

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO.**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA.
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO.**



**EFICIENCIA DE USO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN
TOMATE ESTABLECIDO EN SUSTRATO HIDROPÓNICO
BAJO INVERNADERO.**

TESIS

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

INGENIERO AGRÍCOLA AMBIENTAL.

PRESENTA:

RAMÓN DONOVAN ZARAGOZA NIETO.

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

OCTUBRE 2011.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO.**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA.
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO.**

**EFICIENCIA DE USO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN TOMATE
ESTABLECIDO EN SUSTRATO HIDROPÓNICO BAJO
INVERNADERO.**

POR:

RAMÓN DONOVAN ZARAGOZA NIETO

TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

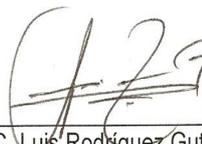
ING. AGRICOLA AMBIENTAL

Aprobada por:



Dr. Ricardo Requejo López.
Asesor Principal

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA
Ingeniería

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, OCTUBRE 2011.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO.**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA.
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO.**

**EFICIENCIA DE USO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN TOMATE
ESTABLECIDO EN SUSTRATO HIDROPÓNICO BAJO
INVERNADERO.**

POR:

RAMÓN DONOVAN ZARAGOZA NIETO

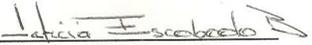
TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

TITULO DE:

ING. AGRICOLA AMBIENTAL


Dr. Ricardo Requejo López.
Asesor Principal.


M.C. Leticia Escobedo Bocardo.
Coasesor.


M.C. Hermila Trinidad García Osuna
Coasesor.


Universidad de Coahuila de Ciencias Exactas y Naturales
"ANTONIO NARRO"
M.C. Emilio Rosón Alvarado.
Coasesor.


M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA


BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, OCTUBRE 2001.

AGRADECIMIENTOS.

A mi Alma Terra Mater que me abrió las puertas para darme la oportunidad de superarme aportándome todas las facilidades para ser una mejor persona y tener una mejor perspectiva de vida.

Al Doctor Ricardo Requejo López por su valiosa participación y apoyo brindado en la realización de este trabajo, por sus consejos oportunos, y por la gran amistad que me brindo.

Al Doctor Emilio Rascón Alvarado quien deposito en mí su confianza y amistad desinteresada y su apoyo para la realización en este trabajo de investigación.

A la M.C. Leticia Escobedo Bocardo por el apoyo y agilización en el proceso de la investigación.

A la M.C. Hermila Trinidad García Osuna por el apoyo en la realización en este trabajo de investigación.

A todos mis compañeros y amigos de generación por haberme acompañado durante este tiempo, encontrando en ellos una gran amistad por su gran ayuda en las labores de trabajo.

DEDICATORIA.

A mis padres el Sr. Ramón Zaragoza Torres (†) por los consejos otorgados a lo largo de mi vida y porque siempre estuvo cerca de mí; a la Sra. Remedios Nieto Mendoza por el apoyo incondicional brindado durante toda mi vida, por los consejos oportunos y por la confianza que me ha otorgado. Gracias mamá.

A mis hermanas Maciel, Sagrario y Luz Clara, con las que siempre cuento para platicar y desahogarme en aquellos momentos de preocupación en donde siempre sacan las cosas buenas y buscan la forma de hacerme sentir mejor.

Al Ing. Hugo Arizpe Barrios por la oportunidad que me otorgo para que hoy yo pueda estar acá y exponer este trabajo. Gracias!!

A mi compañera y amiga en los momentos malos y buenos, por haber creído en mí y haberme soportado tanto tiempo, por tus consejos y por mostrarme las cosas tan valiosas por las que hay que vivir gracias Olga Mateo Juárez te quiero.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
HIPÓTESIS.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Generalidades del cultivo.....	5
Cultivos hidropónicos.....	5
Solución nutritiva.....	9
Té de composta – Líquido de lombriz.....	10
Vermicomposta.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
Localidad donde se realizó la investigación.....	15
Ubicación geográfica.....	15
Establecimiento y conducción de la investigación.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
Número de tomates.....	20
Peso de tomates.....	21
Líquido por kilogramo.....	23
Costo del sustrato por kilogramo de tomate.....	25
Costo de la solución por kilogramo de tomate.....	27
Costo del sustrato y la solución por kilogramo de tomate.....	28
Beneficio.....	30
Beneficio / costo de la solución por kilogramo de tomate.....	32
Beneficio / costo de la solución y el sustrato por kilogramo de tomate.....	34
CONCLUSIONES.....	35
LITERATURA CITADA.....	37
PÁGINAS WEB.....	42

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Tratamientos evaluados en el experimento al 100% de la solución mineral.	16
CUADRO 2. Tratamientos evaluados en el experimento al 50% de la solución mineral y líquido de lombriz.....	16
CUADRO 3. Solución nutritiva utilizada (Cadahia, 2005).....	17
CUADRO 4. Cuadrados medios y prueba de f de los análisis de varianza para la eficiencia de uso de la solución nutritiva en tomate establecido en sustratos hidropónicos bajo invernadero.	20
CUADRO 5. Costos promedio de los sustratos asociados en la producción de un kilogramo de tomate para la solución 50/LL.....	27
CUADRO 6. Costos promedio de los sustratos asociados en la producción de un kilogramo de tomate para la solución 100/Sol.....	27
CUADRO 7. Valores de la relación beneficio/costo por kilogramo de tomate...33	
CUADRO 8. Variación de los beneficios comparándolos con el beneficio/costo de la solución para ambas soluciones.	33

ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA 4.1. Número de tomates en relación a los tratamientos evaluados.	21
FIGURA 4.2. Relación de los pesos de tomates por cada tratamiento..	22
FIGURA 4.3. Líquido de solución consumido durante todo el experimento por kilogramo de tomate obtenido.	25
FIGURA 4.4. Costo del sustrato de cada mezcla elaborada por kilogramo de tomate.	26
FIGURA 4.5. Costo de la solución por kilogramo de tomate obtenido.	28
FIGURA 4.6. Relación del costo de la solución y del sustrato por kilogramo de tomate.	29
FIGURA 4.7. Beneficioglobal correspondiente a cada tratamiento evaluado....	32
FIGURA 4.8. Beneficio / costo de la solución por kilogramo de tomate.	33
FIGURA 4.9. Beneficio / costo de la solución sustrato por kilogramo de tomate.	35

PALABRAS CLAVE.

Evapotranspiración.

Eficiencia en el uso del agua.

Sustrato.

Sustratos sólidos.

Variedad Floradade.

Tomate (*Solanum lycopersicum*).

Cultivos hidropónicos.

Hidroponía.

Sistema hidropónico.

Agricultura de Ambiente Controlado.

Té de compost.

Solución nutritiva.

Vermicomposta.

Invernadero.

Beneficio.

Beneficio costo de la solución.

Beneficio costo de la solución sustrato.

Número de tomates.

Peso de tomates.

Litros de solución usada por kilogramo de tomate

Costo del sustrato por kilogramo de tomate

Costo del sustrato y solución por kilogramo de tomate.

INTRODUCCIÓN.

El agua es un factor de producción esencial en agricultura. Su movimiento en el entorno vegetal tiene lugar a través del denominado continuo suelo (o sustrato) – planta - atmósfera. Definimos un término de gran importancia en agronomía: entendemos por evapotranspiración a la evaporación conjunta de agua desde el suelo y desde las superficies vegetales, que representamos por el símbolo ET. La ET constituye un importante componente del intercambio de calor latente en el estudio del balance de energía de los cultivos. Como resultado de la asimilación de CO₂ en la fotosíntesis la energía radiante es transformada en energía química, y tras la oportuna respiración la evidencia del crecimiento de las plantas queda patente cuando se estudia su biomasa. La producción hortícola en el entorno de la sostenibilidad de los sistemas agrarios está altamente comprometida con el uso racional de un recurso tan escaso como el agua y tanto ecológica, como agrónomicamente una interesante batería de medidas del uso que hacen los cultivos son los índices de eficiencia en el uso del agua (EUA). (Abad et al. 1999).

Se entiende por eficiencia en el uso del agua (EUA) a la relación existente entre la biomasa presente en un determinado momento en un cultivo por unidad de agua utilizada por este; cuando se trata de analizar fisiológicamente el uso de agua que ha realizado una planta o unidad de superficie se suele emplear como numerador dentro de esta relación la

biomasa total (B), mientras que cuando se pretende enfocar el empleo de agua con un componente meramente productivo y económico se recurre a sustituir la biomasa por el rendimiento (Y). Surgen así sendos índices ambos válidos para la horticultura que representamos como EUAB y EUAY, siendo: $EUA_B=B/ET$ y $EUA_Y=Y/ET$.

Hoy día una de las fortalezas que son empleadas tras un análisis profundo de la eficiencia de la gestión de los recursos naturales de los sistemas hortícolas intensivos, es precisamente la elevada eficiencia en el uso del agua bajo invernadero cuando se contrastan los valores de EUAY registrados en sistemas de cultivo al aire libre frente a sistemas de cultivo protegidos. (Fernández y Camacho, 2005).

Un sustrato es un medio sólido inerte, que tiene una doble función: primera, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración; segunda, contener el agua y los nutrientes a base de la “solución hidropónica” que las plantas necesitan. El empleo de los sustratos sólidos por los cuales circula la solución nutritiva es la base del cultivo hidropónico.

Un buen sustrato hidropónico debe reunir un conjunto de características que lo hagan apto para el cultivo. No siempre un sustrato reúne todas las características deseables; por ello, se recurre a mezclar diversos materiales buscando que unos aporten lo que les falta a otros.

Lo más importante que debe tener un buen sustrato es retener humedad, permitir aireación, estabilidad física, ser química y biológicamente inerte, buen drenaje, capilaridad, liviano, de bajo costo y estar disponible.

El jitomate en México, es la segunda hortaliza en importancia después del chile, ha ocupado una superficie de 262 mil hectáreas con una producción de 9.6 millones de toneladas durante los últimos 8 años (2004-2011), el rendimiento medio fue de 37 t Ha⁻¹ (SIAP, 2011). Su importancia radica en que posee cualidades esenciales para adecuarse a la dieta alimenticia, sea consumido en fresco o procesado.

Es una hortaliza importante para el país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera, además es el principal producto hortícola de exportación, representa 28 por ciento del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas y 9.3 por ciento del valor total de las exportaciones agropecuarias en el ciclo 2009-2010 (SIAP, 2011).

La variedad Floradade de crecimiento determinado, es una planta grande y adaptable a climas húmedos. A nivel nacional e internacional Floradade es muy conocida en el mercado fresco, es muy buena para el transporte a largas distancias. Su fruto de tamaño grande tiene forma aglobada y color rojo; las defensas a enfermedades son muy numerosas. Floradade es un tomate de ciclo medio a tardío (150 días).

(<http://semillascriboseeds.blogspot.com/2009/05/tomate-floradade.html>)

OBJETIVOS.

- ❖ Medir rentabilidad y eficiencia del uso de la solución nutritiva de tomate en sustratos.
- ❖ Evaluar mezclas de perlita y vermicomposta como sustratos hidropónicos para tomate.

HIPÓTESIS.

- ❖ Dado que la vermicomposta es un producto orgánico, la mezcla con concentración mayor de ella provocará mejores resultados que la mezcla con mayor cantidad de perlita.
- ❖ Como la solución mineral tiene todo lo necesario para la planta, en la concentración del 100% de solución mineral se observará mayor producción de tomate por lo cual será más rentable.

REVISIÓN DE LITERATURA.

Generalidades del tomate.

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es la hortaliza más importante en muchos países del mundo. Su cultivo está difundido a todos los continentes y en muchos casos representa una de las principales fuentes de vitaminas y minerales para las personas. Su fruto se destina principalmente en su estado fresco para el consumo, pero también sirve como materia prima para elaborar diversos derivados, como pastas, sopas y deshidratados, entre otros. Es una especie sensible al frío, siendo afectada por temperaturas menores a 10°C, por lo que su cultivo se ve condicionado a zonas donde estas temperaturas no sean una limitante o se hace necesaria la ayuda de métodos artificiales para lograr su producción. El tomate se cultiva fuera de temporada en invernaderos, incrementando en definitiva el costo del cultivo.

(<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/Eltomate.pdf>)

Cultivos hidropónicos.

La necesidad de incrementar la producción de alimentos de origen vegetal, la restricción de tierras aptas para la producción agrícola, la escasez de agua o la mala calidad de ésta para usarla en la agricultura fueron algunas de las causas que estimularon a diversos investigadores a buscar alternativas para el desarrollo de las plantas, como resultado se generó la hidroponía a nivel comercial.

La hidroponia es una tecnología para desarrollar plantas en solución nutritiva (agua y fertilizantes), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, lana de roca, etc.) para proveer soporte mecánico a la planta.

El sistema hidropónico líquido no tiene un medio de soporte; los sistemas en agregado tienen un medio sólido de soporte. Los sistemas hidropónicos han sido clasificados como abierto (una vez que la solución nutritiva es aplicada a las raíces de las plantas, ésta no es reusada), o cerrado (la solución nutritiva excedente es recuperada, regenerada y reciclada) (Jensen y Collins, 1985).

El objetivo de la Agricultura de Ambiente Controlado (AAC) consiste en modificar el ambiente natural para obtener el óptimo desarrollo de la planta.

La mayoría de los sistemas hidropónicos se encuentran en invernadero, con el fin de controlar la temperatura, reducir la pérdida de agua por evaporación, controlar las infestaciones de plagas y enfermedades y proteger a los cultivos de elementos del ambiente, como el viento y la lluvia. La hidroponia forma parte de la agricultura de ambiente controlado (AAC), el aspecto más importante de la hidroponia es la solución nutritiva (SN), de ella depende la nutrición de las plantas y, por ende, la calidad y cantidad de la producción (Resh 1991).

La hidroponia es ampliamente usada en el mundo para la producción de los cultivos más rentables. El tomate es una de las especies hortícolas que más se produce en hidroponia, debido a su elevado potencial productivo (el cual no es explotado completamente en campo), a su demanda nacional y mundial, así como a su alto valor económico, principalmente cuando se produce en los periodos en que no existe en campo. Las técnicas de

producción en hidroponía se clasifican en función del medio de crecimiento en que se desarrolla el sistema radical de las plantas. Al conjuntar los criterios para clasificar a las técnicas hidropónicas propuestas por Steiner (1966), Jensen y Collins (1985) y Resh (1991), se pueden clasificar en: técnicas en medio líquido (no agregado), dentro de éstas se ubican a las técnicas en película nutritiva (NFT), hidroponía en flotación y la aeroponía; en el grupo agregado se encuentran los cultivos en arena, grava (rocas porosas de origen volcánico como tezontle, perlita y zeolita), otros sustratos como la lana de roca, aserrín, turba y espumas sintéticas como el poliestireno (Resh). Las técnicas de producción en agregado son:

Cultivo en arena. Esta técnica es utilizada donde la arena es el material más fácilmente disponible como en los desiertos. Las partículas deben ser menores que 2 mm y mayores que 0.6 mm de diámetro. El principal sistema de riego que se asocia a esta técnica es el riego por goteo. Se deben aplicar de dos a cinco riegos por día, dependiendo de la especie cultivada, la etapa fenológica, la variedad y las condiciones del ambiente (temperatura y humedad relativa).

Cultivo en grava. Su mayor uso es en los lugares donde abunda la roca volcánica. A esta técnica también se le conoce como sub-irrigación, debido a la asociación de este tipo de riego con este sustrato. Las partículas de grava deben tener un diámetro entre 2 y 20 mm, más de la mitad del volumen debe tener partículas de aproximadamente 12 mm de diámetro. Las partículas deben tener consistencia para evitar su fractura, capacidad para retener humedad en su espacio libre, buen drenaje para facilitar la aireación de las

raíces y no deben liberar sustancias que se solubilicen en el agua (Resh, 1991).

Los materiales de origen mineral que se utilizan en el sistema son:

La vermiculita, es un mineral con estructura en micas, el cual es expandido cuando se calienta a 1000°C debido a que pierde el agua que tiene atrapada entre sus láminas formando pequeños poros, es estéril, ligera (0.1 a 0.2 g cm^{-3}), insoluble en agua, pH neutro, capacidad para amortiguar el pH, y relativamente alta capacidad de intercambio de cationes; la perlita, es otro mineral de origen volcánico, al calentarla a 760°C la humedad que tiene atrapada en sus partículas es transformada a vapor, en este proceso se expanden, su peso específico es de 0.08 a 0.13 g cm^{-3} ; diámetro de 2 a 4 mm , la capacidad de retención de agua es de tres a cuatro veces su peso, no tiene capacidad para amortiguar el pH; el tezontle, es un mineral aluminosilicato de origen volcánico, se utiliza en forma natural, es muy utilizado en México debido a su disponibilidad (Requejo et al, 2004).

Sustratos alternativos. Otros sustratos que han sido utilizados son: la turba, consiste en la descomposición parcial de plantas acuáticas, de pantanos o ciénagas; la lana de roca, está constituida por 5% de minerales en forma de fibras, 95% de su espacio poroso lo ocupan el agua y el aire, 80% y 15% , respectivamente. Este material es producido a partir de rocas volcánicas, piedra caliza y carbón mineral, fundidos a 1800°C . No se degrada químicamente y es biológicamente inofensivo. Tiene varias presentaciones comerciales, según el uso al que se le destine, existen cubos de aproximadamente 7.5 cm de cada lado, cada cubo tiene un orificio en el

centro de la cara superior, en el que se coloca la plántula para su posterior desarrollo; cuando el sistema radical empieza a exceder el volumen del cubo, si el desarrollo posterior de la planta se va a efectuar en NFT, se coloca el cubo con la planta en el interior de la película plástica de polietileno donde fluye la SN; si la planta continúa su desarrollo en lana de roca, el cubo con la planta se coloca sobre un bloque de este material recubierto de una película plástica con una perforación donde se coloca el cubo con la planta, las dimensiones más comunes del bloque son 90 x 30 x 7.5 cm (longitud x anchura x altura), al continuar creciendo la planta, sus raíces se desarrollarán en el bloque. El riego se aplica por goteo en el cubo, a partir del cual la SN se difunde hasta el bloque. Este tipo de sistema es abierto; es decir, la SN que se aplica la absorbe la planta, la retiene el sustrato o una pequeña fracción se evapora. Entre los materiales que se utilizan en las diferentes técnicas hidropónicas, aunque algunos tienen ventajas sobre otros, todos han sido importantes en la producción. La selección de la técnica y del sustrato depende, además de las propiedades físicas y químicas de los materiales, de la disponibilidad y del precio.

(<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57317306>)

Solución nutritiva.

La solución nutritiva (SN), consiste en agua con oxígeno y los nutrientes esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de hierro forman parte de la SN (Steiner, 1968). Para que la SN

tenga disponibles los nutrientes que contiene, debe ser una solución verdadera, todos los iones se deben encontrar disueltos. La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrientes puede ocasionar su deficiencia en la planta, además de este problema se genera un desbalance en la relación mutua entre los iones (Steiner, 1961).

En hidroponía, las necesidades nutricionales que tienen las plantas son satisfechas con los nutrientes que se suministran en la SN. La cantidad de nutrientes que requieren las plantas depende de la especie, la variedad, la etapa fenológica y las condiciones ambientales (Carpena *et al.*, 1987; Adams, 1994b).

Cada especie vegetal que se cultiva en hidroponía requiere de una SN con características específicas. De acuerdo con Graves (1983) y Steiner (1984), las principales características que influyen en el desarrollo de los cultivos y sus productos de importancia económica son: la relación mutua entre los aniones, la relación mutua entre los cationes, la concentración de nutrientes (representada por la CE), el pH, la relación $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ y la temperatura de la SN.

Té de composta – Líquido de lombriz.

El cultivo de tomate en condiciones de sustrato bajo invernadero es capaz de producir frutos de excelente calidad además de cumplir con los estándares de inocuidad alimentaria, por otra parte, en años recientes, la demanda de productos desarrollados orgánicamente se ha incrementado, debido a que los abonos orgánicos permiten como medios de crecimiento mejorar las

características cualitativas de los vegetales consumidos por el hombre (Tourat, 2000), por lo antes citado, es de gran importancia incrementar el conocimiento acerca de los componentes que conforman los sistemas de producción orgánicos bajo condiciones protegidas, como son: cambios en el sistema de producción, uso y dosificación de diferentes abonos orgánicos, normatividad y cultivos (Salazar *et al.*, 2003). La producción de hortalizas con aplicación de enmiendas orgánicas, bajo condiciones controladas, es una práctica que se ha extendido a escala mundial, por la mínima contaminación del ambiente que conlleva y los resultados satisfactorios que se han encontrado; lo anterior ha revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos de la actividad agropecuaria, así como el uso de los abonos orgánicos, de tal manera que se reduzca al mínimo imprescindible el uso de los fertilizantes sintéticos como vía de nutrición de las plantas (Salazar *et al.*, 2003).

Uno de los abonos orgánicos que se ha impulsado fuertemente es la aplicación del té de compost ya que representa una alternativa en el control de enfermedades de plantas hortícolas a escala comercial (NOSB, 2004). Se demostró que el té de composta aplicado al follaje ayuda a suprimir cierto tipo de enfermedades (Al-Dahmaniet *al.*, 2003; HoitinkyChanga, 2004; Kannangara *et al.*, 2006;), sin embargo existe poca información en el manejo del té de compost en la nutrición de cultivos.

El té de compost es un extracto líquido del compost que contiene microorganismos benéficos, nutrientes solubles y compuestos favorables para las especies vegetales (Dixon y Walsh 1998; Granatstein, 1999; Salter,

2006). El té de compost es un extracto del compost preparado con una fuente de comida microbiana como la melaza y además contiene ácidos húmicos y fúlvicos (Kannangara *et al.*, 2006).

Kannangara *et al.*, (2006) y Scheuerell y Mahaffee (2004) han establecido que en este té crecen poblaciones benéficas de microorganismos. El té de compost puede ser usado en la irrigación por goteo en producción orgánica certificada y sus efectos benéficos del té de compost han sido demostrados, pero la mayoría de las respuestas han sido a prueba y error (Ingham, 2005).

El té de compost posee características especiales como la transferencia de la biomasa microbiana, partículas finas de materia orgánica y compuestos químicos como nutrientes solubles del compost que se pueden aplicar al suelo o como fertilizante foliar (De Lara, 2007). Los plaguicidas químicos como insecticidas, fumigantes, herbicidas y el exceso de fertilizantes sintéticos eliminan a diversos microorganismos benéficos que ayudan al crecimiento de las plantas, mientras que el té de compost favorece la presencia de microorganismos benéficos, los cuales a su vez protegen la hoja de microorganismos patógenos como las cenizas, royas y bacterias (Abbas *et al.*, 2002), sin embargo a pesar de la relevancia que ha tomado recientemente existe poca o ninguna información que documente el té de compost utilizado como medio de fertilización en la producción de tomate bajo invernadero en sustrato. Han reportado rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 93 Mg ha⁻¹ cuando se fertiliza con abonos orgánicos como gallinaza (Tüzel, *et al.*, 2003) y de 106 Mg ha⁻¹ cuando se aplican fertilizantes orgánicos (Tüzel, *et al.*, 2004).

Los tomates producidos orgánicamente tienden a concentraciones altas de vitamina C, licopeno y bajas concentraciones de nitratos (Worthington, 2001), además otros resultados señalan que los productos orgánicos contienen menor concentración de plaguicidas que los convencionales (Chen, 2005), por otro lado, se señala que las aplicaciones de sustancias húmicas de composts incrementan el rendimiento, reducen la proporción de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en el tejido de las hojas y en los frutos se reduce la concentración de nitratos (Siminiset *al.*, 1998). Los composts contienen considerables cantidades de nutrimentos que pueden suplementar la nutrición de plantas (Raviv, 1998; Raviv *et al.*, 2004; Raviv *et al.*, 2005).

Vermicomposta.

Los sistemas de producción varían en cuanto a variedades, sustratos de crecimiento, dosis de nutrimentos, técnicas de control de plagas y enfermedades, entre otros factores.

El uso excesivo de productos químicos en la agricultura preocupa a los consumidores por el nivel de contaminantes que los frutos pudieran contener, los problemas ambientales y la presencia de compuestos residuales en los suelos agrícolas (Eskenazi, *et al.*, 2004; Hernández, *et al.*, 2004), para reducir el impacto de los agroquímicos sobre el ambiente y calidad de los productos vegetales y obtener productos inocuos, se recomiendan sistemas de producción orgánica que reduzcan o supriman el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas y reguladores de crecimiento inorgánicos (Ruiz, 1998; Milles y Peet, 2002). Debido a la aceptación de los productos de este tipo, la superficie destinada a la agricultura orgánica ha registrado tasas

de crecimiento mundiales superiores a 25 % anual (Willer y Yussefi, 2000; Haring, *et al.*, 2001); además, los productos orgánicos tienen sobrepuestos de 20 a 40 % con respecto a los productos tradicionales (Sloan, 2002).

Entre los abonos orgánicos de origen animal o vegetal (Tuzel,*et al.*, 2003; Rippey, *et al.*, 2004; Kamiar y Anusuya, 2005), la vermicomposta (VC) como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero y reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos (Manjarrez,*et al.*, 1999). El tomate 'Cherry' cultivado orgánicamente en invernadero produce un rendimiento de campo 16 veces superior que cuando se emplean sustratos de composta mezclada con medios inertes, con un promedio de 48.5 t ha⁻¹ (Márquez,*et al.*, 2006). Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes. La vermicomposta se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Urrestarazu, *et al.*, 2001). La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación , drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Ndegwa, *et al.*, 2000; Hashemimajd, *et al.*, 2004). Según Raviv,*et al.* (2004, 2005), las compostas se usan como sustrato debido a su bajo costo, sustituyendo al musgo y suprimiendo varias enfermedades presentes en el suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localidad donde se realizó la investigación.

El presente trabajo fue realizado en el Departamento de Ciencias del Suelo, dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila durante el período primavera - verano del 2010.

Ubicación geográfica.

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se encuentra ubicada en la localidad de Saltillo, Coahuila, situada en las coordenadas 25° 23´ latitud Norte y 101°00´ longitud Oeste y con una altura media sobre el nivel del mar de 1743 metros.

Establecimiento y conducción de la investigación.

La presente investigación se estableció en el período Abril – Agosto del 2010 con plantas de tomate de la variedad Floradade de crecimiento determinado.

Las semillas se sembraron en charolas germinadoras de espuma de poliestireno blanco de 200 cavidades con medidas de 33 x 67 x 6.5 cm, para lo cual se utilizó perlita agrícola con precio comercial del año 2010.

El trabajo se estableció en un invernadero con cubierta plástica, extractor de aire caliente y pared húmeda; las plantas de tomate se trasplantaron a bolsas de cuatro litros de volumen para cada planta de tomate donde previamente se colocaron las mezclas de sustratos.

Las mezclas de sustratos de los Cuadros 1 y 2 conformaron los tratamientos y recibieron la adición de dos soluciones nutritivas, una a base de sales minerales al 100 por ciento (100/LL) la otra al 50 por ciento de sales minerales enriquecida con líquido de lombriz (50/LL). Se consideraron tres repeticiones por tratamiento.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el experimento al 100% de la solución mineral.

T	P %	VC %	Solución nutritiva
1	100	0	Completa (100%)
2	75	25	Completa (100%)
3	50	50	Completa (100%)
4	25	75	Completa (100%)
5	0	100	Completa (100%)

T=tratamiento; P=perlita;
VC=vermicomposta

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el experimento al 50% de la solución mineral y líquido de lombriz (LL).

T	P %	VC %	Solución nutritiva
1	100	0	Al 50% + LL
2	75	25	Al 50% + LL
3	50	50	Al 50% + LL
4	25	75	Al 50% + LL
5	0	100	Al 50% + LL

T=tratamiento; P=perlita;
VC=vermicomposta

En el Cuadro 3 se observan los valores de cada elemento que conforman la solución nutritiva al 100 por ciento (Cadahia, 2005), que contempla a todos los elementos esenciales para la planta, para realizar esta solución se tomó en cuenta el análisis químico del agua utilizada durante el experimento.

Cuadro 3. Solución nutritiva utilizada (Cadahia, 2005).

	meqL ⁻¹						ppm					
ION	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	Ca	K	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
IDEAL	15	2.0	3.0	10.0	9.0	3.0	1.33	1.0	0.13	0.33	0.33	0.2

La solución al 50 por ciento se enriqueció con líquido de lombriz y se tomó como base la adición de 1.67 meqL⁻¹ de potasio, debido a que es este catión el que se encuentra en mayor cantidad en este abono líquido, por cada 500litros de solución al 50 por ciento se agregaron 2.7 litros de líquido de lombriz.

Se registró el ingreso de líquido a cada planta mediante gotero a la botella. La solución descargada al suelo se midió con bandeja de drenaje y se tomó como solución perdida. Los fertilizantes grado técnico para fertirriego se adquirieron en casas comerciales a precios del año 2010. La vermicomposta y el líquido de lombriz se obtuvieron en la UAAAN a precio al público. Se evaluaron variables agronómicas necesarias para la obtención de los objetivos planteados utilizando el diseño estadístico:

Factorial A * B en Bloques al azar.

Con un modelo estadístico $y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varphi_{ijk}$

<http://www.dpye.iimas.unam.mx/patricia/indexer/factoriales.pdf>.

También es importante definir los conceptos de

Rentabilidad: La rentabilidad es la capacidad que tiene algo para generar suficiente utilidad o beneficio; por ejemplo, un negocio es rentable cuando genera más ingresos que egresos, un cliente es rentable cuando genera mayores ingresos que gastos, un área o departamento de empresa es rentable cuando genera mayores ingresos que costos (<http://www.crecenegocios.com/definicion-de-rentabilidad/>)

Eficiencia: Hace referencia a los recursos empleados y los resultados obtenidos. Por ello, es una capacidad o cualidad muy apreciada por empresas u organizaciones debido a que en la práctica todo lo que éstas hacen tiene como propósito alcanzar metas u objetivos, con recursos (humanos, financieros, tecnológicos, físicos, de conocimientos, etc.) limitados y (en muchos casos) en situaciones complejas y muy competitivas. (<http://www.promonegocios.net/administracion/definicion-eficiencia.html>)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el Cuadro 4 se muestran los cuadrados medios y las significancias de las diferentes características evaluadas durante el desarrollo del experimento.

En primer lugar para la fuente de variación solución nutritiva (Factor A) se encontraron diferencias altamente significativas para costo de la solución por kilogramo de tomate (CLPK); beneficio (B); beneficio costo de la solución (B/CL) y beneficio costo de la solución sustrato (B/CLS) para número de tomates (NDT); peso de tomates (PDT); litros de solución usada por kilogramo de tomate (LPKG); costo del sustrato por kilogramo de tomate (CSPK) y costo del sustrato y solución por kilogramo de (CSLPK) no se encontraron diferencias significativas.

En segundo término para las mezclas evaluadas de perlita y vermicomposta (Factor B) citadas en los cuadros 1 y 2, solo se encontró una variable altamente significativa, se trata del beneficio manejado aun sin agregarle los costos de la solución y sustrato.

En relación al coeficiente de variación (CV) para las características evaluadas, varió de 17.43 por ciento para peso de tomates a 44.09 por ciento del beneficio costo de la solución, y un promedio general de 27.86 por ciento para el experimento, dando a entender que todas las variables del

experimento poseen un porcentaje aceptable de dispersión en torno a sus valores medios.

Cuadro 4. Cuadrados medios y prueba de F de los análisis de varianza para la eficiencia de uso de la solución nutritiva en tomate establecido en sustratos hidropónicos bajo invernadero.

FV	GL	NDT	PDT	LPKG	CSPK	CLPK	CSLPK	B	B/CL.	B/CLS
C	1	4.033 NS	4543.621 NS	278.769 NS	0.081 NS	4.061 **	2.985 NS	29.621 **	332.001 **	4.462 **
T	4	9.133 NS	10596.27 NS	30.942 NS	.545 NS	0.021 NS	.710 NS	14.020 **	9.590 NS	.310 NS
R	2	10.833 NS	23272.37 NS	37.192 NS	.134 NS	0.019 NS	0.384 NS	2.638 NS	2.270 NS	.110 NS
CV		21.59	17.43	17.66	18.67	32.53	18.84	20.55	44.09	24.42

FV=fuente de variación, GL=grados de libertad, NDT=número de tomates, PDT=peso de tomate, LPKG=liquido usado por kg de tomate, CSPK=costo del sustrato por kg de tomate, CLPK=costo de la solución por kg de tomate, CSLPK=costo del sustrato y la solución por kilogramo de tomate, B=beneficio, B/CL=beneficio costo de la solución, B/CLS=beneficio costo de la solución y sustrato, C=concentración de la solución, T=tratamientos de sustratos, R=repeticiones, CV=coeficiente de variación, NS= no significativo, **significancia al 0.01

Número de tomates.

La Figura 4.1 muestra que la interacción entre solución nutritiva y las diferentes mezclas de sustratos para número de tomates no tuvo valores significativos para ambos tratamientos. La solución 50/LL tiene como valor medio de los tratamientos 17.2 unidades de tomates y la solución 100/SOL un valor medio de 17.93

Puede apreciarse que el tratamiento con mayor número de tomates fue el cinco y corresponde a la mezcla de vermicomposta al 100 por ciento y solución 50/LL con un valor de 24; por otra parte en la solución 100/SOL se puede observar que el valor más alto se encuentra ubicado en la mezcla de 25 por ciento de perlita y 75 por ciento de vermicomposta con un valor de 24 tomates, por otra parte los valores más bajos se pueden apreciar en las mezclas correspondientes al 50 por ciento de cada sustrato con valor de 14 tomates y 75 por ciento de perlita más 25 por ciento de vermicomposta con un valor de 11 tomates en la solución 50/LL y 100/SOL respectivamente.

Se puede apreciar que las cantidades más altas en número de tomates corresponden a las mezclas en donde la cantidad de vermicomposta es mayor en relación a la perlita.

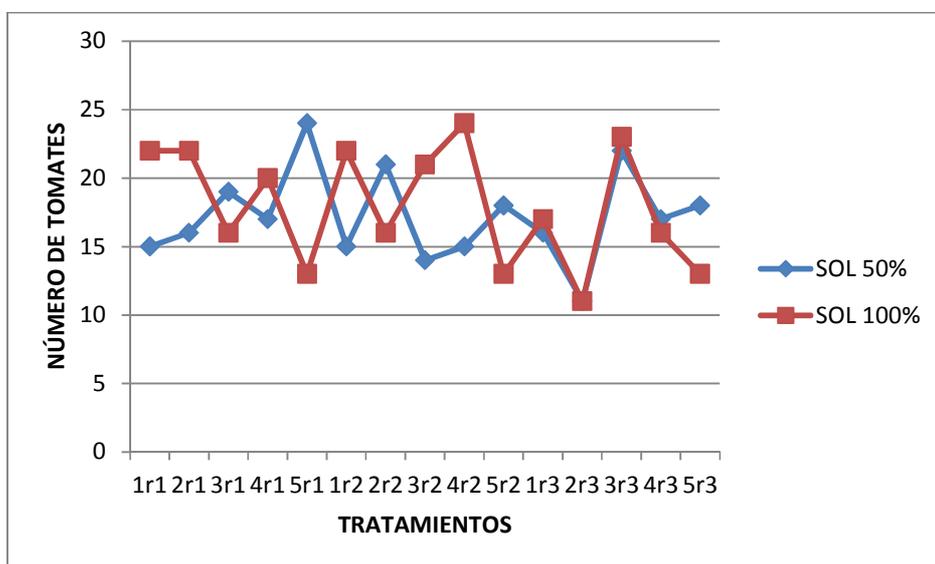


Figura 4.1. Número de tomates en relación a los tratamientos evaluados.

Peso de tomates.

En la Figura 4.2 se encuentran los pesos de tomates para cada tratamiento, a pesar de que el análisis estadístico marca que no hubo significancia, se observa un repunte en el tratamiento cinco arriba de los demás valores. Los valores promedio fueron de 1091.98 gramos para la solución 50/LL y 1116.593 gramos para la solución de 100/SOL.

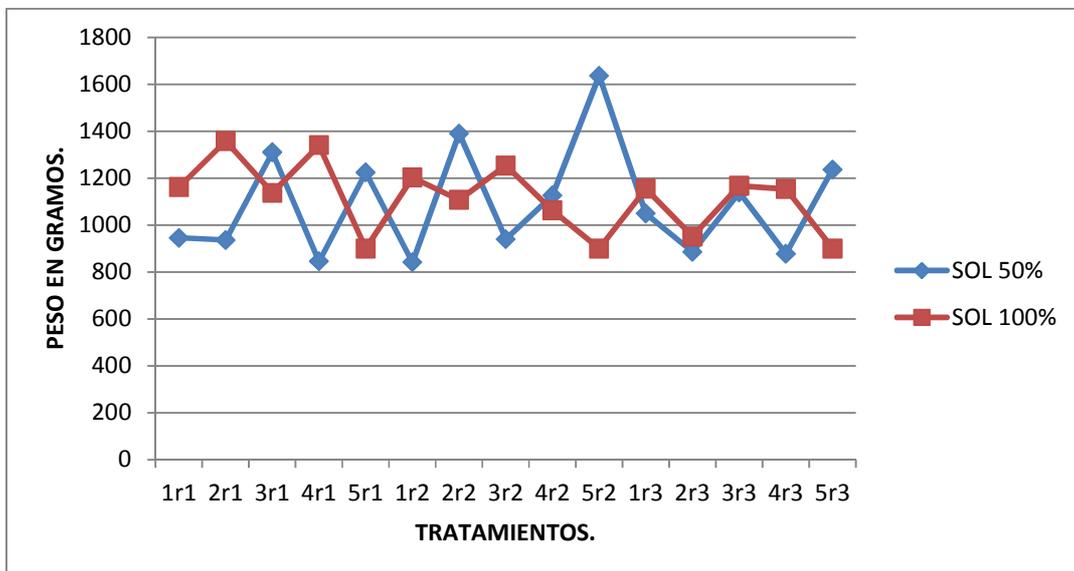


Figura 4.2. Relación de los pesos de tomates por cada tratamiento.

El valor más alto corresponde a la vermicomposta al 100 por ciento con 1636.3 gramos en la solución 50/LL, y de 1357.6 gramos para la mezcla de 75 por ciento de vermicomposta más 25 por ciento de perlita para la solución 100/SOL.

Los valores más bajos se pueden identificar claramente en la Figura 4.2, son de 841 gramos para la mezcla de perlita al 100 por ciento en la solución 50/LL; y de 900 gramos para las mezclas de vermicompostas en la solución 100/SOL, aclarando que se tomó un promedio entre las plantas casi muertas debido a factores no identificados.

La mezcla de vermicomposta al 100 por ciento en la solución 50/LL generó la mejor respuesta para número y peso de tomates. Tuzel(2003); Rippy, et al (2004); Kamiar y Anusuya (2005), dicen que la vermicomposta (VC) como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero y reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos, por otra parte el té de compost o líquido de lombriz posee características especiales como la transferencia de la biomasa microbiana, partículas finas de materia orgánica y compuestos químicos como nutrimentos solubles del compost que se pueden aplicar al suelo o como fertilizante foliar (De Lara, 2007), por lo antes mencionado, la solución enriquecida con líquido de lombriz fue factor para el mejor desarrollo del tomate y por ende se obtuvo mayor peso.

Líquido por kilogramo.

En la Figura 4.3 se encuentran los valores de la solución utilizada para obtener un kilogramo de tomate, se aprecia que se requirió más cantidad de solución 50/LL con un promedio de consumo de 60.30 L. de solución en comparación con la solución de 100/SOL que tuvo un promedio de consumo

de 54.20 L; valores estadísticamente iguales, numéricamente la planta enriquecida con la solución 50/LL fue más productiva y por lo tanto más exigida en el consumo de agua y nutrimentos, quiere decir que la planta consumió 57.52 L (Valor promedio entre la solución 50/LL y 100/SOL) durante todo el experimento, por lo tanto, tuvo un consumo diario promedio de 0.38 L, de ahí su importancia en el ahorro de agua y solución que se obtuvo en el experimento.

La producción hortícola en el entorno de la sostenibilidad de los sistemas agrarios está altamente comprometida con el uso racional de un recurso tan escaso como el agua, y tanto ecológica, como agronómicamente una interesante batería de medidas del uso que hacen los cultivos son los índices de eficiencia en el uso del agua (Cadahía, 2005).

Se observa en la Figura 4.3 que la mayor cantidad de solución consumida la provocó el tratamiento 1 con 100 por ciento de perlita con 75.37 L. y la de menor cantidad de solución consumida el tratamiento 5 con 100 por ciento de vermicomposta con un consumo de 38.73 litros para el caso de la solución 50/LL causado probablemente por las propiedades de almacenamiento de líquido por ser un material orgánico, por otra parte en la solución 100/SOL se aprecia que los tratamientos con mayor consumo fueron los que presentan 75 por ciento perlita 25 por ciento de vermicomposta, y la de menos consumo fue la mezcla de 75 por ciento de vermicomposta 25 por ciento de perlita con un consumo de 42.38 L. de solución consumida.

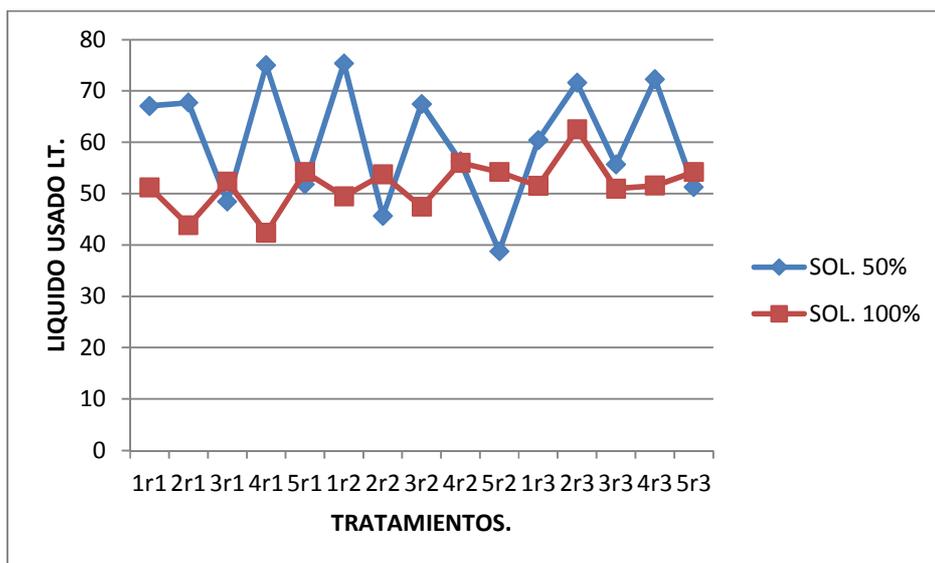


Figura 4.3. Líquido de solución consumido durante todo el experimento por kilogramo de tomate obtenido.

Costo del sustrato por kilogramo de tomate.

Esta variable al igual que las anteriores no marca valores significativos, se aprecia en la figura 4.4 que los costos de los sustratos para cada tratamiento, no reflejan diferencia estadística ya que los promedios son semejantes con \$3.40 para la solución 50/LL y de \$3.30 para la solución 100/SOL.

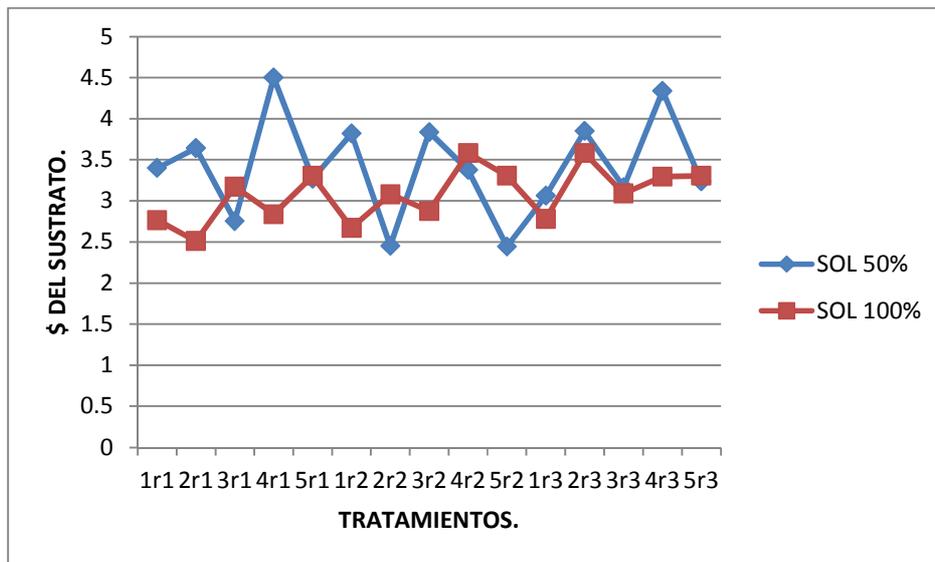


Figura 4.4.Costo del sustrato de cada mezcla elaborada por kilogramo de tomate.

En la Figura 4.4 se observa que en la solución 50/LL, la mezcla que alcanzó un mayor costo fue la hecha con 25% de perlita y 75% de vermicomposta y la de menor costo fue la hecha con el 100% de vermicomposta. Se muestra que el valor más alto para el caso de la solución 100/SOL lo obtuvo la mezcla de 75 por ciento perlita 25 por ciento de vermicomposta y la de menor costo fue la mezcla de perlita al 100 por ciento.

En los cuadros 5 y 6 se indica la variación de los costos entre cada una de las mezclas. La vermicomposta tiene un menor precio en la solución 50/LL dando como resultado un mejor beneficio. Esto quiere decir que para producir un kilogramo de tomate se gasta en promedio \$3.35 en lo que se refiere al sustrato (valor promedio del Cuadro 5).

Cuadro 5.Costos promedio de los sustratos, asociado en la producción de un kilogramo de tomate para la solución 50/LL.

T	P %	VC %	\$ PROM.
1	100	0	3.426722785
2	75	25	3.314589015
3	50	50	3.252406145
4	25	75	4.070792118
5	0	100	2.982745247
Promedio			3.409451062

Cuadro 6.Costos promedio de los sustratos, asociado en la producción de un kilogramo de tomate para la solución 100/SOL.

T	P %	VC %	\$ PROM.
1	100	0	2.739296055
2	75	25	3.057081769
3	50	50	3.046112239
4	25	75	3.238255667
5	0	100	3.305838654
Promedio			3.305038035

Promedio entre ambas soluciones	\$3.35
---------------------------------	--------

Costo de la solución por kilogramo de tomate.

La variación del costo entre una solución y otra si es ampliamente significativa como se aprecia en la Figura 4.5 en donde se muestra la solución 100/SOL muy por arriba de los valores que presenta la solución 50/LL. Los valores promedio que tienen estas dos variables son de 0.95 y 1.68 pesos respectivamente; lo que repercute en el gasto al tomar en cuenta los 57.52 lts litros de consumo para obtener un kilogramo de fruto.

La Figura 4.5 muestra que el valor más alto para la solución 50/LL fue para la mezcla 25 por ciento de perlita 75 por ciento de vermicospota con un costo de 1.18 pesos y la de menor costo fue la mezcla de vermicomposta al 100

por ciento con un costo de 0.61 por ciento; con relación a la solución 100% SOL se muestra que la mezcla que presenta mayor costo es la de vermicospota al 100 por ciento y la de menor costo fue la de 100 por ciento de perlita.

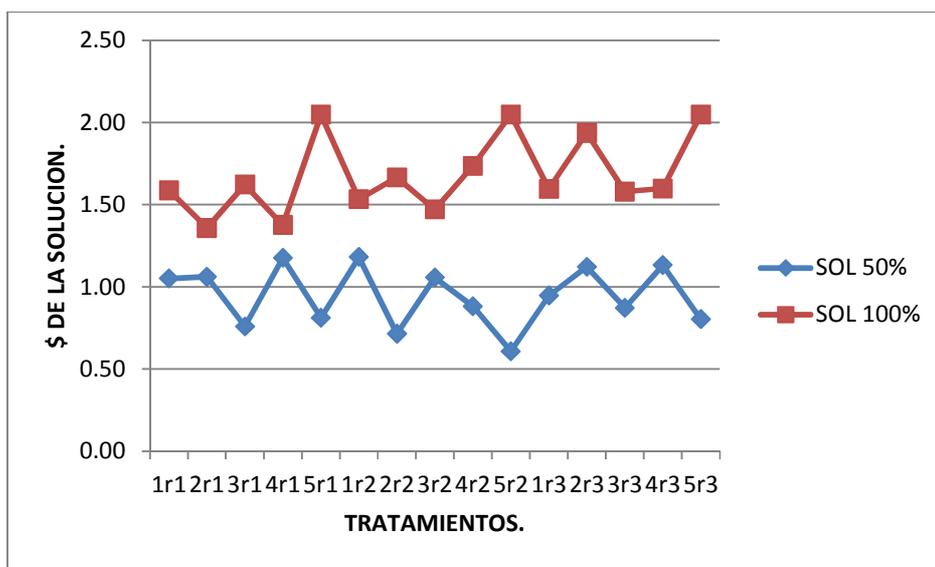


Figura 4.5. Costo de la solución por kilogramo de tomate obtenido.

Costo del sustrato y la solución por kilogramo de tomate.

Al conjugar ambos factores el programa estadístico arroja valores no significativos, compensando de cierto modo los valores obtenidos por los costos de la solución por kilogramo y los costos del sustrato por kilogramo, ya que como se muestra en el Figura 4.6 no hay valores significativos solamente se muestran valores muy altos en relación a los demás a la mezcla de 100 por ciento de vermicomposta.

Los costos del sustrato y solución se mantuvieron constantes sin importar la mezcla que se utilizara entre repetición y tratamiento teniendo como costos promedio de 4.35 y 4.98 pesos respectivamente.(Promedio de los valores obtenidos durante el experimento).

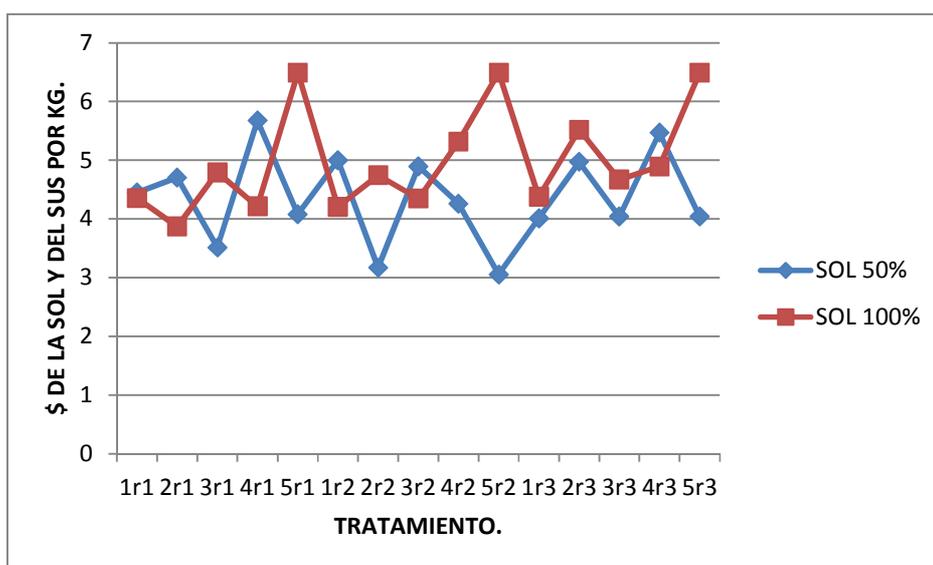


Figura 4.6. Relación del costo de la solución y del sustrato por kilogramo de tomate.

De igual forma se observan valores muy homogéneos mostrando que los valores más bajos corresponden a la solución de 50/LL con costos de 3.16 y 3.05 pesos para las mezclas de 75 por ciento perlita más 25 por ciento vermicomposta y 100 por ciento vermicomposta respectivamente y el costo más alto lo tiene la mezcla de 25 por ciento perlita más 75 por ciento de vermicomposta, para la solución 100/SOL la mezcla con menor costo fue 75 por ciento perlita más 25 por ciento de vermicomposta con un costo de 3.86 pesos y la de mayor costo fue misma mezcla pero en la tercera repetición,

esto debido a factores varios como vigor de la planta o la condición heterogénea presentes en el invernadero.

Beneficio.

Esta variable hace referencia a la ganancia que lleva como resultado el experimento sin tomar en cuentas los costos de producción. Dentro del análisis del diseño experimental se muestra que es altamente significativo para los dos factores de investigación; la solución nutritiva (Factor A), y la mezcla de sustratos (Factor B), teniendo beneficios medios de 12.01 y 10.03 pesos respectivamente. Además se aprecia ampliamente que la solución 50%LL junto con la mezcla 100% de vermicomposta tienen mayor beneficio en comparación con las otras, esto debido a las propiedades que tiene la vermicomposta, en combinación con el líquido de la lombriz ambos orgánicos activan la solución mineral.

La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumentan la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación , drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Ndegwa, *et al.*, 2000; Hashemimajd, *et al.*, 2004). Según Raviv,*et al.* (2004, 2005), las compostas se usan como sustrato debido a su bajo costo, sustituyen al musgo y suprimen varias enfermedades

presentes en el suelo. Moreno,*etal.* (2005) determinó que la producción de tomate en invernadero puede efectuarse en mezclas de vermicomposta y arena como sustrato; el encontró que 12.5 por ciento de vermicomposta en mezclas con 87.5 por ciento de arena produjeron el mismo rendimiento ($P \leq 0.05$) que el testigo (arena con solución nutritiva), con 170 y 173.7 t ha⁻¹ respectivamente.

Los composts contienen considerables cantidades de nutrimentos que pueden suplementar la nutrición de plantas (Raviv, 1998; Raviv,*et al.*, 2004; Raviv,*et al.*, 2005).

En relación a la Figura 4.7 se observa claramente el beneficio que se tiene al usar la solución 50/LL con todas las mezclas utilizadas ya que todas están por arriba de la solución 100% SOL, de la misma forma, se ve como en la mezcla 100 por ciento de vermicomposta se obtiene mayor beneficio con una ganancia de 18.00 pesos; la solución al 100 por ciento produjo beneficio 12.22 pesos, esto es 6.00 pesos menos en relación a la solución 50/LL.

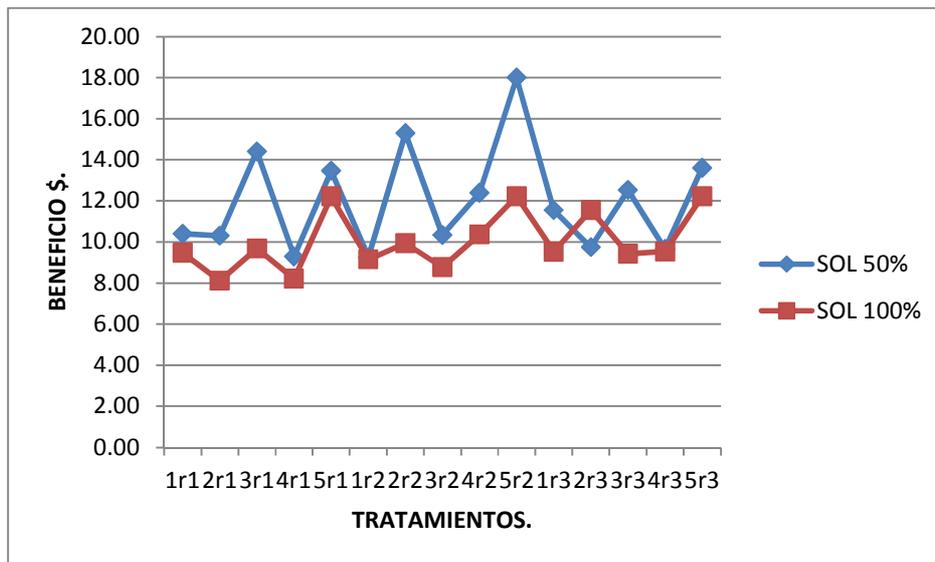


Figura 4.7. Beneficio global correspondiente a cada tratamiento evaluado.

Beneficio / costo de la solución por kilogramo de tomate.

El Factor A es nuevamente la variable altamente significativa ya que en la Figura 4.8 se muestra el impacto que originó la solución enriquecida con líquido de lombriz, teniendo un beneficio promedio de 12.09 pesos mostrando un mejor beneficio la mezcla al 100 por ciento de vermicomposta con un valor de 18.12 y la mezcla con menor beneficio fue 25 por ciento perlita 75 por ciento composta con un valor de 9.36 pesos, por otro lado, la solución 100/SOL el valor más alto lo tiene la mezcla de 100 por ciento de vermicomposta con un beneficio de 6.63 pesos y la de menor beneficio la mezcla de 75 por ciento de perlita y 25 por ciento de vermicomposta con 4.39 pesos, esta solución tuvo en promedio en beneficio de 5.44 pesos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores de la relación beneficio/costo por kilogramo de tomate.

Sol. 50/LL	Sol. 100/SOL.
10.40	5.14
10.30	4.39
14.40	5.25
9.30	4.45
13.46	6.63
9.25	4.96
15.29	5.39
10.34	4.76
12.39	5.62
18.00	6.63
11.54	5.17
9.74	6.27
12.52	5.11
9.65	5.17
13.60	6.63
Promedio 12.01	Promedio 5.44

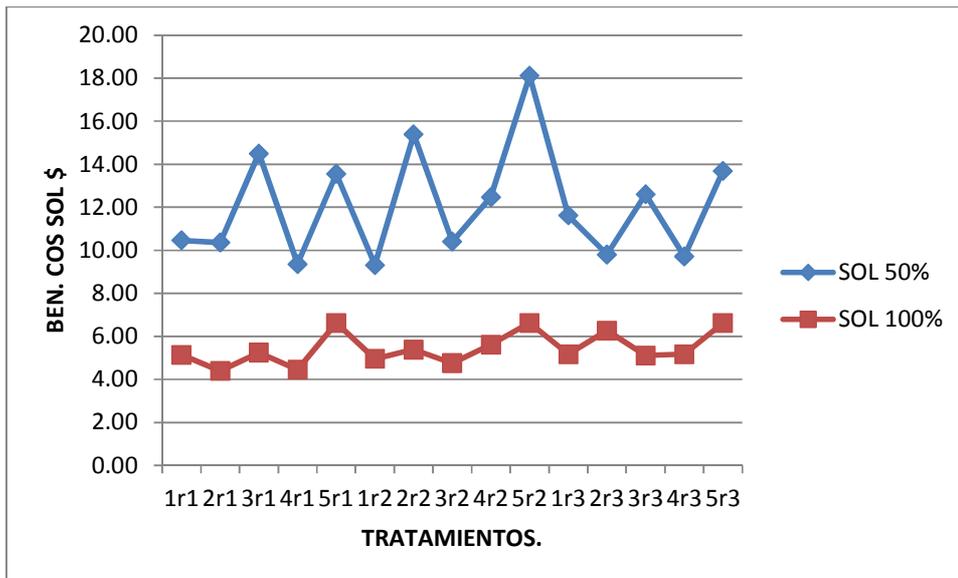


Figura 4.8. Beneficio / costo de la solución por kilogramo de tomate.

En el Cuadro 8 muestran la comparación del beneficio y el beneficio/costo de cada una de las soluciones, en donde se aprecia como la solución enriquecida con líquido de lombriz muestran mayores valores.

Cuadro 8. Variación de los beneficios comparándolos con el beneficio/costo de la solución, para ambas soluciones.

Sol al 50% más LL.		Sol al 100%	
Ben	Ben/cos. solución	Ben	Ben/cos solución
10.40	10.46	9.47	5.14
10.30	10.36	8.10	4.39
14.40	14.50	9.68	5.25
9.30	9.36	8.21	4.45
13.46	13.55	12.22	6.63
9.25	9.31	9.15	4.96
15.29	15.39	9.93	5.39
10.34	10.41	8.77	4.76
12.39	12.47	10.36	5.62
18.00	18.12	12.22	6.63
11.54	11.62	9.52	5.17
9.74	9.81	11.56	6.27
12.52	12.61	9.43	5.11
9.65	9.71	9.53	5.17
13.60	13.69	12.22	6.63

Beneficio / costo de la solución y el sustrato por kilogramo de tomate.

Existen diferencias significativas cuando se comparan los beneficios/costos de soluciones y sustratos como lo marca la Figura 4.9. Si se decide realizar la nutrición del cultivo de tomate con solución al 50/LL se obtendrá una relación beneficio/costo promedio de 2.61 pesos, y de 1.84 pesos en la solución 100/SOL. (Se utilizan valores promedio de los tratamientos)

La vermicomposta al 100 por ciento se asoció con los mejores beneficios/costos y la mezcla de 75 por ciento de perlita más 25 por ciento de

vermicomposta da el valor más bajo, por lo anterior, es importante el decidir que sustrato y solución nutritiva se emplearían en un sistema de producción hidropónico de tomate para obtener los mejores beneficios.

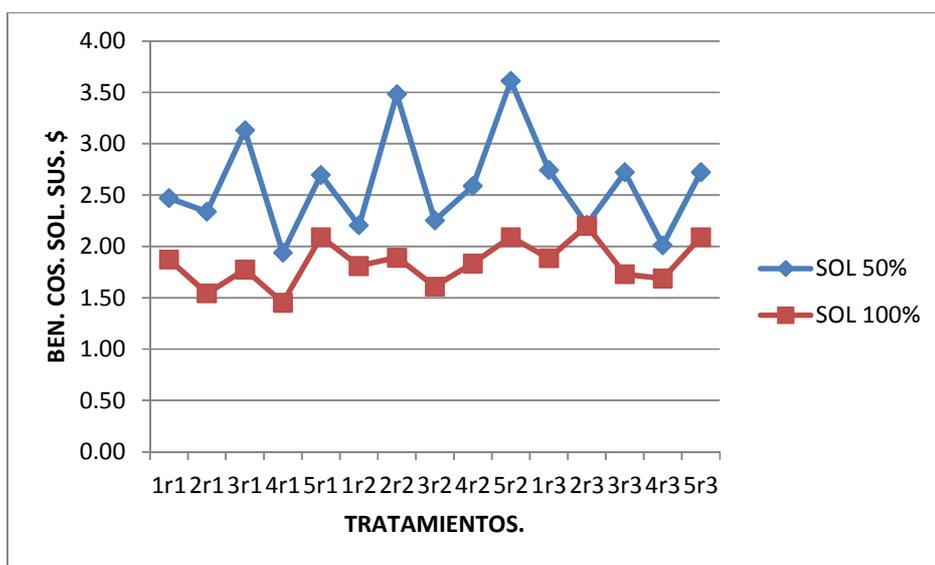


Figura 4.9. Beneficio / costo de la solución y el sustrato por kilogramo de tomate.

CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó esta investigación se establecen las siguientes conclusiones.

- ❖ Se cumplieron los objetivos planteados ya que se evaluaron las diferentes mezclas de sustratos hidropónicos. La mezcla con mayor beneficio costo fue la de 100 por ciento de vermicomposta, con un beneficio promedio de 15.12 pesos; por lo tanto la primera hipótesis planteada no es rechazada por el mayor beneficio que brindó la vermicomposta en la solución al 50 por ciento.

- ❖ Por otra parte al evaluar las soluciones utilizadas se encontró que la solución mineral al 50% enriquecida con líquido de lombriz brindó mayor rendimiento en relación al beneficio costo. Por lo tanto, la segunda hipótesis planteada es rechazada ya que en ella se aseguraba que la solución mineral al 100% sería la que mayor beneficio costo aportaría.

LITERATURA CITADA.

Abad, M., P. Noguera y C. Camón. 1999. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales. C. Cadahía (coord). 3ra ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp299-352.

Abbasi, P. A., J. Al-Dahmani, F. Sahin, H. A. J. Hoitink, and S. A. Miller. 2002. Effect of compost amendments on disease severity and yield of tomato in conventional and organic production systems. *Plant Dis.* 86: 156-161.

Al-Dahmani, J.H., P. A. Abbasi, S. A. Miller, and H. A. J. Hoitink. 2003. Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under greenhouse and field conditions. *Plant Dis.* 87: 913-919.

Adams, P. 1994b. Some effects of the environment on the nutrition of greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* 366: 405-416.

Cadahia, L. C. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, España

Carpena, O., A.M. Rodríguez y M.J. Sarro. 1987. Evaluación de los contenidos minerales de raíz, tallo y hoja de plantas de tomate como índices de nutrición. *An. Edafol. Agrobiol.* 46: 117-127.

Chen, C. M. 2005. Organic fruit and vegetables: potential health benefits and risks. *Nutrition Noteworthy* 7 (1) article 2.

De Lara, A. 2007. Compost tea. *In: Organic materials Management.* California. Article.

Dixon, G. R. and U. F. Walsh. 1998. Suppression of plant pathogens by organic extracts a review. *Acta Hort.* 469: 383-390.

Eskenazi, B. K., Harley, A., Bradman, E., Weltzien, N. P, Jewell, D. B., Barr, C. E., Furlong, N. T., Holland. (2004). Association of in utero organophosphate pesticide exposure and fetal growth and length of gestation in an agricultural population. *Environ. Health Persp.* 112:1116-1124

Fernández, R. J. F., Camacho, F. F. 2005. Eficiencia en el uso del agua. *Revista Extra.*

- Graves, C.J. 1983. The nutrient film technique. *Hort. Rev.* 5: 1-44.
- Granatstein, D. 1999. Foliar disease control using compost tea. *The compost. Connection for Western Agriculture* 8: 1-4.
- Haring A, S Dabbert, F Offerman, H Nieberg (2001) Benefits of organic farming to society. *In: Danish Ministry of Food and Fisheries. Organic Food and Farming: Towards Partnership and Action in Europe. Proceedings*, 10 - 11 de Mayo. 80 p.
- Hashemimajd K, M Kalbasi, A Golchin, H Shariatmandari (2004) Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. *J. Plant Nutr.* 27:1107-1123.
- Hernández, A. A., Gomez, M. G., Pena, F., Gil, L., Rodrigo, E., Villanueva, A, Pla. (2004). Effect of long-term exposure to pesticides on plasma esterases from plastic greenhouse workers. *J. Toxicol. Environ. Health. Part A.* 67:1095-1108.
- Hoitink, H. A. J. and C.M. Changa. 2004. Production and utilization guidelines for disease suppressive composts. *Acta Hort.* 635: 87-92.
- Ingham, E. R. 2005. The compost tea brewing manual. pp. 65-79. *In: Soil foodweb* 5a. edition. Corvallis, OR, USA.
- Jensen, M.H. y W.L. Collins. 1985. Hydroponic vegetable production. *Hort. Rev.* 483-559.
- Kamiar, A. R., Anusuya. (2005). Compost for nitrogen fertility management of bell pepper in a drip-irrigated plastic culture system. *HortScience* 4:577-581.
- Kannangara, T., T. Forget, and B. Dang. 2006. Effects of aeration, molasses, kelp, compost type, and carrot juice on the growth of *Escherichia coli* in compost teas. *Compost Sci. Util.* 14: 40-47.
- Lara, H. A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Universidad Autónoma Chapingo. Edo de Mexico.
- Manjares, M. M. J., R. Ferrera-Cerrato, M. C. González-Chávez. (1999) Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra* 17:9-15.

Márquez, H. C., P. Cano, R., Y. I. Chew M. A., Moreno, R. N., Rodríguez, D. (2006). Sustratos en la producción de tomate cherry bajo invernadero. *Rev. Chapingo S. Hort.* 12:183-189.

Milles, J. A., M.M. Peet. (2002). Maintaining nutrient balances in systems utilizing soluble organic fertilizers. Horticultural Science Department. North Carolina State University. Organic Farming Research Foundation Project Report.

Moreno-Resendez, A., T., Zarate, P. M. T., Valdés, L. (2005). Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. (Chile)* 65:27-34.

NOSB (National Organic Standards Board). 2004. Compost tea task force Report. the Agricultural Marketing Service

Ndegwa, P. M., S. A., Thompson, K. C., Dass. (2000). Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresource Technol.* 71:5-12.

Raviv, M. 1998. Horticultural uses of composted material. *Acta Hort.* 469: 225-234.

Raviv, M., S. Medina, A. Krasnovsky, and H. Ziadna. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost of organic agriculture. *Compost Sci. Util.* 12: 6-10.

Raviv, M. O., J. Katan, Y. Hadar, A. Yogev, S. Medina, A. Krasnovsky, and H. Ziadna. 2005. High-nitrogen compost as a medium for organic container grow crops. *Bioresource Technol.* 96: 419-427.

Requejo, L. R., Escobedo, B. L., Olivares, S. E., García, G. S. (2004). Producción de tomate cultivar florada en dos sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada. Artículo. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.

Resh, H.M. 1991. Hydroponic food production. 4th edition. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbara, Ca, USA.

Rippy F. M. J., M. M., Peet, F. J., Louws, P. V., Nelson, D. B., Orr, K. A., Sorensen. (2004). Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hort-Science* 39:223-229.

Ruiz, F. J. F. (1998). La agricultura convencional fuente de contaminación del suelo y agua. *In: Memorias del III Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica*. Guadalajara, Jal. Méx. 5 al 7 de noviembre. Consejo Estatal de Promoción Económica del Gobierno del Estado de Jalisco, Universidad de Guadalajara y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica. pp: 29-30.

Salazar, S., E., C. Vázquez, V., H. I. Trejo, E. y O. Rivera, O. 2003. Aplicación, manejo y descomposición de estiércol de ganado bovino. pp. 27-29. *In: Salazar S. E., Fortis H. M., Vázquez A. A., Vázquez V. C. (eds.) Agricultura orgánica. Abonos orgánicos y plasticultura*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UJED. Gómez Palacio, Durango, México.

Salter, C. 2006. Compost and compost tea- boost soil vitality “The Cutting Edge” seeds of change. eNewsletter. 57 July 2006. Article.

Scheuerell, S. J. and W.F. Mahaffee. 2004. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium multimum*. *Phytopathology* 94: 1156-1163.

Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). 2011. Análisis del jitomate

Siminis, C., M. Loulakis, M. Kefakis, T. Manios, and V. Manios. 1998. Humic substances from compost affects nutrient accumulation and fruit yield in tomato. *Acta Hort.* 469: 353-358.

Stee, R.G.D. y J.A. Torrier. 1986. *Bioestadística: principios y procedimientos* 2 ed. McGraw-Hill de México, D.F. p. 132-187.

Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15: 134-154.

Steiner, A.A. 1966. The influence of chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. *Plant Soil* 24: 454-466.

Steiner, A.A. 1968. Soilles culture. pp. 324-341. *In*: Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy.

Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. *In*: Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture. Wageningen, The Netherlands.

Sloan A E (2002) The natural and organic foods markeplace. Food Technol. 56:27-37.

Tourat, A. P. 2000. Time for compost tea in the northwest. *BioCycle* 41: 74-77.

Tuzel Y, B Yagmur, M Gumus (2003) Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Hort.* 614:775-780.

Tüzel, Y., G. B. Öztekin, A. R. Ongun, M. Gümü^o, I. H. Tüzel, and R. Z. Eltez. 2004. Organic tomato production in the greenhouse. *Acta Hort.* 659: 729-736.

Urrestarazu M, M C Salas, M I Padilla, J Moreno, M A Elorrieta, G A Carrasco (2001) Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soilless cropping. *Acta Hort.* 549:147-152.

Willer H, M Yussefi (2000) Organic agriculture worldwide. IFOAM.

Worthington, V. 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *J. Altern. Complementary Medicine* 7: 161-173

PÁGINAS WEB

<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57317306>

(Consultada el 26 de Junio de 2011)

<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=6091155601>

(Consultada el 25 de Mayo del 2011)

<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57313040006>

(Consultada el 25 de Junio de 2011)

<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=60832209>

(Consultado el 25 de junio de 2011)

<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61031310>

(Consultado el 26 de junio de 2011)

http://www.terracottem.com/bestanden/Eficiencia_en_el_uso_del_agua.pdf

(Consultado en Junio de 2011).

<http://www.ofrf.org/publications/Grant%20reports/00.23.08.Peet.Spr00.IB12.pdf>. (Consultada en Junio de 2011).

<http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/index.html>.

(Consultada en Junio de 2011).

<http://www.promonegocios.net/administracion/definicion-eficiencia.html>

(Consultada en Agosto del 2011)

<http://www.crecenegocios.com/definicion-de-rentabilidad/>
(Consultada en Agosto del 2011)

<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/Eltomate.pdf>
(Consultada en Agosto del 2011)

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=346 (Consultada en Agosto del 2011)

<http://semillascribouseeds.blogspot.com/2009/05/tomate-floradade.html>
(Consultada en septiembre de 2011)