciones óptimas de temperatura (24-27°C) y humedad (75 y 80%) para el desarrollo de las lombrices. De acuerdo a lo recomendado por Kaplan *et al.* (1980). La

temperatura se midió con un termómetro de acero inoxidable (TFA<sup>®</sup>) y la humedad con el método propuesto por Ferruzi (1986).

**Etapa 2. Siembra de lombriz y colonización de módulos.** Una vez que la temperatura de los sustratos se estabilizó (24-27°C) y la humedad en las camas es muy cercana al 80%, se inoculó cada módulo con el equivalente a 1 Kg. de lombriz roja californiana.

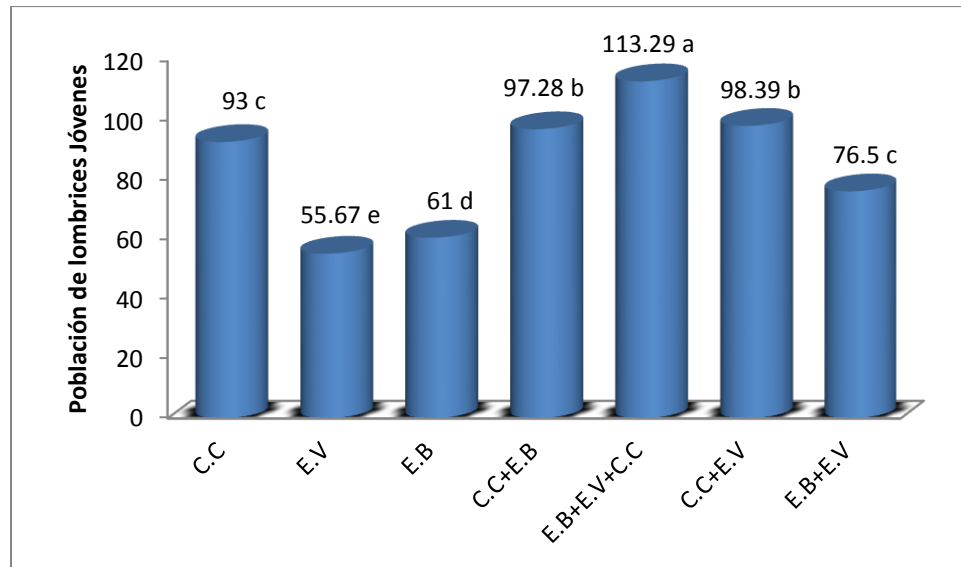
**Etapa 3. Cuento de lombrices.** Durante tres meses, una vez por semana se realizaban muestreos en forma de zigzag a una profundidad de 10 cm, utilizando un cilindro con capacidad de 0.001 m<sup>3</sup>; el cual, utilizando un bieldo se rellenaba con sustrato para posteriormente ser vaciado en una mesa para cuantificar la población de lombrices jóvenes (sin clitelo) y población de lombrices adultas (con clitelo) y población total. Durante cada conteo se registraba la temperatura (°C) y a humedad de cada módulo, con la finalidad de mantener las condiciones idóneas para el desarrollo de las lombrices.

**Etapa 4. Análisis estadístico.** Una vez concluido los conteos de lombrices se prosiguió a analizar los datos en el programa SAS (SAS, 2004).

## **Resultados y discusión**

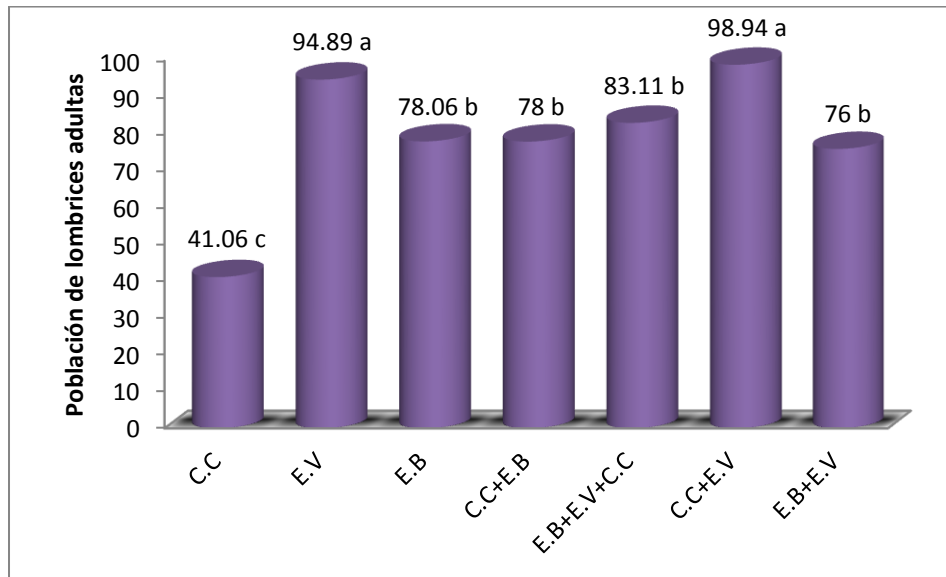
De acuerdo a la comparación de medias, se obtuvieron diferencias significativas por efecto de tratamientos (Tukey,  $P < 0.05\%$ ), en tres de las cuatro variables analizadas. La población de lombrices jóvenes (sin clitelo), fue mayor (Figura 3) en el tratamiento donde se combinó el estiércol de borrego 35%, estiércol de vaca 35% y la cascarilla de cacahuete 30% (E.B+E.V+CC). En comparación de los tratamientos con sustrato 100% de estiércol (E.V y E.B) que son los que presentaron los valores más bajos. Lo cual puede deberse a una baja relación C:N; ya que, los estiércoles tienen altas concentraciones de nitrógeno y muy bajas concentraciones de carbono (Santamaría y Ferrera-Cerrato, 2002). Es por esto que el tratamiento E.B+E.V+C.C registró la media más alta, puesto que la cascarilla de cacahuete presenta alto contenido de carbono y bajo nitrógeno, lo que provoca amplia relación C:N. Además, los aspectos químicos, físicos y biológicos del estiércol varían de acuerdo con el patrón alimenticio del ganado, del cual dependerá la calidad del estiércol y por lo tanto, la aceptación de dicho sustrato por las lombrices (Reinés, 2004). Estos resultados contrastan con lo indicado por Shuldt *et al.* (2005) quienes mencionan que las dietas formuladas sobre la base de estiércoles

pertenecientes a una misma especie permiten mejor crecimiento de los individuos que las mezclas con estiércoles de distintas especies.



**Figura 3.** Medias de 11 muestreos por tratamiento, para la variable población de lombrices jóvenes. Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey,  $P < 0.05$ .

La población de lombrices adultas (con clitelo), fue mayor en el tratamiento donde se combinó la cascarilla de cacahuete 30% y el estiércol de vaca 70% (C.C+E.V); seguido del tratamiento donde se usó como sustrato el estiércol de vaca 100% (E.V); ambos fueron estadísticamente iguales. Y el tratamiento de cascarilla de cacahuete al 100%, registró el valor más bajo (Figura 4).

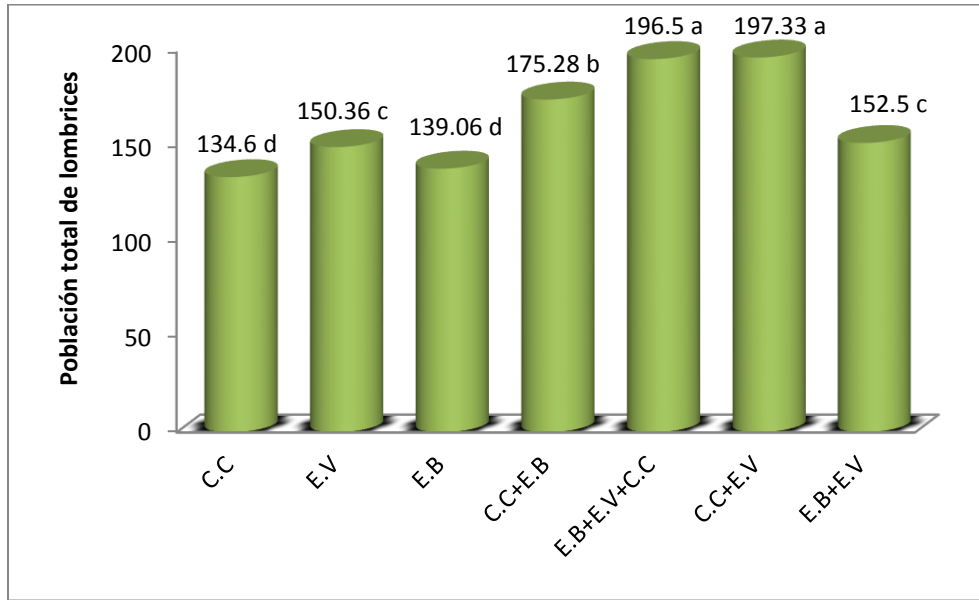


**Figura 4.** Medias de 11 muestreos por tratamiento, para la variable población lombrices adultas. Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey  $P < 0.05$ .

Estos resultados pueden deberse a que los residuos orgánicos con bajo contenido de N total suponen alta relación C:N, como es el caso de la cascarilla de cacahuete. Estos pueden aprovecharse para el vermicomposteo pero el proceso es demasiado lento y las lombrices no se desarrollan adecuadamente. Por tal motivo, es recomendable la mezcla de estos residuos orgánicos con sustratos de baja relación C:N para acelerar el proceso de lombricomposteo y obtener mayor biomasa de lombrices (Santamaría y Ferrera-Cerrtao, 2002).

Para una buena mineralización de la materia orgánica, es muy importante que la relación C:N esté situada entre unos determinados valores, debido a que las lombrices para el proceso de descomposición y mineralización de la materia orgánica, requiere carbono como fuente de energía, y nitrógeno como intermediario en la síntesis de proteínas. Y si no disponen de alguno de estos elementos, la humificación se retarda.

Las medias registradas para la variable población total de lombrices fue mayor y estadísticamente igual (Figura 5) en los tratamientos donde se combinó la cascarilla de cacahuete 30% con estiércol de vaca 70% (C.C+E.V); y en el que se combinaron el estiércol de borrego 35%, estiércol de vaca 35% y cascarilla de cacahuete 30% (E.B+E.V+CC).



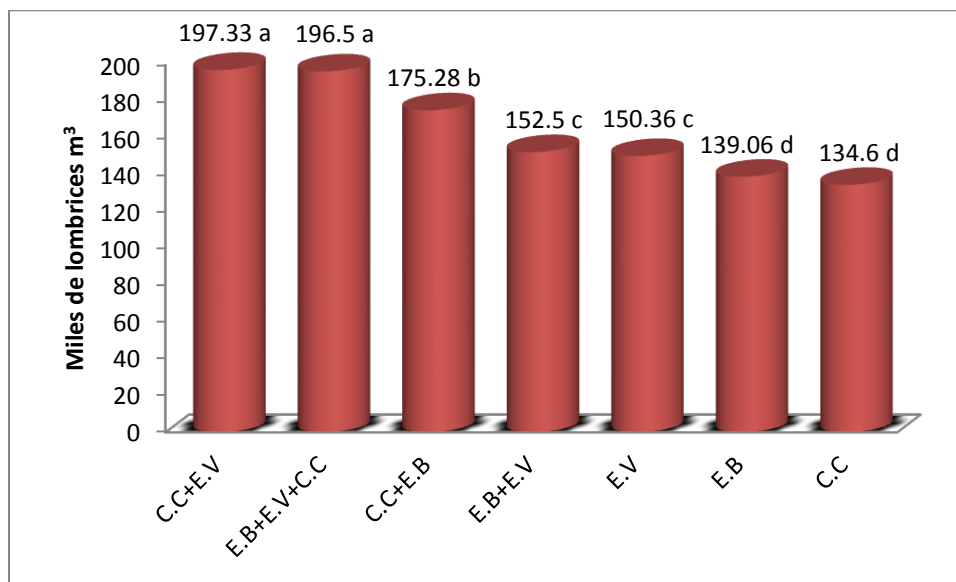
**Figura 5.** Medias de 11 muestreos por tratamiento, para la variable población total de lombrices. Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey,  $P < 0.05$

Como se puede observar, los valores más altos y significativamente diferentes se obtuvieron en los tratamientos donde está presente el estiércol de vaca. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Loh *et al.* (2005) en relación a que el mejor sustrato para la producción de lombriz es el estiércol de bovino composteado. Aunque por otra parte, estos resultados contrastan con lo concluido con López *et al.* (2003) que el mejor sustrato para el desarrollo de la lombriz es el estiércol de ovino. Sin embargo, es importante mencionar que el estiércol de una misma especie (vacuno) posee efectos distintos sobre el crecimiento de *Eisenia foetida*, según sea la dieta de las vacas, los mejores resultados se correlacionan con un contenido elevado en carbohidratos (Rodríguez y Natale, 1998).

En los tratamientos donde se utilizó el estiércol de borrego solo o en combinación con la cascarilla de cacahuete el desarrollo de las lombrices pudo verse limitado por cantidades elevadas de gases tóxicos (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso). Originados por una mala calidad del alimento ofrecido a los ovinos; ya que con esto, se modifica el contenido de nutrientes del estiércol excretado (Solano, 2002).



En base a los resultados presentados en la Figura 3 se estima que la población total de los tratamientos E.B+E.V+C.C y C.C+E.V por m<sup>3</sup> (Figura 6), es menor a la registrada por Duran y Enriquez (2007), en sustratos de broza de café, estiércol vacuno y esquilmos ornamentales, pero mayor a los resultados obtenidos por Santamaria y Ferrero-Cerrado (2002) utilizando como sustratos desechos de mercado (Frutas y verduras), paja y estiércol de borrego. Además, debido a que *E. foetida* tiene la capacidad de reproducirse entre el segundo y el tercer mes de vida, es muy posible que individuos nacidos durante el período en que se llevó a cabo el experimento, se reprodujeran aumentando exponencialmente la población final (Duran y Enríquez, 2009).



**Figura 6.** Población estimada de lombriz por m<sup>3</sup>

La temperatura registrada en los módulos no tuvo diferencias significativas entre ellos (Cuadro 10). Estas temperaturas están dentro de los valores normales señalados por Zepeda (2000) y Reinés *et al.* (2001). Por lo que se consideró, que la temperatura no afectó negativamente el comportamiento de las lombrices.

### **Cuadro 10.** Medias de temperatura por tratamiento

| °C                 | Tratamiento |
|--------------------|-------------|
| 25.28 <sup>a</sup> | C.C         |
| 26.61 <sup>a</sup> | E.V         |
| 25.61 <sup>a</sup> | E.B         |
| 25.56 <sup>a</sup> | C.C+E.B     |
| 25.89 <sup>a</sup> | E.B+E.V+C.C |
| 25.33 <sup>a</sup> | C.C+E.V     |
| 25.11 <sup>a</sup> | E.B+E.V     |

<sup>z</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según Tukey P < 0.05

### **Conclusiones**

El comportamiento de la lombriz *Eisenia foetida* Sav., está directamente relacionados con el tipo de sustrato en el cual vive y se desarrolla. No es correcto generalizar sobre valores de desarrollo y reproducción sin indicar el tipo de sustrato usado. Para próximos estudios se recomienda complementar la información con análisis químicos de los sustratos.

### **Literatura citada**

- Atiyeh R., M.; Subler, S.; Edwards C., A.; Bachman, G. and Metzger J., D. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología* 44:579-590.
- Atiyeh, R. M. Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., and Shuster, W. 2000a. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*. 44: 579-590.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q. and Metzger, J. D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores. Technol.* 84: 7-14.
- Bollo, E. 1999. *Lombricultura: una alternativa de reciclaje*. Quito. Soboc Grafic. 149 p.
- Chacón, A.G., Blanco J.M. (eds). 1999. *Manual práctico para la fabricación de abono orgánico utilizando lombrices*. San José. Costa Rica. 39 p.

- Durán, L. y C. Henríquez. 2007. Caracterización física, química y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1):41-51.
- Durán, L. y C. Henríquez. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(2): 275-281.
- Ferruzi, C., 1986. Manual de lombricultura. Madrid. España. Mundi-Prensa. 138 p.
- Kaplan, D. L., R. Hartenstein, E. F. Nevhauser y M. R. Malecki. 1980. Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia Foetida*. *Soil. Biochem.* 12:347-352.
- Loh, T. H., Lee, Y. C., Liang, J. B., y Tan, D. 2005. Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance. *Bioresource technology*. 2005. 96(1):111-114.
- López, J. M. A., Hernández, S. M. y Elorza, M. P. 2003. Evaluación de la densidad de población de la lombriz compostera (*Eisena andrei savigni*). *Revista Científica UDO Agrícola*. 3(1):12-16.
- Martínez, A. A. 1995. Manual práctico do minhocolor. 3<sup>a</sup> ed. Secretaria de Agricultura e Abastecimiento do Estado de Sao Paulo. FUNEP. Jaboticabal. Brasil.
- Moreno R. A., M. Valdés, y López T. Z. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica* 65 (1), 26-34.
- Ocampo, M.J.; Caballero M.R. y Tornero, C.M.A. 2005. Los sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales. *Agricultura, Ganadería, Ambiente y Desarrollo Sustentable*. Tornero C.M.A., Silva G.S.E., Pérez A.R. y Bonilla Y.F.N. (Eds). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 55-73.
- Reineche, A. J., S. A. Viljoen y R. J. Saayman. 1992. The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionix excavatus* and *Eisenia fetida* (*Oligochaeta*) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements. *Soil Biol. Biochem* 24: 1295-1307.
- Reinés, A. M., Loza, LI. J. A., y Contreras, R. S. H. 2001. Lombricultura: conocer y cuidar las lombrices para obtener abono orgánico. Fundación Produce Jalisco, A.C. Guadalajara, Jalisco, México. p. 9-26.

- Reinés, A. M. 2004. Dinámica y causa de la presencia de planarias terrestres Plathelminthes: terrícola en unidades de lombricultura en Cuba. Memoria del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos: Inocuidad Alimentaria y un Ambiente Sano. 10-12 de marzo. Guadalajara, Jalisco, México. p.118-121.
- Rodriguez, C. y Natale, E. 1998. Estudio del ciclo biológico de *Eisenia foetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) en tres compost de origen pecuario. *Resúmenes 9a. Jornada Nacional de Lombricultura*. Gral. Cabrera. Córdoba.
- Santamaria S., Ferrera-Cerrato R. 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. *Terra Latinoamericana* 20 (3) 303-310.
- Schuldt M., Rumi A., Gutierrez D. 2005. Determinación de “edades“(clases) en poblaciones de *E. fetida* (Annelida: Lumbricidae) y sus implicancias reprobilógicas. *Revista del Museo de la Plata Zoología* 17(170):1-10. (En línea). Consultado abril 2011. Disponible en: [http://www.fcnym.unlp.edu.ar/publi/revista/zoologia/2005-17-170-zoologia\\_alta.pdf](http://www.fcnym.unlp.edu.ar/publi/revista/zoologia/2005-17-170-zoologia_alta.pdf).
- SAS versión 9.0. SAS, Institute Inc., Cary NC., USA.
- Simpson, K. 1991. Abonos y estiércoles. Ed. Acribia. Madrid, España. 286 p.
- Velásquez, L., Herrera C., e Ibáñez I. 1986. Harina de lombriz. I Parte: Obtención, composición química, valor nutricional y calidad bacteriológica. *Alimentos* 11 (1): 15-21.
- Zepeda, P. R. 2000. Manual práctico de lombricultura. Universidad Autónoma de Chapingo. p. 1-51.