



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Té orgánico nutritivo como una alternativa para
la sustitución de una solución nutritiva
hidropónica en el cultivo de dos hortalizas

TESIS PROFESIONAL Que para obtener el título de BIÓLOGO

PRESENTA:
José Guadalupe Almaraz Ramírez

DIRECTORA DE TESIS
Dra. María Socorro Orozco Almanza

UNIDAD DE INVESTIGACION EN ECOLOGIA VEGETAL
Investigación realizada con el financiamiento de DGAPA,
UNAM, mediante proyecto PAPIME PE202111



México D. F., 2013.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A dios por prestarme vida y permitirme concluir este sueño, a mis padres por ayudarme a caminar por el sendero del bien, a mi angelita hermosa por ser mi motivo más grande e impulsarme a cumplir mis sueños.

A mi directora de tesis, por el apoyo, paciencia, enseñanza, experiencia y dedicación que tuvo a la realización de este proyecto.

A mis amigos, compañeros y profesores; que compartieron conmigo a lo largo de estos años de universitario, experiencias y aprendizajes para formarnos y hacer frente a los retos que nos presente la vida.

Índice

I. Introducción.....	1
II. Planteamiento del problema.....	6
III. Descripción de la zona de estudio.....	6
IV. Justificación	7
V. Antecedentes	8
5.1 Hidroponía	8
5.2 Ventajas de la hidroponía sobre cultivos tradicionales.....	8
5.3 La solución nutritiva	9
5.4 Nutrición vegetal	10
5.4.1 Macro y microelementos	10
5.5 Síntomas de deficiencia de nutrimentos	11
5.6 Estudios antecedentes.....	12
VI. Hipótesis de trabajo	14
VII. Objetivos	14
7.1 Objetivo General	14
7.2 Objetivos Particulares	15
VIII. Metodología	15
8.1 Obtención del germoplasma	15
8.2 Selección de los insumos para la elaboración del té orgánico nutritivo.	15
8.2.1 Obtención del lixiviado de lombricomposta	15

8.2.2 Preparación de la dieta para las lombrices.....	16
8.2.3 Elaboración de lombricomposta y obtención del lixiviado.....	16
8.2.4 Obtención de orina humana	17
8.2.5 Obtención y preparación del estiércol bovino	17
8.2.6 Preparación del té orgánico nutritivo	18
8.2.7 Determinación de la composición de las soluciones nutritivas.....	19
8.3 Instalación del sistema hidropónico	19
8.4 Siembra de semillas de jitomate y pimiento morrón.....	19
8.5 Trasplante de plántulas a las bolsas con sustrato.....	20
8.6 Registro de variables de respuesta y cálculo de índices de calidad de planta	21
8.8 Análisis estadístico.....	22
IX. Resultados y Discusión.....	23
9.1 Composición nutrimental del té orgánico y de la solución nutritiva hidropónica	23
9.2 Cuantificación de bacterias coliformes en el té Orgánico.....	27
9.3 Variables de crecimiento del jitomate.....	28
9.3.1 Altura.....	28
9.3.2 Tasa de crecimiento relativo	30
9.3.3 Contenido de clorofila.....	31
9.3.4 Rendimiento del cultivo de jitomate	33
9.4 Variables de crecimiento del pimiento morrón	35

9.4.1 Altura.....	36
9.4.2 Tasa de crecimiento relativo	37
9.4.3 Contenido de clorofila.....	39
9.4.4 Rendimiento del cultivo de pimiento morrón	40
9.5 Costos de producción y relación costo/beneficio	43
X. Conclusiones	46
XI. Recomendaciones	487
XII. Referencias.....	48
Apéndice 1.	53

Índice de cuadros

Cuadro 1. Información nutrimental de una muestra de lixiviado de lombriz y una solución nutritiva convencional para cultivo de jitomate.	3
Cuadro 2. Composición química, macro y micronutrientes en estiércol seco de bovino y gallina.....	5
Cuadro 3. Ventajas y desventajas de la hidroponía	9
Cuadro 4. Trabajos relacionados a la utilización de abonos orgánicos en horticultura.....	13
Cuadro 5. Composición química del té orgánico y de la solución nutritiva hidropónica.....	23
Cuadro 6. Contenido de clorofila en plantas de jitomate y pimiento morrón de ambos tratamientos.....	25
Cuadro 7. Número de coliformes fecales marcados en la norma para su uso en la agricultura y total de individuos presentes en el té orgánico nutritivo.....	28
Cuadro 8. Valores de los parámetros de crecimiento para las plantas de jitomate regadas con los dos tratamientos.....	33
Cuadro 9. Valores de rendimiento y número de frutos de las plantas de jitomate regadas con los dos tratamientos.....	33
Cuadro 10. Valores de los parámetros de crecimiento para las plantas de pimiento morrón regadas con los dos tratamientos.	40
Cuadro 11. Valores de rendimiento, número y peso de frutos en las plantas de pimiento morrón regadas con los dos tratamientos.....	42
Cuadro 12. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra para la elaboración de invernadero de madera.....	43
Cuadro 13. Presupuesto de insumos para el cultivo de jitomate y pimiento morrón	44

Cuadro 14. Datos de la relación costo/beneficio en el cultivo de jitomate y pimiento
morrón para los dos tratamientos utilizados..... 45

Índice de figuras

Figura 1. Botes lombricomposteros y pie de cría de lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	17
Figura 2. Invernadero de madera para el establecimiento de los cultivos de jitomate y pimiento morrón.	19
Figura 3. Plántulas de jitomate y de pimiento morrón	20
Figura 4. Alturas de las plantas de jitomate regadas con té orgánico nutritivo y solución nutritiva Hydroenvironment	29
Figura 5. Tasa de crecimiento relativo para las plantas de jitomate regadas con té orgánico nutritivo y solución Hydroenvironment.	30
Figura 6. Valores de contenido relativo de clorofila para plantas de jitomate regadas con té orgánico nutritivo y solución nutritiva Hydroenvironment	32
Figura 7. Frutos de jitomate obtenidos de las plantas cultivadas con té orgánico nutritivo y con solución Hydroenvironment.....	34
Figura 8. Alturas de la plantas de pimiento morrón regadas con té orgánico nutritivo y solución nutritiva Hydroenvironment	37
Figura 9. Alturas de la plantas de pimiento morrón regadas con té orgánico nutritivo y solución nutritiva Hydroenvironment	38
Figura 10. Valores de contenido relativo de clorofila para plantas de pimiento morrón regadas con té orgánico nutritivo y solución nutritiva Hydroenvironment..	39
Figura 11. Frutos de pimiento morrón obtenidos de plantas cultivadas con té orgánico y solución Hydroenvironment	42

Resumen

La hidroponía, es un sistema de producción de hortalizas, altamente eficiente, sin embargo no es considerado como una práctica en la agricultura orgánica, debido a que utiliza soluciones nutritivas elaboradas con sales minerales químicas. Una alternativa para que este sistema sea considerado como ecológico es sustituir dicha solución, por té orgánicos que suministren a las plantas de todos los elementos nutritivos necesarios para su desarrollo. El objetivo de este estudio, fue elaborar un té orgánico a base de lixiviado de lombricomposta, en la producción hidropónica de jitomate guaje (*Solanum Lycopersicum* L.) var. Rio Fuego, y pimiento morrón (*Capicum annuum* L.) var. California Wonder, como un sustituto de una solución nutritiva química comercial. Para esto se diseñó un sistema hidropónico rústico, con riego por superficie, utilizando como sustrato tezontle fino rojo y este tratamiento fue contrastado con un testigo utilizando la solución nutritiva de la casa comercial Hydroenvironment.

Los resultados demuestran que la composición nutrimental del té orgánico y de la solución nutritiva comercial fueron diferentes; en general, el té orgánico presentó valores más altos de N, K, y Mg, similares de Fe y Mn, y más bajos en fósforo y calcio, sin embargo no se presentaron síntomas de deficiencia por estos últimos nutrimentos. La altura, tasa de crecimiento relativo y contenido de clorofila y rendimiento, fue igual estadísticamente en ambos tratamientos, presentando en promedio, 493 g/planta en el caso del jitomate y 298.25 g/planta para el pimiento morrón. La relación costo/beneficio, para la instalación inicial del sistema no fue rentable, ya que el índice costo/beneficio resultó menor a 1 en ambos tratamientos; sin embargo, se debe considerar que para el segundo periodo de cultivo, los costos de producción disminuyen en relación a la inversión de infraestructura, generando ganancias económicas. Se concluye que la utilización de insumos naturales, en este caso un té orgánico para la producción de hortalizas altamente demandantes de nutrimentos, es una alternativa importante que no genera costos por externalidades (costos por daño al suelo, agua y biodiversidad, afectados por la contaminación química) así como representa una opción sana para el autoconsumo e incluso para el mercado local.

I. Introducción

En México se cultivan anualmente 100,000 hectáreas de chile (*Capsicum annum* L.) de las cuales unas 10,000 son de pimiento morrón; su demanda en el mercado nacional es creciente debido a su alto contenido de vitamina A y C, y de carotenos que son compuestos con propiedades antioxidantes (Cruz *et al.*, 2005). Actualmente se cultivan en varios Estados del Norte de México como Zacatecas, San Luis Potosí y Jalisco, más de 5,000 hectáreas (Ramos-Gourcy *et al.*, 2006).

De igual forma el cultivo de jitomate (*Solanum Lycopersicum* L.), es una de las hortalizas más demandadas en todo el mundo, debido a su alta rentabilidad (SRA, 2010). En México sobresale por su superficie sembrada y valor de la producción. Posee cualidades esenciales para adecuarse a la dieta alimenticia y es la segunda hortaliza en importancia después del chile (Ramos *et al.*, 2006).

Debido a la gran demanda por la sociedad de estas hortalizas, al igual que por otras más, se necesitan cada día grandes extensiones de terrenos para cultivarlas y así poder abastecer la demanda de una población en constante crecimiento. Actualmente, el modelo de producción que se lleva a cabo es el sistema industrial o mecanizado, basado principalmente en la obtención de grandes ganancias económicas y altos rendimientos. Este sistema industrializado de producción agrícola, se basa en la práctica del monocultivo (Altieri y Nichols, 2000), que reduce significativamente la diversidad biológica regional, que es albergada en las áreas naturales que son deforestadas con fines agropecuarios.

Por otro lado, con el aumento de la productividad viene el incremento en el uso de otras prácticas igualmente dañinas para el ambiente, como: la aplicación de fertilizantes sintéticos y herbicidas para el control químico de plagas, la labranza intensiva y la manipulación genética de los cultivos, que degradan los recursos naturales de los que depende la agricultura tales como: suelo, agua, y diversidad genética (Gliessman, 2002).

Otra técnica que se utiliza ampliamente para la producción a gran escala de muchas hortalizas es la hidroponía o cultivo en agua, donde no se utiliza suelo como sustrato, sino una serie de materiales inertes, donde a las plantas se les alimenta principalmente con una solución nutritiva, constituida por macro y micronutrientes necesarios para su nutrición (Atkin y Nichols, 2008).

La producción que se obtiene con este sistema es altamente rentable, sin embargo, no se conoce el efecto que puede tener el uso de estas soluciones nutritivas en la salud humana, al consumir hortalizas producidas bajo este sistema; así como, tampoco los impactos que pueden tener los residuos o remanentes de los componentes químicos, una vez que la solución ha sido utilizada, como en el caso del sistema NFT (técnica de la película de nutrientes) y el de raíz flotante, donde la solución debe ser reemplazada mensualmente y los remanentes desechados (Atkin y Nichols, 2008).

Por otro lado, estas soluciones nutritivas son caras por lo que solo pueden ser adquiridas por productores con nivel socioeconómicamente alto, lo cual pone en desventaja a los pequeños productores cuyos principales insumos de producción son recursos locales y cuyos productos, difícilmente pueden competir en el mercado de los productos hidropónicos. Una alternativa, es la práctica de una agricultura más comprometida con el medio, la cual consiente en cambiar la forma convencional de producción y que responda tanto a las necesidades de seguridad alimentaria como a las de conservación del ambiente.

Esta agricultura se basa en los principios de la Agroecología, que pretende imitar la estructura y los procesos que se presentan en los ecosistemas naturales, que permiten que los sistemas ecológicos sean sostenibles, pues son capaces de autorregularse y mantener el ciclo de nutrientes, flujo de energía y regulación de plagas, al no necesitar del suministro de insumos externos (Altieri y Nichols, 2000).

Este sistema de producción se basa en la utilización sostenible de recursos locales, donde un producto que sale de un sistema y es considerado como desecho en la agricultura industrial, como los estiércoles generados por los animales domésticos, pueden ser la fuente de materia prima para sostener otro sistema de producción como puede ser la elaboración de abonos orgánicos. En el sistema de producción alternativo, se puede utilizar cualquier tipo de desecho como materia orgánica producto del remanente de verduras, frutas y residuos generados en la cocina, residuos de cosechas y podas de plantas, para la elaboración de biofertilizantes, que son la base para una producción sana de hortalizas y otro tipo de plantas (Cuervo, 2010).

Dentro de los abonos orgánicos, uno que tiene un gran reconocimiento por su valor nutrimental para las plantas (Cuadro 1), lo constituye la lombricomposta, la cual es elaborada por la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, que se alimenta sólo con residuos de materia orgánica y en cuya elaboración, como un segundo subproducto se obtiene un lixiviado que también es rico en macro y micronutrientes, así como hormonas vegetales (fitoestimulantes), que son el resultado de la actividad biológica de la lombriz (Schuldt, 2006); este lixiviado, podría ser utilizado para la elaboración de téis orgánicos que podrían sustituir a las soluciones nutritivas de origen químico, utilizadas en hidroponía.

Cuadro 1. Información nutrimental de una muestra de lixiviado de lombriz y una solución nutritiva convencional para cultivo de jitomate

Elemento	*Concentración de nutrientes en humus líquido de lombriz (mg/L)	**Concentración de nutrientes de solución nutritiva convencional (mg/L)
Nitrógeno	406.00	122.70
Fósforo	84.40	88.70
Potasio	60.71	138.90
Calcio	341.90	90.50
Magnesio	207.60	43.80
Hierro	18.50	1.34
Zinc	4.16	0.67
Manganeso	9.33	0.33
Boro	16.14	0.33

*Fuente de ficha técnica de contenido nutricional para humus líquido de lombricomposta HELIED 50 MR.

**Fuente de análisis obtenidos en ONSITE Laboratories de México S. A. de C. V.

Otro abono orgánico importante por su valor nutricional, y que podría ser considerado para la elaboración de estos téis, es el estiércol, resultado de las deyecciones principalmente de vacas, borregos, cabras, gallinas y conejos; está enriquecido por compuestos nitrogenados, carbonatados y materia orgánica (Cuadro 2). En particular el estiércol bovino contiene un gran número de sustancias fisiológicamente activas como hormonas, vitaminas, antibióticos y, mantiene una enorme población microbiana (Cuervo, 2010).

Por lo que este material, también representa una alternativa natural para cubrir la demanda nutricional de los cultivos y así poder sustituir los insumos de síntesis química (Ochoa-Martínez *et al.*, 2009).

Cuadro 2. Composición química, macro y micronutrientes en estiércol seco de bovino y gallina (Cuervo, 2010).

Característica	Concentración (% peso seco)	
	Bovino	Gallina
Nitrógeno total	2.09	3.07
Fósforo	0.59	0.45
Potasio	2.06	0.59
Calcio	1.47	1.30
Magnesio	0.53	0.37
Carbono	44.24	38.90
Sodio	0.49	0.00
Carbono/Nitrógeno	17.97	12.68
pH	8.40	6.80
Materia orgánica	76.26	67.06

Al igual que los abonos antes mencionados, la orina humana también es una fuente balanceada de nutrientes y de fácil acceso para las plantas, el contenido de nutrientes va a depender de la dieta alimenticia que lleve la persona (Olufunke *et al.*, 2010).

La gran cantidad de nutrientes presentes en la orina humana están en forma iónica, por lo que se ha utilizado en la fertilización, previo a un tiempo de almacenamiento mínimo de un mes (Olufunke *et al.*, 2010), de algunos cultivos hortícolas, como el de tomate y col, sin que exista un riesgo de contaminación microbiológica en los frutos, cuando se aplica al suelo.

Con la generación de abonos a base de insumos naturales, por un lado se puede cubrir la demanda nutrimental de diversos cultivos y por el otro se puede lograr en el mediano plazo, la independencia de fertilizantes químicos cuyos costos económicos y ambientales son altos (Preciado-Rangel *et al.*, 2010).

II. Planteamiento del problema

Actualmente, el uso de soluciones nutritivas para el cultivo de una serie de hortalizas, resulta caro lo cual representa una limitante, para que se pueda tener acceso a la producción de alimentos.

Por otro lado, las soluciones hidropónicas convencionales, están elaboradas con base a un conjunto de sales inorgánicas de origen químico, que contaminan los medios a través de los cuales se drenan (agrolita, vermiculita, tezontle; etc.), para finalmente contaminar los sitios de confinamiento final cuando estos sustratos son desechados.

Por este motivo, es importante evaluar la efectividad de productos de origen natural, en este caso de un té orgánico nutritivo, que pueda ser utilizado como biofertilizante para el cultivo de jitomate y pimiento morrón.

Por lo que este estudio pretende dar respuesta a las siguientes preguntas:

¿El té orgánico nutritivo promueve el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las hortalizas igual o mayor que el que promueve una solución nutritiva convencional utilizada en un sistema hidropónico?

¿La composición química del té orgánico nutritivo posee elementos equivalentes a la de una solución nutritiva convencional?

¿La relación costo-beneficio de producción de hortalizas se reduce con el uso de un subproducto local, en este caso el té orgánico nutritivo?

III. Descripción de la zona de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el vivero “Chimalxochipan” de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, Campo II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, en la Ciudad de México; que presenta un clima templado

subhúmedo con temperaturas entre 10° y 18°C y de 18° a 22°C con precipitaciones de 600 a 1,000 mm en promedio durante el año.

IV. Justificación

Es prioritario, encontrar alternativas que ayuden a revertir los daños provocados al ambiente por el uso de insumos químicos en la producción hortícola convencional, tales como fertilizantes, los cuales afectan en corto, mediano y largo plazo los recursos agua y suelo.

Se requiere la inmediata evaluación de alternativas de producción hortícola orgánica, que permitan generar cultivos saludables de importancia alimenticia, medicinal y que estén al alcance de todos.

Los téis orgánicos nutritivos, elaborados a base de subproductos naturales, pueden ser biofertilizantes ricos en nutrientes, de fácil obtención y preparación al igual que de bajo costo, por lo que pueden estar al alcance de la población interesada y sobre todo de aquella de menores recursos económicos.

Esta investigación es de tipo básica, ya que el conocimiento que se genera permitirá generar una solución nutritiva alternativa, para el cultivo de dos solanáceas importantes en la dieta de la población.

Por otro lado, también se puede considerar aplicada, porque genera las estrategias para el mejor manejo de los cultivos de jitomate y de pimiento morrón, abaratando además, los costos de producción, debido a la utilización de un recurso local (té orgánico nutritivo) que puede ser de fácil obtención.

V. Antecedentes

5.1 Hidroponía

La hidroponía (de los vocablos “hidro”, que significa agua y “ponos”, equivalente a trabajo), que se traduce como trabajo en agua, es un sistema de producción el cual provee de los nutrientes necesarios disueltos en el agua al cultivo de interés, por medio de la absorción de las raíces de la planta, con o sin un medio artificial (arena, grava, vermiculita, fibra de coco, tezontle, etc.) para proveer de soporte a la planta (Cuervo, 2010; Lara, 2000).

La hidroponía surgió como una alternativa para aumentar la producción de los alimentos de origen vegetal, sobre todo en aquellas zonas donde los suelos son poco fértiles, ó donde hay carencias de agua, como en las zonas secas-semisecas de México y del mundo (Lara, 2000).

5.2 Ventajas de la hidroponía sobre cultivos tradicionales

Este sistema de producción agrícola presenta un gran número de ventajas, con respecto a otros sistemas de producción (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ventajas y desventajas de la hidroponía (Barbado, 2005).

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> -Permite establecer cultivos en diferentes estaciones del año. -Ahorro de agua, al poder reusarse por medio de recirculación. -Reduce costos de producción. -Mayor densidad de población en menor espacio. -Genera cultivos libres de parásitos, hongos, etc. -Permite corregir fácil y rápidamente la deficiencia o exceso de un nutrimento. -Permite el control del pH en el sustrato y en la solución nutritiva. -Cultivar repetidamente la misma especie de planta y de obtener varias cosechas al año. -Reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente. -Permite una recuperación rápida de lo invertido. 	<ul style="list-style-type: none"> -Costos iniciales de producción altos. -Utilización de sales inorgánicas puede acarrear problemas en la salud humana y al medio. -Utilización de insecticidas para el control de plagas en las plantas. -Dependencia en la adquisición de las sales y los insecticidas. -Para su manejo a nivel comercial se requiere conocimiento técnico combinado con la comprensión de principios de fisiología vegetal y bioquímica inorgánica.

5.3 La solución nutritiva

Es la disolución de diversos nutrimentos esenciales en forma iónica en agua, y cuya función primordial es suministrarlos a las plantas por medio de los riegos. Para que la solución tenga los nutrimentos disponibles, todos los iones deben encontrarse disueltos (Lara, 2000; Sánchez *et al.*, 1981).

En la hidroponía la cantidad de nutrimentos que las plantas requieren para su desarrollo, depende de la especie, la variedad, y de su etapa fenológica (Lara, 2000).

5.4 Nutrición vegetal

Las plantas al igual que otros seres vivos, pasan por una serie de procesos que contribuyen a su crecimiento y desarrollo óptimos, los cuales son determinados por la nutrición mineral, incluyendo el suministro, absorción y la utilización por los cultivos (Valle, 2010).

Es importante mencionar que se deben considerar aspectos como la etapa fenológica del cultivo, la especie, su adaptación a condiciones climáticas, incidencia de organismos dañinos y manejo cultural, entre otras; para su adecuada nutrición (Valle, 2010).

5.4.1 Macro y microelementos

En un sistema hidropónico, los elementos esenciales para ser aprovechados por las plantas (a excepción del carbono, oxígeno e hidrógeno), son suministrados a través de la solución nutritiva y en forma asimilable por las raíces, por lo que la solubilidad de estos es primordial (Sánchez *et al.*, 1981).

Un adecuado manejo nutricional se puede hacer cuando hay una comprensión clara del rol de los nutrientes. Solo ciertos elementos son esenciales para el desarrollo de las plantas. Un elemento esencial es aquél que al estar ausente impide a la planta completar su ciclo de vida o que juega un papel fundamental en el rol fisiológico de la misma (Taiz y Zeiger, 2010).

Los elementos minerales esenciales usualmente son clasificados en macronutrientes (nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, fósforo, azufre y silicio) y micronutrientes (cloro, hierro, boro, manganeso, sodio, zinc, cobre, níquel y molibdeno), de acuerdo a su concentración relativa en el tejido de la planta (Taiz y Zeiger, 2006).

Los elementos como el nitrógeno y azufre forman los compuestos orgánicos de las plantas, y éstas a su vez asimilan estas sustancias por reacciones bioquímicas de oxidación reducción. El fósforo silicio y boro están implicados en reacciones de almacenaje de energía y del mantener la integridad estructural. El papel del potasio calcio, magnesio, cloro, manganeso y sodio; están relacionados con la estructura de la pared celular de la planta. Por último el hierro, zinc, cobre, níquel y molibdeno; juegan un papel en reacciones que implican la transferencia de electrones (Taiz y Zeiger, 2006; y Tjalling, 2006).

5.5 Síntomas de deficiencia de nutrimentos

Las plantas responden a un aporte insuficiente de un elemento primordial (Apéndice 1), de igual forma por la presencia de condiciones medioambientales extremas (sequía, heladas, etc.); estas respuestas se dan a través de cambios en su morfología, presentes en etapas vitales de su desarrollo (floración y cuaja); son consecuencias provocadas por la carencia de un nutrimento o por la presencia de condiciones ambientales extremas, y generalmente son consideradas como síntomas de deficiencia (Berrios *et al.*, 2007).

Los síntomas de deficiencias nutrimentales que son apreciables a simple vista implican disminución del crecimiento en hojas, tallos y raíces, al igual que clorosis y necrosis en varios órganos de la planta (Salisbury *et al.*, 1992).

La mayoría de los síntomas descritos aparecen en el sistema de brotes de las plantas y son apreciables con facilidad, y a menos de que la planta sea cultivada

por hidroponía, es complicado observar los síntomas que llegaran a presentarse en la raíz, sin separar a esta del suelo, por lo que estos no están descritos con exactitud (Salisbury *et al.*, 1992). Los síntomas de deficiencia para cualquier elemento dependen sobre todo de dos factores: a) La función o funciones que realiza el elemento en la planta y b) si el elemento se transfiere o no con facilidad de las hojas antiguas a las juveniles.

Para el caso de jitomate y pimiento morrón, unos de los elementos primordiales para su desarrollo son el potasio y calcio, el primero va relacionado directamente con la calidad de la fruta y la producción y el segundo es esencial para mantener la integridad de las paredes celulares así como centro de los mecanismos de defensa de la planta (Berrios *et al.*, 2007; Tajalling *et al.*, 2006). Aunado a la deficiencia de los elementos antes mencionados destacan el bajo rendimiento en la producción, frutos blandos o sin firmeza al igual que partiduras en los mismos, entre otras (Berrios *et al.*, 2007; Tajalling *et al.*, 2006).

5.6 Estudios antecedentes

Existen trabajos en los cuales se han utilizado diferentes variedades de abonos orgánicos en cultivos hortícolas en comparación con abonos sintéticos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Trabajos relacionados a la utilización de abonos orgánicos en horticultura

Autor	Trabajo	Resultados
Capulín-Grande <i>et al.</i> , 2007	Uso de estiércol líquido de bovino (ELEB), acidulado en la producción de pimiento morrón.	La altura de planta (62 cm), número de frutos (63) y el rendimiento por planta (4,069.6 g.planta-1) se favoreció cuando el ELEB se aciduló con el ácido nítrico, en comparación con otros ácidos.
Cruz-Lázaro <i>et al.</i> , 2010	Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero.	Se incrementó el rendimiento de jitomate utilizando VEMT (Vermicomposta de estiércol de ganado vacuno + rastrojo de maíz + tierra negra) 1:1:1, V:V:V; por un total de 57,375 t·ha ⁻¹ , en comparación con los tratamientos restantes formados por composta y vermicompostas de estiércol de ganado vacuno.
Cun <i>et al.</i> , 2008	Producción orgánica de tomate mediante la aplicación de humus de lombriz y Eco Mic [®] en condiciones de casa de cultivo	El rendimiento de jitomate, fue mayor con la mezcla: humus de lombriz y EcoMic [®] (8.4 kg/m ²), con respecto a la aplicación de solo humus de lombriz, (5.01 kg/m ²). La mayor cantidad de frutos con mejor calidad se alcanzó en el tratamiento donde se incluyó el EcoMic [®] .
Pradhan <i>et al.</i> , 2009	Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) en invernadero	Se evaluaron cuatro tipos de fertilizantes: T1) solución nutritiva, T2) té de composta, T3) té de composta diluido y T4) aplicación de composta fraccionada. Las plantas del T1 obtuvieron el mayor rendimiento con 21.8 kg/m ² , mientras que el T2 rindió 17% menos (relacionada con una mayor conductividad eléctrica en la solución del sustrato). El T2 también redujo 21% el peso por fruto y aumentó 19% los sólidos solubles. La concentración de N foliar al inicio de la floración e inicio de cosecha fue similar con el T1 y T2, además no se observaron síntomas de deficiencia de nutrimentos, lo que significa que el T2 abasteció las necesidades de N y otros nutrimentos, logrando producir más de 18 kg/m ² .

<p>Preciado <i>et al.</i>, 2011</p>	<p>Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero.</p>	<p>Se compararon cuatro tratamientos: T1) solución nutritiva inorgánica (<i>Steiner</i>), T2) té de composta, T3) té de vermicomposta y T4) lixiviado de vermicomposta.</p> <p>Con la fertilización inorgánica se obtuvo un valor ligeramente mayor en cuanto al rendimiento (3.05 kg/planta), en comparación con te de vermicompost (2.42 kg/planta), té de compost (1.45 kg/planta), y lixiviado (1.30 kg/planta).</p> <p>Dentro de los tratamientos de fertilización orgánica, el té de vermicomposta sobresalió con un mayor rendimiento de fruto.</p>
---	---	--

V. Hipótesis de trabajo

El té orgánico nutritivo, a base de lixiviado de lombricomposta, proporcionará los nutrimentos necesarios para obtener un rendimiento óptimo en el cultivo de jitomate y pimiento morrón, debido a que sus componentes aportarán las concentraciones requeridas para su desarrollo y fructificación.

VI. Objetivos

7.1 Objetivo General

- Evaluar un té orgánico nutritivo, a base de lixiviado de lombricomposta, en el cultivo de dos hortalizas: pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) var. California Wonder, y jitomate guaje (*Solanum Lycopersicum* L.) var. Rio Fuego, como sustituto de una solución nutritiva convencional utilizada comúnmente en los sistemas hidropónicos.

7.2 Objetivos Particulares

- Determinar la composición química del té orgánico nutritivo y de la solución nutritiva Hydroenvironment.
- Caracterizar el desarrollo y rendimiento de los dos cultivos bajo el sistema convencional hidropónico y el alternativo (té orgánico nutritivo).
- Determinar la relación costo/beneficio para ambos sistemas de producción.

VII. Metodología

8.1 Obtención del germoplasma

La semilla de jitomate se obtuvo de frutos orgánicos procedentes de una Finca Orgánica en Tepetixtla, Estado de México; la semilla de pimiento morrón se obtuvo de frutos orgánicos adquiridos en una casa comercial (Green Corner).

8.2 Selección de los insumos para la elaboración del té orgánico nutritivo.

8.2.1 Obtención del lixiviado de lombricomposta

En este estudio se utilizó la lombriz “roja californiana” *Eisenia foetida*, cuyo pie de cría se obtuvo de lombricarios del Parque Ecológico Alameda Oriente localizado en el Distrito Federal, en la Delegación Venustiano Carranza.

8.2.2 Preparación de la dieta para las lombrices

La dieta de las lombrices consistió en composta elaborada de residuos de verdura, fruta, pan, tortilla, pasto seco y estiércol de caballo (previamente composteado).

8.2.3 Elaboración de lombricomposta y obtención del lixiviado

Para la obtención del lixiviado se elaboraron lombricomposteros, basados en el método propuesto por Tlateomanis Consultores Ambientales (2010), donde se llevó a cabo la producción de lombricomposta, la cual se obtuvo de composta previamente preparada y teniendo un mes de maduración, esta fue colocada en botes de plástico de 20 L de capacidad (Figura 1a); empalmado un primer bote, con orificios a los costados y en la parte basal, sobre un segundo bote (al igual que el primero, con orificios a los costados pero en su base solo un orificio del cual se obtiene el lixiviado).

A los botes llenos con la composta se les sembró un pie de cría de 100 individuos adultos de *Eisenia foetida* o “lombriz roja californiana” (Figura 1b). La parte superior del sustrato se cubrió con paja y los botes se colocaron bajo la sombra de un árbol y se regaron una vez a la semana, a los cinco días después del riego, se recogía el lixiviado.



Figura 1. Botes lombricomposteros (a), y pie de cría de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) (b).

8.2.4 Obtención de orina humana

La orina, se colecto en envases de plástico que se mantuvieron en un lugar fresco y sin incidencia luminosa, posterior a un periodo de un mes (Olufunke *et al.*, 2010), ésta se utilizo en la elaboración del té orgánico nutritivo.

8.2.5 Obtención y preparación del estiércol bovino

Se compró estiércol de ovino, en el mercado de las flores de Cuemanco, en la Delegación Xochimilco, Distrito Federal.

El estiércol se trató antes de ser aplicado al té orgánico nutritivo, para lo cual se siguió un proceso de precompostado, para eliminar posibles organismos patógenos, siguiendo el método propuesto por Orozco (2010).

8.2.6 Preparación del té orgánico nutritivo

El té orgánico nutritivo se preparó de acuerdo a la metodología propuesta por Ochoa-Martínez *et al.* (2009), con modificaciones propuestas en este trabajo, en los insumos y las cantidades utilizadas. Las etapas para su elaboración fueron las siguientes:

1.- Para reducir el exceso de sales solubles contenidas en el lixiviado de lombricomposta, se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- a) Para eliminar el exceso de cloro utilizado para potabilizar el agua, en un tambo de 30 L se vertieron 24 L de agua y se generó turbulencia durante 1.5 hrs con una bomba de aire marca Ocean modelo OC-20.
- b) Por separado se colocaron 3 kg de estiércol bovino (previamente composteado) en un saco hecho con malla sombra amarrada con rafia, y se introdujo en un recipiente de 10 L con agua durante cinco minutos para lavar el exceso de sales.
- c) Posteriormente se colocó la bolsa con el estiércol dentro del tambo de 30 L con agua previamente aireada.
- d) Finalmente, y ya para preparar el té, se agregaron 5 L de lixiviado de lombricomposta, 2 L de orina como fuente de nitrógeno y 250 g de piloncillo como fuente de carbono soluble. La mezcla se dejó fermentar por 24 horas con la bomba de aire encendida.

Antes de hacer los riegos con el té orgánico nutritivo y la solución nutritiva Hydroenvironment, se ajustaron los valores de pH a 5.5 con ácido acético y una CE de 3.5 mS cm^{-1} (mili Siemens).

8.2.7 Determinación de la composición nutrimental de las soluciones nutritivas

Previo al inicio de los riegos, se tomo una muestra de las soluciones nutritivas para la determinación de su composición nutrimental, estos análisis se efectuaron en ONSITE Laboratories de México S. A. de C. V.; los parámetros evaluados fueron: nitrógeno total, fosforo total e inorgánico, potasio, magnesio, calcio, sodio, fierro, manganeso. Para el caso del té orgánico nutritivo se evaluaron también coliformes totales y fecales, esto para saber la presencia de organismos patógenos con base a la NOM-004-SEMARNAT-2002.

8.3 Instalación del sistema hidropónico

El sistema hidropónico se instaló dentro de una estructura de madera, tipo invernadero, de 1.90 x 6 m, cubierta con plástico blanco para invernadero (Figura 2). El sistema de riego fue manual. Durante el estudio, se evaluaron dos tratamientos: a) solución nutritiva Hydroenvironment, y b) té orgánico nutritivo; cada uno conformado por 20 unidades experimentales (10 para jitomate y 10 para pimiento Morrón), utilizando bolsas negras de vivero calibre 600 (con dimensión de 20 x 13 cm), en disposición lineal, las cuales fueron llenadas con tezontle rojo (0.5 cm de grosor), como sustrato, el cual previamente fue lavado con hipoclorito al 10%.



Figura 2. Invernadero de madera para el establecimiento de los cultivos de jitomate y pimiento Morrón.

8.4 Siembra de semillas de jitomate y pimiento morrón

Se sembraron por separado un lote de 64 semillas de ambas especies, en dos almácigos de plástico transparente de 25 cm x 12 cm x 5 cm, los cuales se llenaron con un sustrato formado por suelo de vivero y lombricomposta (2:1), previo a la siembra, se regó el sustrato a saturación en ambos almácigos y posteriormente se efectuó la siembra de las semillas de jitomate y pimiento morrón, siguiendo un patrón al chorrillo, manteniendo una profundidad de siembra superficial (0.2mm), considerando el tamaño de las semillas (Barbado, 2003). Ambos almácigos se colocaron en un lugar con media sombra o luz filtrada, para favorecer la emergencia de las plántulas.

8.5 Trasplante de plántulas a las bolsas con sustrato

Para el caso de jitomate (Figura 3a), el trasplante se llevó a cabo cuando las plántulas presentaron 13 cm de altura y de 5 a 7 mm, en promedio, de grosor en la base del tallo (Barbado, 2003; Serrano, 1978). Para el caso de pimiento morrón (Figura 3b), las plántulas se trasplantaron, cuando éstas alcanzaron 15 cm de altura (Vázquez, 2004).

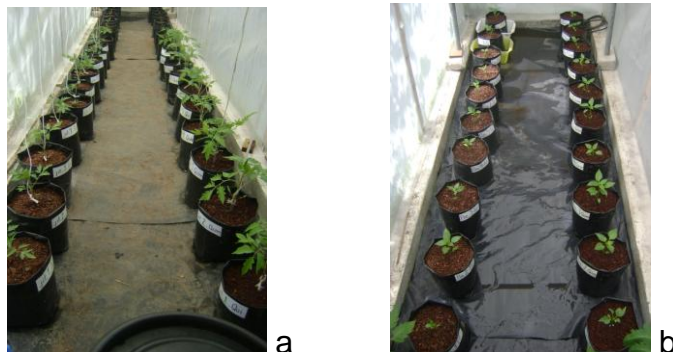


Figura 3. Plántulas de jitomate (a) y plántulas de pimiento morrón (b).

Se aplicaron dos riegos diarios de los tratamientos previamente mencionados, llevando un registro de las oscilaciones de temperatura (valores máximos y mínimos) dentro del cuarto de invernadero, con la ayuda de un termómetro hidrómetro digital marca RadioShack®.

8.6 Registro de variables de respuesta y calculo de índices de calidad de planta

Semanalmente, a siete plantas de cada tratamiento que fueron seleccionadas al azar, se les registró la altura, tomada desde la base hasta el ápice, así como los siguientes índices:

a) Tasa de crecimiento relativo (Hunt, 2002)

Expresa el incremento de longitud en un intervalo de tiempo con relación a la longitud inicial ($\text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{unidad de tiempo}^{-1}$).

La fórmula es la siguiente:

$$R = [\log_e L_2] - [\log_e L_1] / (t_2 - t_1)$$

Donde:

L_2 : altura final.

L_1 : altura inicial.

t_2 : tiempo final.

t_1 : tiempo inicial.

b) Contenido de Clorofila

Se determinó el contenido de clorofila para las plantas de ambos tratamientos, con un medidor portátil Field Scout CM 1000, reportando los valores en una escala de 0 a 999, indicando la medida el grado de verdor de las hojas y su relación con el contenido de clorofila; para esto se tomaron lecturas cada mes, tomando la lectura promedio de dos hojas, una de la parte media y la segunda de la parte más alta, para cada planta.

c) Rendimiento del cultivo (Castro-Brindis *et al.*, 2004)

Se obtuvo del peso total de los frutos obtenidos de las cosechas por planta ($\text{kg} \cdot \text{planta}^{-1}$).

d) Relación costo-beneficio (Ruiz,1996)

Se determinó la conveniencia de este proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costes y beneficios derivados de dicho proyecto.

$$\text{CB} = \text{Beneficios totales} / \text{Costos totales de la producción}$$

8.8 Análisis estadístico

Las variables de respuesta se analizaron mediante un ANDEVA de un factor (solución nutritiva) con siete repeticiones. Las medias se compararon por una prueba de Tukey ($P = 0.05$), para esto se utilizó el software *STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.2.06*.

XI. Resultados y Discusión

9.1 Composición nutrimental del té orgánico y de la solución nutritiva hidropónica

Las dos fuentes de nutrimentos (té orgánico y solución nutritiva Hydroenvironmet), presentaron diferencias en las concentraciones de los macro y micronutrimentos, así como del sodio (Cuadro 5), si bien, éste último no entra en la clasificación anterior, es un nutriente también esencial, cuya función es la de regulación, y su absorción es importante para algunos procesos metabólicos como la turgencia en los frutos. También lo requieren las plantas en dosis muy bajas para su desarrollo (Agroestrategias Consultores, 2007; Capulín-Grande *et al.*, 2007).

Elemento	té orgánico nutritivo (mg/L)*	Hydroenvironment (mg/L)**	té de Composta (mg/L)***	Estiércol líquido bovino ELEB (mg/L)****
Nitrógeno	359.64	122.70	219.00	61.30
Fosforo	15.87	88.70	18.20	26.30
Potasio	1 366.54	138.90	230.00	249.20
Calcio	14.28	90.50	1.32	84.10
Magnesio	131.00	43.80	520.00	77.10
Fierro	1.63	1.34	0.49	0.36
Manganeso	0.69	0.33	0.09	0.84

* Determinación realizada en ONSITE Laboratories de México S. A. de C. V.

** Determinaciones realizadas por el Laboratorio de Ecohidrología y Calidad del Agua, FES Zaragoza, Campo II.

*** Tomado de Ochoa-Martínez *et al.* (2009).

**** Tomado de Capulín-Grande *et al.* (2007).

El té orgánico nutritivo, presentó la mayor concentración de nitrógeno (359 mg/L) en relación a la solución nutritiva comercial (122.7 mg/L), esto debido a la aportación de nitrógeno que proporcionó cada uno de sus componentes (Cuadro 5).

Uno de los componentes que más nitrógeno proporcionó fue la orina humana; de acuerdo a varios autores (Arroyo y Bulnes, 2005; Pradhan *et al.*, 2009), esta presenta un alto contenido de nitrógeno amónico, aproximadamente de 80 a 100% de su contenido total; también el lixiviado de lombricomposta aportó una cantidad importante de nitrógeno (15 mg/L), como lo citan Preciado *et al.* (2011).

Por otro lado, el estiércol de borrego en líquido *per se*, también proporciona una gran cantidad de nitrógeno (55 %), además de una alta cantidad de potasio (70%), y de fósforo (51%) (Capulín-Grande *et al.*, 2005). Rodríguez (2008), menciona que al existir una mayor concentración de nitrógeno foliar, el contenido de clorofila es mayor, sin embargo los resultados de este trabajo no reportan diferencias significativas (Cuadro 6), esto indica, que el nitrógeno proporcionado por el té orgánico, es traslocado o absorbido más lentamente en los puntos de crecimiento de las plantas, así como, en las hojas, por lo cual se requiere que este tenga dos veces el contenido de nitrógeno, que el presente en la solución química, para de esta manera igualar el contenido de clorofila en las hojas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Contenido de clorofila en plantas de jitomate y pimiento morrón de ambos tratamientos

Tratamiento / Especie	<i>Solanum Lycopersicum</i> L. var. Rio Fuego	<i>Capsicum annum</i> L. var. California Wonder
	RCI ± ds	RCI ± ds
Té orgánico nutritivo	331.90 ± 77.00 a	242.57 ± 25.63 a
Hydroenvironment	454.10 ± 78.93 a	267.29 ± 19.35 a

*Medias seguidas de la misma letra en cada columna muestran que no hay diferencias significativas, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$).

El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y como parte de la molécula de ésta, además de tener un papel en el proceso de fotosíntesis. La falta de nitrógeno y clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes.

De igual forma el estiércol de borrego en líquido *per se*, proporciona los nutrimentos esenciales para un adecuado crecimiento vegetal (Capulín-Grande *et al.*, 2005). Por otro lado, un 55% corresponde al nitrógeno, seguido del potasio que presenta un 70%, y el menor que corresponde al fósforo con un 51% del total (Capulín-Grande *et al.*, 2001).

En relación al contenido de fósforo, el té orgánico nutritivo presentó un valor bajo, en relación a la solución nutritiva Hydroenvironment y a un té de composta elaborado por Ochoa-Martínez *et al.* (2009), sin embargo el contenido de fósforo fue muy parecido a éste último (Cuadro 5).

La cantidad de fósforo, en este estudio, pudo deberse a los dos componentes del té orgánico (estiércol de borrego y roca fosfórica) que proporcionaron fósforo, pues la roca fosfórica libera este elemento de manera lenta y para acelerar la liberación, requiere de su disolución con sustancias ácidas (Zapata y Roy, 2007).

El fósforo es un elemento que contribuye al crecimiento y el desarrollo de las plantas (Zapata y Roy, 2007), y promueve la transferencia de energía (Berrios *et al.*, 2007); sin embargo, a pesar de estar en menor cantidad en el té orgánico nutritivo en comparación con la solución nutritiva comercial Hydroenvironment, fue suficiente para obtener una altura en las plantas de jitomate y pimiento morrón, semejante a las que se trataron con solución nutritiva Hydroenvironment, así como un buen rendimiento en el jitomate y en el pimiento morrón (Cuadro 9).

Por otro lado, el contenido de potasio en el té orgánico nutritivo fue significativamente más alto que el de la solución nutritiva Hydroenvironment así como los citados por la literatura (Cuadro 5); sin embargo, este exceso de potasio no presentó efecto negativo en los cultivos.

La concentración de calcio resultó seis veces mayor para la solución nutritiva Hydroenvironment en comparación con el té orgánico nutritivo (Cuadro 5); sin

embargo fue suficiente para cubrir los requerimientos de los cultivos ya que no se observaron síntomas de deficiencia. El calcio participa en la firmeza de las paredes celulares de las plantas y en la aparición de brotes nuevos (Berrios *et al.*, 2007; Rodríguez, 1982).

El magnesio es uno de los elementos centrales en la síntesis de clorofila, importante en el proceso fotosintético de las plantas (Tjalling, 2006; Berrios *et al.*, 2007), este elemento presentó en promedio tres veces más concentración en el té orgánico nutritivo que en la solución Hydroenvironment (Cuadro 5).

A pesar de lo mencionado anteriormente ambos cultivos presentaron un desarrollo adecuado. Es importante resaltar los resultados similares de otros autores que han propuesto fertilizantes líquidos para el cultivo de pimiento morrón; Capulín-Grande *et al.* (2007), obtuvo una concentración de 28.0 mg/L para el caso del fósforo y 704.0 mg/L para nitrógeno, de igual forma Ochoa-Martínez *et al.* (2009) en un cultivo de jitomate, obtuvo una concentración de 18.2 mg/L en fósforo y 219 mg/L para nitrógeno.

9.2 Cuantificación de bacterias coliformes en el té orgánico

Se cuantificó en el té orgánico nutritivo, la presencia de coliformes fecales y totales, como un parámetro para determinar la cantidad de microorganismos patógenos pertenecientes al género *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*; que pertenecen al grupo coliforme (NOM-004-SEMARNAT-2002) y que son perjudiciales para la salud.

La cantidad de coliformes totales, estuvo por debajo del intervalo considerado como nocivo (Cuadro 7), con base a lo estipulado por la NOM-004-SEMARNAT-2002, de igual manera la cantidad de coliformes fecales no excedió los límites permisibles para su uso en la producción agrícola.

Cuadro 7. Número de coliformes fecales marcados en la norma para su uso en la agricultura y total de individuos presentes en el té orgánico nutritivo

**Clase	*Indicador bacteriológico de contaminación	Té orgánico nutritivo	
	Coliformes fecales NMP/mL	Coliformes fecales NMP/mL	Coliformes totales NMP/mL
C	Menor de 2 000 000	460 000	1 100 000

* Límites máximo permisibles para parásitos en lixiviados con base en la NOM-004-SEMARNAT-2002.

NMP: número más probable.

** Clase C, correspondiente al aprovechamiento de lixiviados en uso forestal, mejoramiento de suelos o usos agrícolas, en base a la NOM-004-SEMARNAT-2002.

9.3 Variables de crecimiento del jitomate

9.3.1 Altura

Se observaron variaciones para la altura en el caso del jitomate (Figura 4), las plantas regadas con té orgánico nutritivo crecieron en promedio un 6.76 % (109.43 cm) menos, que las plantas regadas con solución nutritiva Hydroenvironment, que alcanzaron una altura máxima promedio de 117.43 cm (n=7).

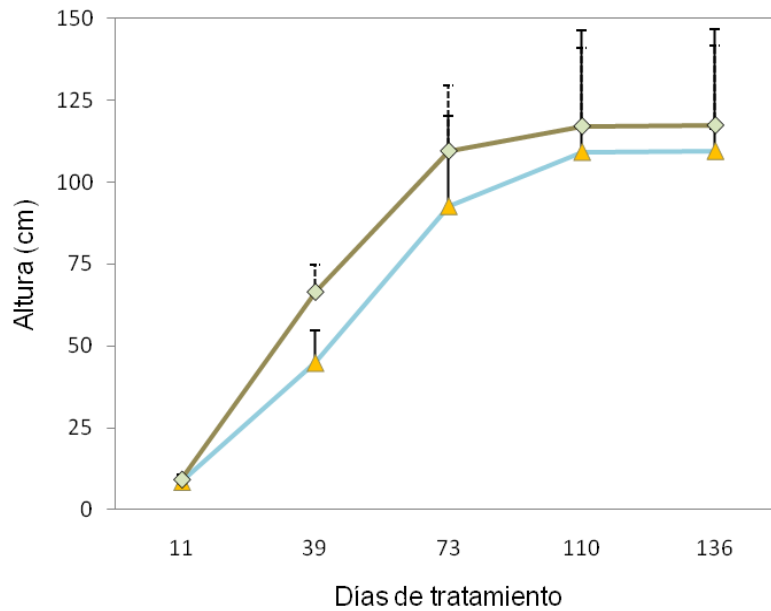


Figura 4. Alturas de las plantas de jitomate regadas con té orgánico nutritivo ▲, y solución nutritiva Hydroenvironment ◆.

Estadísticamente no hubo diferencias significativas en las alturas de las plantas de jitomate al regar con el té orgánico nutritivo y solución nutritiva Hydroenvironment (Cuadro 8). En trabajos similares, autores como Capulín-Grande *et al.* (2005), obtuvieron plantas de jitomate de 96 cm de altura al ser regadas con extracto líquido de bovino (ELEB), así como Pradhan *et al.* (2009) al obtener plantas con una altura promedio de 125 cm, utilizando orina humana con ceniza de madera. Se puede observar que el té orgánico nutritivo está al nivel de estos tratamientos mencionados al generar plantas con una buena altura.

9.3.2 Tasa de crecimiento relativo

La tendencia de la tasa de crecimiento en altura, para las plantas de jitomate regadas con té orgánico nutritivo en comparación con la solución nutritiva Hydroenvironment, mostro similitud, a pesar de que en los primeros 39 días después del trasplante la tendencia fue mayor para las plantas regadas con la solución Hydroenvironment (Figura 5).

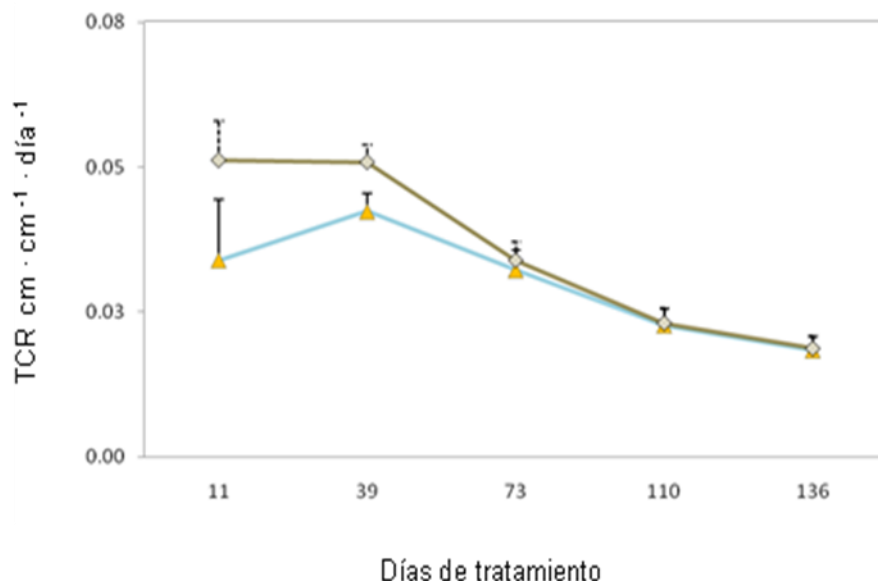


Figura 5. Tasa de crecimiento relativo para las plantas de jitomate regadas con té orgánico nutritivo ▲, y solución Hydroenvironment ◆ .

Estadísticamente no hubo diferencias significativas en la tasa de crecimiento (Cuadro 8), al utilizar el té orgánico nutritivo y solución nutritiva Hydroenvironment. Tjalling (2006), comenta que un factor primordial para el óptimo crecimiento del área foliar, es el nitrógeno, el cual debe estar disponible en forma de ion nitrato, desde los primeros días después del trasplante ya que de esta forma es asimilable y absorbido por la planta (Borrego *et al.*, 2000).

La solución nutritiva química está elaborada con iones nitrato, lo cual representa una rápida asimilación del nitrógeno por las plantas, de aquí que el crecimiento de éstas, presente una mayor tasa al inicio del desarrollo de las plantas, lo cual comparado con el té orgánico, resultó significativo (Figura 5).

En el caso del té orgánico, el nitrógeno contenido en los componentes orgánicos (materia orgánica, estiércol y lixiviado de lombriz), no está presente en forma de ion nitrato, la descomposición de la materia orgánica de compuestos de gran molécula como las proteínas, tiene que pasar por un proceso de mineralización, hasta que se obtienen compuestos orgánicos y minerales de bajo peso molecular, pasando por aminoácidos, iones amonio y nitrato, el proceso es lento, de aquí la diferencia en tasa de absorción, en relación a la solución química, y por lo tanto como consecuencia, una tasa de crecimiento menor al inicio y en general a lo largo del desarrollo de las plantas de jitomate.

La tasa de crecimiento relativo en altura, al principio presentó valores altos y conforme las plantas alcanzaron la madurez sexual, estos valores disminuyeron para ambos tratamientos (Figura 5).

9.3.3 Contenido de clorofila

El contenido relativo de clorofila (CRC), para ambos tratamientos no mostró estadísticamente alguna diferencia significativa ($p \geq 0.05$) (Cuadro 8), a pesar de que las plantas nutridas con la solución química, pudieron presentar una mayor asimilación del ion nitrato debido a su mayor disposición en la solución; esto comparado con la probable baja mineralización del té orgánico, donde el contenido de nitrógeno en las hojas debe ser menor que en la solución nutritiva (Figura 6); sin embargo, al momento de la cosecha el contenido de clorofila se igualó entre los dos tratamientos (Figura 6), debido a la pérdida de follaje en las plantas provocado por las heladas nocturnas de la temporada invernal, así como la

presencia de bajas temperaturas registradas por la noche y temperaturas altas durante el día (2.6 °C – 31.7, en promedio).

De acuerdo con Tjalling (2006), el cultivo de jitomate es de estación cálida, y al estar expuesto a temperaturas debajo de los 10 °C se promueve a la pérdida de follaje, y que la planta sufra heladas (Escalona *et al.*, 2009). Espinoza (2004), menciona también que la temperatura adecuada para el cultivo de jitomate va de los 24 °C – 16 °C en el día y la noche respectivamente.

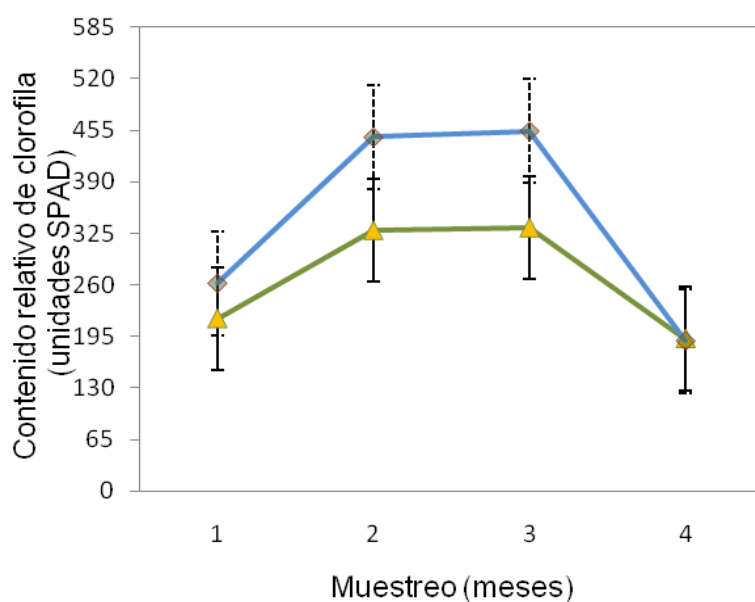


Figura 6. Valores de contenido relativo de clorofila para plantas de jitomate regadas con té orgánico nutritivo ▲, y solución nutritiva Hydroenvironment ◆.

Cuadro 8. Valores de los parámetros de crecimiento para las plantas de jitomate regadas con los dos tratamientos.

Tratamiento	Altura de plantas	TCR	Clorofila
	(cm) \pm ds	(cm·cm ⁻¹ día ⁻¹) \pm ds	CRC \pm ds
Té orgánico nutritivo	117.43 \pm 24.15 a ^y	0.0184 \pm 0.0023 a ^y	192.1 \pm 46.66 a ^y
Hydroenvironment	109.50 \pm 37.39 a ^y	0.0185 \pm 0.0021 a ^y	189.0 \pm 32.05 a ^y

^y Las medias obtenidas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$).

9.3.4 Rendimiento del cultivo de jitomate

El rendimiento, la cantidad total y el peso de los frutos producidos por planta, en promedio, fue mayor, para las plantas regadas con la solución nutritiva Hydroenvironment, en comparación con las plantas regadas con té orgánico nutritivo (Cuadro 9); sin embargo, estadísticamente las diferencias no fueron significativas ($p \geq 0.05$).

Cuadro 9. Valores de rendimiento y número de frutos de las plantas de jitomate regadas con los dos tratamientos

Tratamiento	Rendimiento de fruto	Frutos por planta	Peso por fruto
	(g planta ⁻¹) \pm ds	Total de frutos \pm ds	(g) \pm ds
Té orgánico nutritivo	379.1 \pm 152.5 a ^y	9.8 \pm 3.8 a ^y	40.0 \pm 14.6 a ^y
Hydroenvironment	608.4 \pm 312.0 a ^y	12.6 \pm 7.1 a ^y	49.2 \pm 11.8 a ^y

^y Las medias obtenidas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$).

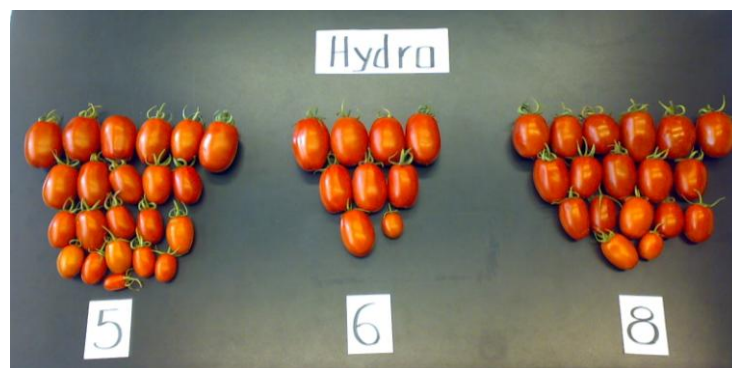
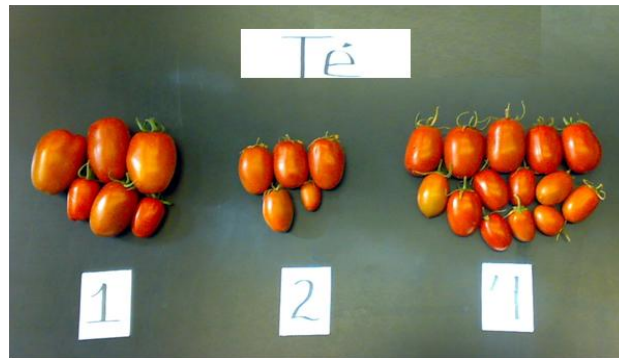


Figura 7. Frutos de jitomate obtenidos de las plantas cultivadas con té orgánico nutritivo (arriba) y con solución Hydroenvironment (abajo).

Resultados similares presentaron Pradhan *et al.* (2009), obteniendo valores ligeramente más altos en cuanto al rendimiento, peso y número de frutos por planta ($488.8 \text{ g/planta}^{-1}$, 55.7g y 8.6 ; respectivamente), usando fertilización mineral en comparación con el complemento de orina humana y ceniza de madera ($354.5 \text{ g/planta}^{-1}$, 53.7 g y 6.3 ; respectivamente), en un cultivo de jitomate; resaltando que no hubo diferencias significativas entre los dos tratamientos.

Por otro lado Ochoa-Martínez *et al.* (2009), en un cultivo de jitomate, obtuvieron valores ligeramente más altos en el rendimiento y peso de fruto ($21.84 \text{ g/planta}^{-1}$ y 223 g , respectivamente), al utilizar solución nutritiva inorgánica en comparación con un té de composta, en donde obtuvo valores menores ($18.21 \text{ g/planta}^{-1}$ y 177 g , respectivamente), pero en este caso, con diferencias

significativas entre los tratamientos utilizados. Del mismo modo Preciado *et al.* (2011), obtuvieron un rendimiento de $3.05 \text{ kg planta}^{-1}$, en un cultivo de jitomate, al regar con solución nutritiva inorgánica, con respecto a un té de vermicomposta del cual obtuvo $1.45 \text{ kg planta}^{-1}$; y de igual forma presentando diferencias significativas entre ambos tratamientos. Rodríguez *et al.* (2009), probaron un té de composta contra un fertilizante inorgánico, obteniendo un peso más alto en promedio por fruto de 212.1 g con el tratamiento orgánico, en contraste con el tratamiento químico que fue de 201.6 g.

Estas diferencias en cuanto al rendimiento al usar soluciones nutritivas inorgánicas contra una solución de origen natural, como ya se menciona anteriormente, se deben a la estandarización y el balance de los elementos que conforman a una solución nutritiva inorgánica, ya que se encuentran disponibles desde un principio al realizar los riegos en las plantas, y al manejar insumos orgánicos (lixiviados de estiércoles, lombricompostas, etc.) los elementos pueden estar presentes en formas que las plantas no pueden aprovechar por completo, pero que se soluciona con la incorporación de complementos que cubran esta necesidad como lo reportaron Preciado *et al.* (2011). Por otra parte, Ochoa-Martínez *et al.* (2009) y Capulín-Grande *et al.* (2005), reportaron que los valores de pH que tienden a la alcalinidad, afectan también a la disponibilidad de los elementos presentes en las soluciones nutritivas y además promueven un ambiente salino en los sustratos, perjudicando también al rendimiento de los cultivos.

9.4 Variables de crecimiento del pimiento morrón

5.4.1 Altura

Las alturas que alcanzaron las plantas de pimiento morrón a lo largo de su desarrollo (Figura 8), fue muy similar para ambos tratamientos. Con el té orgánico nutritivo las plantas alcanzaron una altura máxima en promedio (n=7) de 52.7 cm, lo cual representa solo un 5.7 % menos, que la altura de plantas regadas con solución nutritiva Hydroenvironment. Estadísticamente no hubo diferencias significativas para los dos tratamientos (Cuadro 10).

Capulín-Grande *et al.* (2007), obtuvieron valores similares, en plantas de pimiento morrón con alturas promedio de 62 cm, utilizando estiércol líquido de bovino; así como plantas con una altura promedio de 40 cm al ser abonadas con estiércol de pollo precompostado (Escalona y Pire, 2008). En el mismo rubro, Limpio (2005) ensayo un cultivo de pimentón, utilizando un tratamiento orgánico a base de estiércol de chivo contra un tratamiento químico, con diferencias estadísticas entre ambos; logrando plantas con un altura promedio de 58 cm con el tratamiento químico y de 40 cm con el tratamiento orgánico.

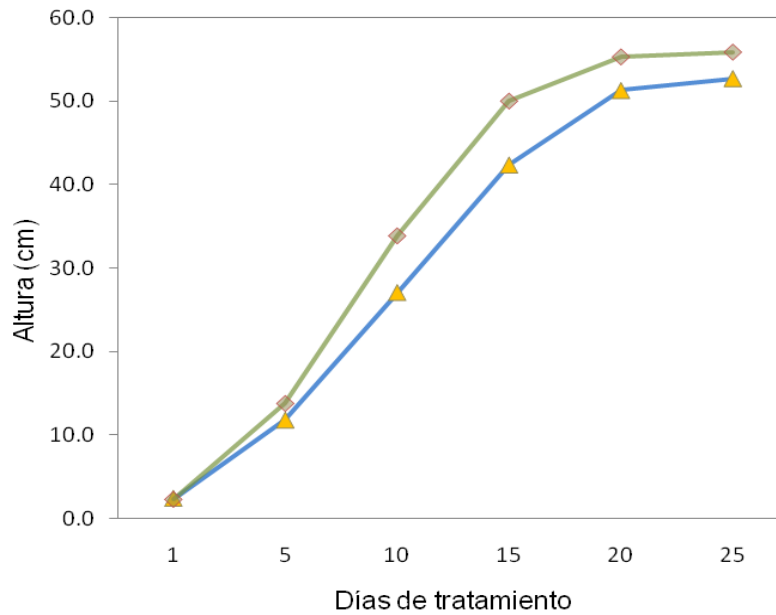




Figura 8. Alturas de la plantas de pimienta morrón regadas con té orgánico nutritivo , y solución nutritiva Hydroenvironment .

5.4.2 Tasa de crecimiento relativo

La tasa de crecimiento relativo (TCR) no presentó diferencias significativas (Cuadro 10) al término del cultivo en las plantas de pimienta regadas con té orgánico nutritivo y solución nutritiva Hydroenvironment (Figura 9). Sin embargo, es importante resaltar que ocho días después del trasplante, la TCR fue mayor en las plantas regadas con la solución nutritiva Hydroenvironment, pero posteriormente el ritmo de crecimiento se igualó entre ambos tratamientos.

Valle (2010), obtuvo una tasa de crecimiento relativo en plantas de pimiento morrón al ser regadas con solución nutritiva química (concentración de 25%), muy similar a las obtenidas en este estudio.

Estos valores altos en los primeros días después del trasplante, van en relación al acelerado crecimiento celular que estimula el rápido crecimiento y que va disminuyendo conforme avanza el desarrollo de las plantas y su paso por las siguientes etapas fenológicas (floración y fructificación), hasta llegar a cero (Barraza, 2004; Valle, 2010).

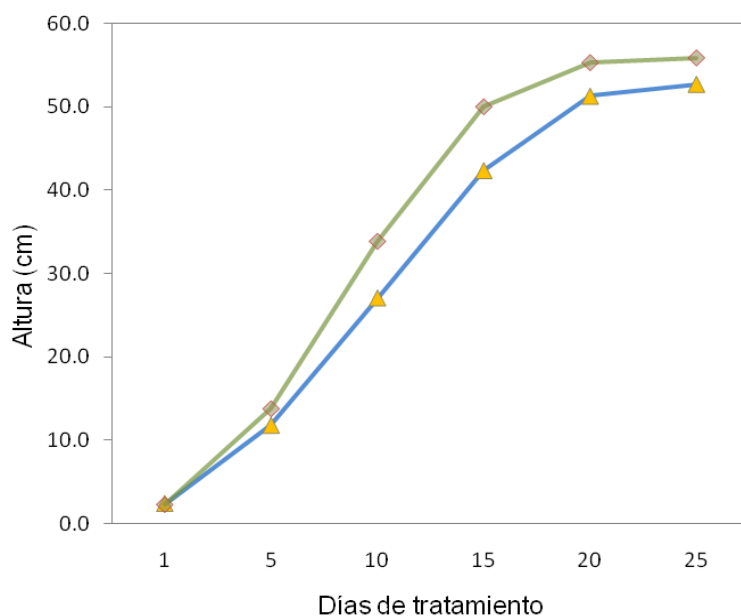


Figura 9. Alturas de la plantas de pimiento morrón regadas con té orgánico nutritivo ▲, y solución nutritiva Hydroenvironment ◆.

5.4.3 Contenido de clorofila

El contenido relativo de clorofila (CRC) no presentó diferencias significativas en las plantas de pimiento morrón regadas con té orgánico nutritivo y solución nutritiva Hydroenvironment (Cuadro 10). A pesar de que a los 32 días después del trasplante se observó un contenido mayor en las plantas con té orgánico nutritivo, y que posteriormente fue superado este valor por las plantas regadas con solución nutritiva Hydroenvironment (Figura 10).

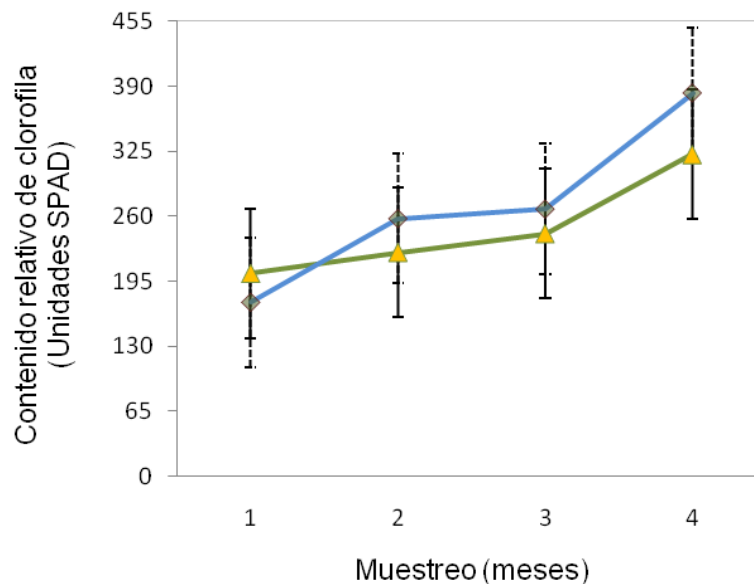




Figura 10. Valores de contenido relativo de clorofila para plantas de pimiento morrón regadas con té orgánico nutritivo , y solución nutritiva Hydroenvironment .

del Amor *et al.* (2006), presentaron valores de tasa fotosintética en plantas de pimiento morrón sometidas a un tratamiento convencional (químico), el cual presentó un 26.5 % más de tasa fotosintética en comparación con un tratamiento ecológico (a base de estiércol de caballo).

Por su parte Berrios *et al.* (2007), indicaron que desde el inicio del riego los elementos que van en la solución nutritiva deben estar disponibles para las plantas para su adecuado aprovechamiento, lo cual se ve reflejado en una correcta asimilación de los mismos y en las funciones que se presentan en las plantas, como lo es el proceso fotosintético. del Amor *et al.* (2006), comenta que la reducción, particularmente, de nitrato en el sustrato repercute en el adecuado crecimiento y desarrollo de la planta, ya que el poco suministro de nitrógeno que llega a la parte aérea puede reducir la expansión foliar y la tasa fotosintética.

Cuadro 10. Valores de los parámetros de crecimiento para las plantas de pimiento morrón regadas con los dos tratamientos.

Tratamiento	Altura de plantas	TCR	Clorofila
	(cm) ± ds	(cm·cm ⁻¹ día ⁻¹) ± ds	CRC ± ds
Té orgánico nutritivo	52.71 ± 5.70 a ^y	0.020 ± 0.002 a ^y	247.85 ± 15.77 a ^y
Hydroenvironment	55.85 ± 6.06 a ^y	0.020 ± 0.002 a ^y	270.71 ± 29.02 a ^y

^y Las medias obtenidas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey.

9.4.4 Rendimiento del cultivo de pimiento morrón

No se mostró una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al peso total, peso por fruto y número de frutos por planta de pimiento morrón; al utilizar el té orgánico nutritivo y la solución nutritiva Hydroenvironment (Cuadro 11).

Algunos autores como Vega *et al.* (2009), obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, al presentar un rendimiento mayor en un cultivo de ají chay (*Capsicum annuum* L.) con lombricomposta ($59 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), contra un tratamiento organomineral ($43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), formado por una mezcla de superfosfato triple, cloruro de potasio, cachaza, lombricompuesto y zeolita.

De forma opuesta, Limpio (2005), obtuvo un mayor rendimiento y número de frutos por planta de pimentón, al usar un tratamiento químico ($8,000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $31,000$ frutos, respectivamente), en comparación con un tratamiento orgánico a base de vermicomposta ($5,494 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $23,333$ frutos); a pesar de esto no hubo diferencias significativas estadísticamente.

Por otra parte Capulín-Grande *et al.* (2007), también obtuvieron un rendimiento mayor, así como un mayor número y peso de los frutos ($4,069.6 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$, 63.5 frutos $\cdot\text{planta}^{-1}$, y 64.10 g ; respectivamente) en plantas de pimiento morrón al utilizar ELEB (extracto líquido de estiércol bovino), acidulado con ácido nítrico en comparación con ELEB acidulado con ácido acético ($276.0 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$, 4.7 frutos $\cdot\text{planta}^{-1}$, 58.97 g ; respectivamente); estos últimos valores fueron muy similares a los obtenidos en el presente estudio.

Es importante mencionar, que ellos obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento y número de frutos, pero no fue así para el peso de los frutos; comentan que en una planta con pocos frutos, hay una menor competencia entre ellos y por lo tanto pueden alcanzar un tamaño semejante a los de una planta más rendidora o con un número mayor de frutos.

La diferencia tan marcada en el número de frutos se debe a una mayor disponibilidad de nitrógeno para las plantas, al ser regadas con ELEB + ácido nítrico, ya que al ser regadas con ELEB + ácido acético disminuye la disponibilidad de nitrógeno aprovechable por la formación de sales orgánicas de baja ionización que se inactivan, factor que probablemente se dio en el presente estudio, por

trabajar con insumos naturales que manejan una gama de elementos los cuales requieren ciertas condiciones para estar disponibles y ser asimilados por las plantas.

Cuadro 4. Valores de rendimiento, número y peso de frutos en las plantas de pimiento morrón regadas con los dos tratamientos

Tratamiento	Rendimiento de fruto	Frutos por planta	Peso por fruto
	(g planta ⁻¹) ± ds	Total de frutos ± ds	(g) ± ds
Té orgánico nutritivo	252.6 ± 80.5 a ^y	8.0 ± 5.1 a ^y	42.2 ± 25.2 a ^y
Hydroenvironment	309.9 ± 110.9 a ^y	7.0 ± 3.2 a ^y	49.3 ± 27.1 a ^y

^y Las medias obtenidas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey.

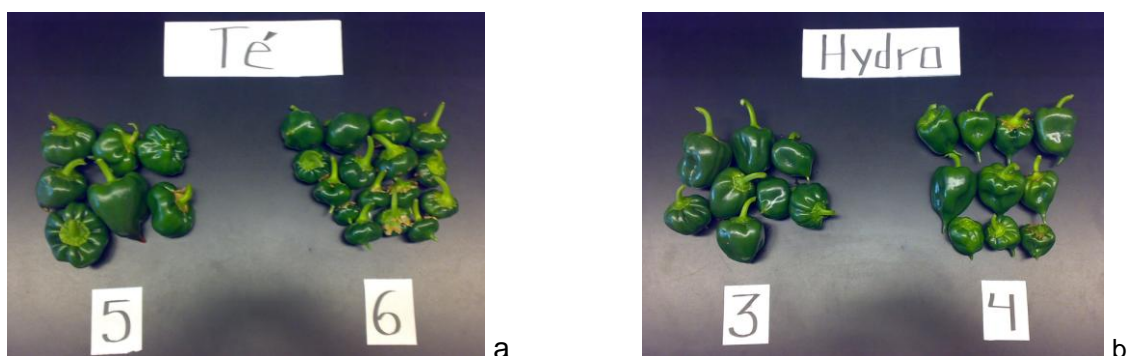


Figura 11. Frutos de pimiento morrón obtenidos de plantas cultivadas con té orgánico (a) y solución Hydroenvironment (b).

9.5 Costos de producción y relación costo/beneficio

Conforme a los insumos utilizados para la elaboración del invernadero y para el cultivo de jitomate y pimiento morrón se describen a continuación los costos de producción (Cuadro 12 y 13).

Cuadro 5. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra para la elaboración de invernadero de madera.

Invernadero de madera				
Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario (m.n)	Costo (m.n)
Material				
Vigas de madera	17	piezas	\$ 22.00	\$ 374.00
Plástico blanco para invernadero (8.2 m de ancho)	6	m	\$122.70	\$ 797.55
Malla antiafido (1.8 m de ancho)	16	m	\$ 39.60	\$ 574.20
Clavos	100	g	\$ 10.00	\$ 10.00
Grapas	1	caja	\$ 25.00	\$ 25.00
Bisagras	3	pieza	\$ 4.00	\$ 12.00
Rafia para tutoreo	11	rollo	\$ 45.00	\$ 45.00
Termómetro higrómetro	1	pieza	\$180.00	\$ 180.00
Mano de obra				
Construcción de invernadero	6	jornales	\$120.00	\$ 720.00
Total				\$2,737.75

Cuadro 6. Presupuesto de insumos para el cultivo de jitomate y pimiento morrón.

Cultivo de jitomate y pimiento				
Concepto	Cantidad	Unidades	Precio unitario (m.n)	Costo (m.n)
Insumos				
Bolsa de vivero	40	Kg	\$ 4.00	\$ 80.00
Tezontle	4	Costales	\$ 70.00	\$ 280.00
Semillas (jitomate y pimiento)	200	Semillas	\$ 20.00	\$ 20.00
Solución nutritiva	4	Kg	\$120.00	\$ 480.00
té orgánico				
Estiércol	2	costales	\$150.00	\$ 300.00
Lixiviado de lombricomposta	40	Lts.	\$ 20.00	\$ 800.00
Orina humana			\$ 0.00	\$ 0.00
Roca fosfórica	2	Kg	\$ 10.00	\$ 20.00
Piloncillo	2	Kg	\$ 21.00	\$ 42.00
Vinagre	11	Lts.	\$ 8.00	\$ 88.00
Mano de obra				
Mantenimiento por tratamiento	86.5	Hrs.	\$ 7.50	\$ 648.75
Total				\$2,758.75

De acuerdo a los datos obtenidos para el cálculo de la relación costo beneficio en el cultivo de jitomate y pimiento morrón (Cuadro 14), se obtuvo un valor más alto para los cultivos regados con la solución nutritiva Hydroenvironment, en comparación con los cultivos regados con el té orgánico nutritivo; debido al costo total de producción del cultivo, ya que los insumos utilizados para la elaboración del té orgánico nutritivo generaron un costo levemente mayor para su adquisición en comparación con el costo de la solución nutritiva Hydroenvironment, donde el costo de esta fue menor.

A pesar de lo mencionado anteriormente, si se toman en cuenta los costos que se generan por externalidades (Tegtmeier *et al.*, 2004), es decir, el pago por impacto al ambiente y a la salud humana; los costos de producción para el cultivo químico se elevarían demasiado, caso contrario en los cultivos orgánicos donde por utilizar subproductos naturales no existiría problema alguno por contaminación al ambiente. Ya que el índice de costo beneficio resultó ser menor a uno, se consideraría como cultivos menos rentables en donde se utilizo el té orgánico, sin embargo son una excelente alternativa, de entrada, para ser destinados al autoconsumo; posteriormente se puede llevar a mayor escala por pequeños productores.

Cuadro 74. Datos de la relación costo/beneficio en el cultivo de jitomate y pimiento morrón para los dos tratamientos utilizados.

Tratamiento	Beneficios (m.n)	Costo total de producción del cultivo (m.n)	B/C
Jitomate químico	\$ 76.66	\$1,596.75	0.05
Jitomate orgánico	\$ 61.02	\$2,578.75	0.02
Pimiento químico	\$ 65.09	\$1,596.75	0.04
Pimiento orgánico	\$139.69	\$2,758.75	0.05

X. Conclusiones

En general y en relación a la solución nutritiva comercial, el té orgánico, presentó una composición alta en nitrógeno, potasio, magnesio; baja en fósforo y calcio y similar en fierro y manganeso; sin embargo en el caso de los nutrimentos presentes en concentraciones bajas, no se observaron deficiencias nutrimentales en los dos cultivos.

El contenido de coliformes fecales y totales para el té orgánico presentó una concentración por debajo del límite máximo permisible (22% menos) estipulado por la NOM 004-SEMARNAT-2002.

El crecimiento y rendimiento del jitomate y del pimiento morrón, presentaron resultados similares entre el té orgánico y la solución nutritiva.

El cultivo de estas dos hortalizas utilizando un té orgánico resultó no costoso, en su fase inicial, debido a los altos costos involucrados en la construcción del invernadero, sin embargo en los cultivos subsiguientes, se podrían obtener ganancias económicas y beneficios ambientales.

El empleo de insumos orgánicos en cultivos agrícolas elimina la dependencia de insumos sintéticos, no se generan daños al medio, los costos de producción se disminuyen en gran medida y la alternativa para el emplear estas técnicas en cultivos para el autoconsumo de las personas.

La hipótesis del trabajo se cumplió totalmente, por lo que el té orgánico puede reemplazar el uso de la solución nutritiva comercial Hydroenvironment y obtener un rendimiento similar para el cultivo de las variedades de jitomate y pimiento morrón, utilizadas en este estudio, sin riesgo de deficiencia nutrimental para los cultivos ni para la salud humana.

XI. Recomendaciones

Para el caso del cultivo de jitomate, se recomienda sembrar en el periodo que comprenden los meses de marzo hasta agosto, donde las condiciones ambientales son favorables para el adecuado desarrollo este cultivo.

Si se desea establecer el cultivo de jitomate en época invernal, es importante contar con un invernadero que cuente con las condiciones adecuadas para poder mitigar las temperaturas bajas que prevalecen en esta época y que afectan el desarrollo adecuado del cultivo.

Es recomendable poder implementar diferentes ácidos orgánicos que permitan la mejor disponibilidad de los nutrimentos en la solución nutritiva utilizada en estos cultivos hortícolas.

Se recomienda tener los tratamientos utilizados en completo aislamiento uno de otro, para evitar la propagación de organismos plaga y poder comprobar la teoría de la trofobiosis.

Para poder obtener resultados mucho mas puntuales es importante incrementar el número de repeticiones en los tratamientos utilizados para identificar diferencias y similitudes entre estos.

XII. Referencias

- Altieri M., Nichols C. 2000. *Agroecología, Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Serie textos básicos para la formación ambiental. México, D.F.
- Atkin K. y Nichols M. 2008. Hidroponía Orgánica. *Red Hidroponía* **38**: 12-16.
- Barraza F., Fischer G., Cardona C. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en el valle del Sinú medio, Colombia. *Agronomía Colombiana* **22**: 81-90.
- Barbado J. 2003. *Huertas Orgánicas*. Albatros, Buenos Aires - República de Argentina.
- Barbado J. 2005. *Hidroponía: Su empresa de cultivos en agua*. Albatros, Buenos Aires, Argentina.
- Berrios M., Arredondo C., Tjalling H. 2007. *Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad: Pimiento*. SQM, Chile.
- Borrego F., Fernández J., López A., Parga V., Murillo M., Carvajal A., 2000. Análisis de crecimiento en siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Mesoamericana* **35**: 145-149.
- Capulín-Grande J., Núñez-Escobar R., Etchevers-Barra, Baca-Castillo G., 2001. Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. *Agrociencia* **35**: 287-299.
- Capulín-Grande J., Núñez-Escobar R., Sánchez-García P., Martínez-Garza A., Soto-Hernández M., 2005. Producción de jitomate con estiércol líquido de bovino, acidulado con ácidos orgánicos e inorgánicos. *Terra Latinoamericana* **23**: 241-247.
- Capulín-Grande J., Núñez-Escobar R., Aguilar-Acuña J., Estrada-Botello M., Sánchez-García P., Mateo-Sánchez J. 2007. Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Revista Chapingo. Serie horticultura* **13**: 5-11.

Castro-Brindis, Galvis-Spínola, Sánchez-García, Peña-Lomeli, Sandoval-Villa; Alcantar-Gonzalez. 2004. Demanda de Nitrógeno en Tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* **10**: 147-152.

Cruz H., Ortiz C., Sánchez del Castillo, Mendoza C. 2005. Biomasa e índices fisiológicos en chile morrón cultivado en altas densidades. *Revista Fitotecnia Mexicana* **28**: 287-293.

Cruz-Lázaro E., Osorio-Osorio R., Martínez-Moreno E., Lozano del Río A., Gómez-Vazquez A., Sánchez-Hernández R. 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *INTERCIENCIA* **35**: 363-368.

Cuervo O. 2010. Abonos Orgánicos como insumo de nutrición vegetal en un sistema hidropónico alternativo. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 67 pp.

Cun R., Duarte C., Montero L. 2008. Producción de jitomate mediante la aplicación de humus de lombriz y EcoMic[®] en condiciones de casa de cultivo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* **17**: 22-25.

del Amor F., Navarro J., Ortuño G. 2006. Crecimiento y nutrición mineral del pimiento bajo tres técnicas de cultivo. En: VII Congreso SEAE Zaragoza 2006 (pp. 1-6).

Escalona A., y Pire R. 2008. Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quibor, estado Lara. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* **25**: 243-260.

Escalona V., Alvarado P., Monardes H., Urbina C., Martin A. 2009. *Manual de cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.)*. Facultad de Ciencias Agronomicas Universidad de Chile. Chile

Espinosa Z . 2004. Producción de tomate en invernadero. En: Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura 2004: Invernaderos, diseño, manejo y producción (pp. 19-43). Torreón, Coahuila, México.

Gliessman S. 2002. *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba. Costa Rica.

Hunt R., Causton D. R., Shipley B., Askew P. 2002. A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany* **90**: 485-488.

K. Pradhan, K. Holopainen, Heinonen-Tanski. 2009. Stored Human Urine Supplemented with Wood Ash as Fertilizer in Tomato (*Solanum lycopersicum*) Cultivation and Its Impacts on Fruit Yield and Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57**: 7612-7617.

Lara A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *TERRA* **17**: 221-229.

Limpio J. 2005. Efecto comparativo entre el humus sólido de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y fertilizantes químicos sobre el comportamiento agronómico del pimentón (*Capsicum annuum* L.) y del pepino (*Cucumis sativus* L.). Trabajo de grado como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, Escuela de Ingeniería Agronómica, Departamento de Agronomía Maturín, Venezuela. 162 pp.

Ochoa-Martínez E., Figueroa-Viramontes U., Cano-Ríos P., Preciado-Rangel P.; Moreno-Reséndez A., Rodríguez-Dimas N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en Invernadero. *Revista Chapingo serie Hortícola* **15**: 22-27.

Olufunke C., René van V., Verele de Vreede, Stan M. 2010. Gestión de Residuos para la Recuperación de Nutrientes: Opciones y desafíos para la agricultura urbana. *Revista Agricultura Urbana*. **23**: 3-7.

Orozco A. 2010. *Manual de prácticas para la enseñanza de la Horticultura Orgánica Volumen 1*. México, D.F.

Preciado-Rangel P., Torres A., Segura-Castruita A., Fortis-Hernández; García-Hernández, Rueda-Puente O., Sánchez-Chávez. 2010. Evaluación de la orina humana como fuente de nutrientes en la producción de plántulas de jitomate. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo* **26**: 171-178.

Preciado P., Fortis M., García-Hernández J., Rueda E., Esparza J., Lara A., Segura M., Orozco J. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *INTERCIENCIA* **36**: 689-693.

Ramos-Gourcy F., De Luna-Jiménez A. 2006. Evaluación de tres variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) en cuatro concentraciones de una solución Hidropónica bajo invernadero. *En Investigación y Ciencia* **34**:6-11.

Ramos O., Carballo C., Hernández L. 2006. Caracterización de líneas de jitomate en Hidroponía. *Agricultura Técnica de México* **32**: 213-223.

Rodriguez N., Cano P., Figueroa U., Favela E., Moreno A., Márquez C., Ochoa E., Preciado P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *TERRA Latinoamericana* **27**: 319-327.

Rodríguez S. 1982. *Fertilizantes, Nutrición Vegetal*. AGT Editor S. A. México, D.F.

Ruiz T., J. 1996. Evaluación de proyectos agropecuarios. Durango: Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Nacional Autónoma Chapingo, México.

Salisbury F., Ross C. 1992. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F.

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. *NOM-004-SEMARNAT-2002*. México: Diario Oficial, 2002.

Tegtmeier E., Duffy M. 2004. External Cost of Agricultural Production in the United States. *International Journal of Agricultural Sustainability* **2**: 1-20 pp.

Sánchez F., Escalante E., R. 1981. *Hidroponía: Principios y métodos de cultivo*. Universidad Autónoma Chapingo, México.

Schuldt M. 2006. *Lombricultura: teoría y práctica*. Mundi Prensa. Madrid, España.

Serrano C. 1978. *Tomate, pimiento y berenjena en invernadero*. Publicaciones de extensión Agraria. España.

Taiz L., y Zeiger E. 2006. *Fisiología Vegetal Volumen 2*. Universitat Jaume. España.

Taiz L. y Zeiger E. 2010. *Fisiología Vegetal*. Sinauer Associates Inc. E.U.

Tjalling H. 2006. *Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad: Tomate*. SQM, Chile.

Tlateomanis Consultores Ambientales (2010). *Manual de manejo Integral de Desechos Orgánicos en el Hogar. Creando lombricomposta en nuestra casa*. Inédito. Biblioteca Agropecuaria, México.

Valle J. 2010. Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). Tesis que como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura, Chapingo, México, 90 pp.

Vázquez G. 2004. Composta de lodos residuales como sustrato para producción de plántula de jitomate, pimiento morrón y pepino. Tesis de Ingeniero en Agroecología, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Agroecología, Chapingo, Edo. De México.

Vega E., Rodríguez R., Serrano N. 2009. Sustratos orgánicos usados para la producción de aji chay (*Capsicum annuum* L.) en un huerto orgánico intensivo del trópico. *Revista UDO Agrícola* **9**: 522-529.

Zapata F., R. N. Roy. 2007. Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. Boletín FAO Fertilizantes y nutrición vegetal, Roma.

Referencias electrónicas

Agroestrategias Consultores. 2007. Nutrición mineral de las plantas.

<<http://www.agroestrategias.com/pdf/Nutrición%20-%20Nutricion%20Mineral%20de%20las%20Plantas.pdf>> (revisado el 23 de abril de 2012).

J. Arroyo y Bulnes P. 2005. Lo que sabemos de orina humana como fertilizante. Sarar Transformación SC.

<<http://www.sarar-t.org/publicaciones/A4-05%20Lo%20que%20sabemos%20de%20la%20orina%20humana%20como%20fertilizante.pdf>> (Consultado el 24 de Abril de 2012).

Apéndice 1. Deficiencias de los principales macro y micro elementos en las plantas (Taiz y Zeiger, 2010).

Elemento	Síntomas por su deficiencia
Nitrógeno	La deficiencia de nitrógeno rápidamente inhibe el crecimiento de la planta, si persiste la deficiencia, la mayor parte de las plantas muestran clorosis; es decir, un amarilleo en las hojas, sobre todo en las más viejas, aquellas que se localizan cerca de la base de la planta.
Fosforo	La deficiencia de fosforo impide el crecimiento en las plantas jóvenes y se muestra una coloración verde oscura en las hojas, presentando malformaciones además manchas pequeñas de tejido muerto o necrótico. Otro síntomas más en plantas deficientes de fosforo, es la formación de tallo delgado, la muerte de las hojas más viejas y el retraso de la maduración en la planta.
Potasio	El primer síntoma observable por la deficiencia de potasio es la clorosis marginal, así como en las puntas de las hojas, hasta llegar a la base de la hoja. Los tallos de la plantas pueden ser delgados y débiles, al igual que presentar regiones cortas de modo anormal. Por otra parte las raíces son más susceptibles a la presencia de hongos, provocando la pudrición de la misma.
Calcio	Provoca necrosis en la punta de las raíces y hojas jóvenes, además de presentar deformaciones en las hojas y en raíces tonalidades parduscas
Magnesio	La sintomatología característica se da por la presencia de clorosis entre las venas de las hojas más viejas, si es masivo el síntoma, las hojas pueden tornarse amarillentas o blanquecinas.
Manganeso	Presencia de clorosis intervenosa asociada con el desarrollo de manchas necróticas, esta clorosis puede ocurrir sobre hojas más jóvenes o más viejas, dependiendo la especie de planta.
Fierro	Como en el caso del magnesio, un síntoma de deficiencia del hierro es la clorosis intervenosa, en contraste con síntomas de deficiencia del magnesio, esos síntomas aparecen al principio sobre las hojas más jóvenes. En condiciones de deficiencia extrema o prolongada, las hojas pueden tornarse a una coloración blanquecina.
Zinc	Se presenta una reducción del crecimiento internodal, de forma que las plantas presentan un habito arosetado de crecimiento, en el cual las hojas forman un racimo circular. Las hojas también pueden ser pequeñas y deformadas.
Boro	Un síntoma característico es la necrosis negra de las hojas jóvenes y brotes terminales. La necrosis en las hojas jóvenes ocurre principalmente en la base de la lámina de la hoja. Los tallos son excepcionalmente tiesos y frágiles.