

**Evaluación de sustratos orgánicos a base de
raquis de maíz y compost con dos programas
de fertirrigación, en tomate manzano var.
Matías, bajo condiciones de macrotunel en
Zamorano**

Gilmer Osmar Muñoz Sil

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de sustratos orgánicos a base de
raquis de maíz y compost con dos programas
de fertirrigación, en tomate manzano var.
Matías, bajo condiciones de macrotunel en
Zamorano**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

Gilmer Osmar Muñoz Sil

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2019

Evaluación de sustratos orgánicos a base de raquis de maíz y compost con dos programas de fertirrigación, en tomate manzano var. Matías, bajo condiciones de macrotúnel en Zamorano.

Gilmer Osmar Muñoz Sil

Resumen. Un buen sustrato determina el éxito del cultivo, pues constituye el medio de desarrollo de raíces. El objetivo fue evaluar raquis de maíz (RM) y compost (C) como sustrato en proporciones de 50 y 50 % (v/v), C60:RM40, C70:RM30 en tomate manzano var. Matías, en macrotúnel. En la etapa 2 (46-65 DDT) y etapa 3 (66-79 DDT) se probaron dos programas de fertilización: convencional, que se utiliza normalmente en la Unidad de Olericultura Intensiva de Zamorano y fertilización alterna que consistió en quitar la fuente de amonio y aumentar 13% la de nitrato en etapa 2, en etapa 3 mantenerse sin amonio, aumentar 12% el nitrato y restar 20% de SO_4^{2-} respecto a la dosis convencional. El diseño fue un BCA con arreglo factorial 3×2 (sustratos \times fertilización), con cuatro repeticiones. Se realizó un ANDEVA ($P \leq 0.05$) y separación de medias por Duncan. Se caracterizaron los sustratos, se evaluó crecimiento de la planta y del último racimo al ápice meristemático, diámetro de tallo, largo de hojas y racimos por planta. El sustrato C70:RM30 generó mayor crecimiento a los 21-28 días después de trasplante (DDT). La fertilización convencional generó mayor crecimiento y diámetro a los 63 DDT, mayor distancia del primer racimo al ápice a los 63 DDT y mayor largo de hoja y número de racimos a los 70 y 77 DDT. La fertilización alterna presentó un menor pH a los 72 y 77 DDT y una menor conductividad eléctrica en todos los días evaluados.

Palabras clave: Amonio, fertirrigación, nitrato, solución nutritiva.

Abstract. A good substrate determines the success of a crop, as it constitutes the means of root development. The objective was to evaluate corn cob (RM) and compost (C) as a substrate in proportions of 50 and 50% (v/v), C60: RM40, C70: RM30 in beefsteak tomato var. Matías, in hightunnel. In stage 2 (46-65 DDT) and stage 3 (66-79 DDT) two fertilization programs were compared: conventional, which is normally used in the Zamorano Intensive Horticulture Unit and alternative fertilization consisting of removing the ammonium source and increase the nitrate by 13% in stage 2, in stage 3 no ammonium, increase nitrate by 12% and decrease 20% from de SO_4^{2-} compared to the conventional plan. The design was a BCA with factorial arrangement 3×2 (substrates \times fertilization), with four replicate. An ANOVA ($P \leq 0.05$) and media separation by Duncan was performed. Substrates were characterized as wellas growth of the plant, distance from last floral cluster to the meristematic apex, stem diameter, leaf length and clusters per plant. The C70:RM30 substrate generated greater growth at 21-28 days after transplant (DAT). Conventional fertilization generated greater growth and diameter at 63 DAT, greater distance from the first cluster to apex at 63 DAT and longer leaf length and number of clusters at 70 and 77 DAT. The alternative fertilization showed a lower pH at 72 and 77 DAT and a lower electrical conductivity on all the days evaluated.

Keywords: Ammonium, fertigation, nitrate, solution nutritional

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros y figuras.....	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS	8
4. CONCLUSIONES	19
5. RECOMENDACIONES	20
6. LITERATURA CITADA	21

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Nutrientes utilizados en los programas de fertirrigación, para producción de tomate manzano (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en la unidad de Olericultura Intensiva de la Escuela Agrícola, Panamericana, Zamorano, Honduras.....	4
2. Fertilizantes utilizados para la producción de tomate manzano var. Matías en condiciones de macrotunel.	5
3. Tratamientos evaluados en la producción de tomate manzano (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en la unidad de Olericultura Intensiva en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	6
4. pH, materia orgánica (M.O), nitrógeno (N) y conductividad eléctrica (CE) de los sustratos evaluados para la producción de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en la Unidad de Olericultura Intensiva en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	8
5. Interpretación de las bases intercambiables de los sustratos evaluados para la producción de tomate manzano (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en la Unidad de Olericultura Intensiva en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	9
6. Cationes solubles de los sustratos y sus componentes para la producción de tomate manzano var. Matías.....	9
7. Aniones solubles de los sustratos y sus componentes para la producción de tomate manzano var. Matías.....	9
8. Saturación de bases de los sustratos evaluados para la producción de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en la Unidad de Olericultura Intensiva en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.....	10
9. Relaciones de bases de los sustratos y sus componentes evaluados para la producción de tomate manzano (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en la Unidad de Olericultura Intensiva en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.	10
10. Efecto de tres sustratos y dos programas de fertilización en crecimiento semanal (cm) en la producción de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	11

11. Efecto de tres sustratos, dos programas de fertilización, en la distancia del primer racimo al ápice de crecimiento (cm) en la producción de tomate manzano (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	12
12. Efecto de tres sustratos y dos programas de fertilización en diámetro del tallo (mm) en la producción de tomate manzano (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	13
13. Efecto del tres sustratos y dos programas de fertilización, en largo de la hoja (cm) en la producción de tomate manzano (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	14
14. Efecto de tres sustratos, dos programas de fertilización y su interacción en número de racimos en la producción de tomate manzano (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	15
15. Efecto de tres sustratos y dos programas de fertilización en el pH del drenaje colectado, en la producción de tomate manzano (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	16
16. Efecto de tres sustratos, dos programas de fertilización y su interacción en la conductividad eléctrica (CE) del drenaje colectado, en la producción de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	18

Figuras	Páginas
1. Curvas del cambio de pH en el riego aplicado a los sustratos con dos programas de fertirrigación evaluados en diferentes DDT, en la producción de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	16
2. Curvas del cambio de CE en el riego aplicado a los sustratos con dos programas de fertilización evaluados en diferentes DDT, en la producción de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	17

1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas, proveniente de los Andes del Perú. Su crecimiento es óptimo en climas de temperatura promedio entre 21 a 26 °C y la mínima de 18°C (Molina *et al.* 2010). En Honduras la producción de tomate se concentra en los departamentos de El Paraíso, Comayagua, Francisco Morazán, Choluteca, y Olancho (SAG-Honduras 2015). Actualmente la mayor producción de tomate en Honduras se realiza a campo abierto, sin embargo, estudios indican que en los últimos años se ha ampliado significativamente la producción de tomate en condiciones protegidas, en casas de malla o invernaderos (FHIA 2009).

En los últimos 30 años ha ocurrido una expansión de cultivos sin suelo como es el caso de las hortalizas, donde el tomate se posiciona en primer lugar, seguido el pepino y por último el pimiento. Uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo es el sustrato, pues constituye el medio en que se desarrollarán las raíces, las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo (Ortega *et al.* 2010).

En la actualidad existe una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, tipo de propágulo, época, sistema de propagación, costo, disponibilidad y características propias del sustrato (Hudson *et al.* 2002). Los sustratos más utilizados en el cultivo de tomate y que han mostrado buenos resultados en crecimiento, desarrollo y producción son la turba, lana de roca y la fibra de coco; sin embargo, la adquisición de estos es costosa económicamente, por lo que se hace necesario la búsqueda de sustratos que proporcionen un adecuado rendimiento con bajo costo en el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas (Ortega *et al.* 2010).

Según estudios, es posible interpretar el compostaje como la sumatoria de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes en un medio para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos N y C, pero más estable, que es llamado compost (Román *et al.* 2013).

El olote o raquis de maíz es un residuo o subproducto agrícola que se genera en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca y se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de olote (CIMMYT 1995). Para el 2010 se estableció una producción mundial de 884 millones de toneladas de maíz, lo cual generó alrededor de 144 millones de toneladas de raquis de maíz (FAO 2012). Entre los usos del olote que han

sido reportados en la literatura se encuentran la aplicación como forraje para rumiantes y soporte para disminuir la erosión en el suelo (Knob y Cárcamo 2010). Sin embargo, hay pocos reportes en la literatura sobre su potencial para la obtención de compuestos orgánicos.

El raquis de maíz, se usa como un compuesto que provee una evaporación rápida de la humedad de la superficie y mantiene temperaturas más uniformes que protegen al suelo de la dispersión producida por el agua de riego. Conforme se descompone liberan grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmosfera del invernadero. Este enriquecimiento de dióxido de carbono es el beneficio más importante derivado del uso de raquis de maíz y otros materiales orgánicos de rápida descomposición en invernaderos (Rodríguez *et al.* 2016). La incorporación de raquis de maíz produce una reducción en la concentración de nitrato en el medio, por lo que es necesaria la aplicación complementaria para preveer una deficiencia de este nutriente en los cultivos en crecimiento (OIRSA 2002).

Dada esta situación en el presente estudio se observó la oportunidad de evaluar tres sustratos orgánicos con diferentes proporciones de raquis de maíz (RM) y compost (C) y a su vez variar la fórmula de fertilización con menor cantidad de amonio para minimizar el bajo pH por efecto de RM. Es por ello que los objetivos de este estudio fueron:

- Evaluar tres sustratos orgánicos, a base de raquis de maíz y compost con dos programas de fertilización para la producción de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en macrotúnel.
- Determinar la mejor proporción de compost y raquis de maíz como sustrato para la producción de tomate var. Matías en macrotúnel.
- Determinar la fórmula de fertilización más eficiente en la etapa productiva del cultivo de tomate manzano var. Matías en macrotúnel.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. El experimento se realizó en el macrotunel No. 8 de Zona 3, de la unidad de Olericultura Intensiva, en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Yeguaré, departamento de Francisco Morazán, a 30 km al Este de Tegucigalpa, Honduras, el cual se encuentra a una altitud de 800 msnm, con temperaturas promedio de 28 °C a 30 °C entre los meses de mayo a agosto de 2019.

Cultivo. El experimento se realizó en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), tipo “manzano” variedad “Matías”. Las plántulas se produjeron en la sección de plántulas de la Unidad de Ornamentales y Propagación de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Las semillas fueron sembradas en bandejas plásticas de 200 celdas, para las cuales se utilizó un sustrato de turba llamado Pindstrup Plus Orange®. Una vez realizada la siembra, las bandejas pasaron en un cuarto oscuro para inducir la germinación por 24 horas. Posteriormente las bandejas fueron trasladadas al macrotunel con una temperatura promedio de 24°C con una variación de $\pm 1^\circ\text{C}$ por día, las cuales estuvieron por un periodo de 21 días, tiempo en el que desarrollaron la primera hoja verdadera. El riego en invernadero se estableció dos veces al día este dependió de la humedad del sustrato.

Las plántulas se trasplantaron en bolsas plásticas PELD de 46 cm \times 38 cm, de color negro con propiedades anti UV y anti bacterial. El llenado de bolsa se hizo con base en volumen. Para estandarizar todas las bolsas se llenaron a una altura de 25 cm cada una. Las bolsas contaron con una separación de 0.30 m entre bolsa, 0.60 m entre hilera y 1.30 m entre cama. Se sembraron dos plantas para una densidad final de 21,000 plantas por hectárea. El trasplante se realizó en horas frescas de la mañana para evitar que la planta sufriera un estrés (López 2016).

La fisiología del cultivo depende de cada etapa de desarrollo (etapas fenológicas). La primera etapa de 0 a 46 días después de trasplante (DDT), conocida como desarrollo vegetativo, es considerada hasta la aparición del primer racimo floral. La segunda etapa de 46 a 65 DDT se presenta un crecimiento simultáneo entre crecimiento vegetativo y reproductivo. Posteriormente se inicia la etapa tres de producción >66 DDT en la cual los primeros frutos en desarrollo comienzan su maduración y cosecha (Escobar y Lee 2009). Este estudio se realizó hasta los 79 DDT.

Sustratos. Los materiales que se utilizaron para la mezcla de sustrato fueron, raquis de maíz (RM) y compost (C) en diferentes proporciones: 50% (C) y 50% (RM) (C50:RM50); C 60% y 40% RM (C60:RM40); y 70% de C y 30% RM (C70:RM30). El raquis de maíz utilizado fue proporcionado por la Planta de Granos y Semillas como subproducto del proceso de semillas. El compost fue proporcionado por la Unidad de Agricultura Orgánica

ambos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Una vez ubicados los materiales en la unidad de Olericultura Intensiva, se procedió a moler el raquis de maíz, con la picadora (BEAR CAT CH653) para reducir el tamaño de partículas a un promedio de 15 mm. Las mezclas se realizaron manualmente con pala. Una vez realizadas las mezclas se procedió a pasteurizarlas con vapor de agua, a una temperatura de 100 °C por 4 horas.

Una muestra de raquis de maíz, compost y los tres sustratos evaluados fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de Zamorano (LSZ) para su análisis químico. Los iones intercambiables K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn se extrajeron mediante la solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica, el P fue analizado mediante la solución extractora Mehlich 3 y determinado por colorimetría, el porcentaje de carbono orgánico (C.O.) fue determinado mediante el método de Walkley y Black para suelos minerales no salinos (C.O.= 58% de MO) (Sherrod *et al.* 2002).

Los iones en solución nitratos, nitritos y amonios se extrajeron con KCl 1N, determinados por colorimetría, para la CE, sulfatos y bases solubles se utilizó el método de la pasta saturada, determinados por argentometría (Rhoades 1996), para sulfatos fue utilizado el método de la pasta saturada, determinados por colorimetría, para las bases solubles se utilizó el método de pasta saturada y fueron determinadas por espectrofotometría de absorción atómica.

Fertilización. El tomate requiere una alta disponibilidad de macronutrientes y micronutrientes. Para realizar la fertilización por medio de fertirriego, se utilizó la información que provee el programa de Lardizábal (2008). En la etapa 2 (46-65 DDT) y etapa 3 (66-79 DDT) se probaron dos programas: el programa convencional, que se utiliza normalmente en la Unidad de Olericultura Intensiva de Zamorano y una fertilización alterna que consistió en quitar la fuente de amonio y aumentar 13% la de nitrato en etapa 2, en etapa 3 mantenerse sin amonio, aumentar 12% el nitrato y restar 20% de SO_4^{-2} respecto a la dosis convencional (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nutrientes utilizados en los programas de fertirrigación, para producción de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en la unidad de Olericultura Intensiva de la Escuela Agrícola, Panamericana, Zamorano, Honduras.

Nutriente	mMoles/L				
	0 a 45 DDT	46 a 65 DDT		66 a 79 DDT	
			Conv ^s	Alt ^e	Conv
NO ₃ ⁻	11.3	11.6	13.3	11.2	12.5
NH ₄ ⁺	1.5	1.2	0.0	1.2	0.0
H ₂ PO ₄ ⁻	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
K ⁺	6.2	7.0	7.2	8.0	8.1
Ca ⁺²	5.4	6.2	6.4	6.4	6.5
Mg ⁺²	2.7	3.1	3.2	3.2	3.2
SO ₄ ⁻²	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0

DDT: Días después de trasplante, Conv^s: Convencional, Alt^e: Alterna

Los fertilizantes utilizados para llevar a cabo los programas nutricionales fueron: Nitrato de calcio, sulfato de potasio, sulfato de magnesio, fosfato monoamónico, fosfato monopotásico y nitrato de potasio todos ellos ultra solubles (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fertilizantes utilizados para la producción de tomate manzano var. Matías en condiciones de macrotunel.

Nutriente	Fertilizante	g/litro				
		Etapa 1	Etapa 2		Etapa 3	
			Conv ^{\$}	Alt [€]	Conv	Alt
N y Ca	Nitrato de Calcio 15.5% N, 27% CaO	0.85	1.02	1.19	0.98	1.13
K y S	Sulfato de Potasio 52% K ₂ O, 47.5% SO ₃	0.38	0.64	0.50	0.73	0.57
Mg y S	Sulfato de Magnesio 16% MgO, 31.7% SO ₃	0.63	0.73	0.75	0.75	0.75
N y P	Fosfato Monoamónico (12-61-0)	0.17	0.17	0.00	0.17	0.00
N y K	Fosfato monopotásico (0-51-34)	0.00	0.00	0.21	0.00	0.21
N y K	Nitrato de Potasio (13-0-46)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00

Conv^{\$}: Convencional, Alt[€]: Alterna

Las fertilizaciones se realizaron mediante un sistema de riego por goteo, iniciando a los cinco días después de trasplante, para causar un estrés a la planta, el cual le ayuda a desarrollar un sistema radicular más fuerte para que pueda absorber de una manera más eficiente los nutrientes (Balaguera *et al.* 2008).

Riego. El riego inicio 5 DDT la cantidad de agua aplicada se incrementó con el crecimiento del cultivo. En la primera etapa, del día (5-45 DDT) se realizaron siete riegos por día, cada uno de 12 minutos aplicando un total de 1400 mL/planta/día. En la segunda (46-65 DDT) y tercera etapa (>66 DDT) se realizaron ocho riegos por día teniendo una duración de 12 minutos cada uno, aplicando un total de 1600 mL/planta/día.

Manejo del cultivo. Las prácticas culturales realizadas fueron podas, deshoje, deschuponado, raleo de frutos, tutorado del cultivo con cuerdas y ganchos de alambre, para evitar que la planta se doblara por el peso de los frutos y para que esta captara más luz. La incidencia de plagas y enfermedades se evaluó mediante monitoreos constantes y dependiendo los resultados de los mismos se realizaron las aplicaciones preventivas y de control.

Tratamientos.

Se evaluaron tres sustratos y dos programas de fertilización, convencional y alterno, aplicados a partir de la segunda etapa del cultivo (46-65 DDT) (Cuadro 3). El programa de fertilización convencional es el que se utiliza normalmente en la unidad de Olericultura Intensiva. En el programa de fertilización alterna se incrementó el contenido de nutrientes.

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en la producción de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en la unidad de Olericultura Intensiva en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Sustrato (v/v)	Fertilización
50C:50RM	Convencional
50C:50RM	Alternativa
60C:40RM	Convencional
60C:40RM	Alternativa
70C:30RM	Convencional
70C:30RM	Alternativa

RM: Raquis de maíz u olote, C: Compost.

Variables evaluadas en el cultivo.

Todas las variables se evaluaron semanalmente a partir de los 21 DDT hasta los 79 DDT.

Crecimiento semanal. Se determinó como la diferencia en altura semanal. Para el cálculo de esta variable, durante la primera semana se colocó una cinta en el sistema de tutorio para marcar la altura inicial del meristemo apical. A partir de la segunda semana se midió la altura entre la marca y el meristemo apical, colocando nuevamente una marca en el sistema de tutorio. La distancia entre marca y marca fue el crecimiento semanal.

Distancia del primer racimo al ápice de crecimiento. Con una cinta métrica se midió la distancia del primer racimo floral hasta el meristemo apical. Para considerarlo como el último racimo tenía que tener una flor completamente abierta.

Diámetro del tallo. La medición del diámetro de tallo se realizó con un pie de rey, el cual se colocó bajo la bifurcación del tallo principal de la planta y el último racimo con flores abiertas.

Largo de hoja. Con una cinta métrica se midió desde la unión del tallo hasta la punta de la hoja, para lo cual se seleccionó una hoja que estuviera ubicada a la altura media de la planta.

Número de racimos. Semanalmente se contaron el número de racimos que tenía la planta; para considerarlo racimo, la flor ya debería estar cuajada.

Variables evaluadas en el sustrato.

Conductividad eléctrica (CE) y pH. La conductividad eléctrica (CE) y pH del fertirriego y drenaje se midieron tres veces por semana. Para la medición de la CE y pH del fertirriego se recolectó la totalidad del agua de un gotero durante un turno de riego. Para la medición de CE y pH en drenaje este fue recolectado en un recipiente. Para tomar la medición de CE y pH se utilizó un potenciómetro (Hanna Instruments HI 98129).

Diseño del experimento.

Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA), con un arreglo factorial de tres sustratos con proporciones variables de raquis de maíz con compost y dos programas de fertilización, para un total de seis tratamientos con cuatro repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales y 16 unidades observacionales por tratamiento.

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA), con una separación de medias por Duncan y LSD en caso de presentarse interacción con un nivel de confianza del 95% ($P \leq 0.05$), con ayuda del paquete estadístico, “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4[®]).

3. RESULTADOS

Condiciones químicas de los sustratos.

El pH óptimo para el cultivo de tomate es de 6 y 6.5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente (Allende 2017). Todos los sustratos presentaron valores mayores al indicado (Cuadro 4). Sin embargo, el tomate es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de pH llegando a soportar pH de hasta 8 (Allende 2017).

Los tres sustratos presentaron niveles altos de materia orgánica (M.O) y niveles altos y muy altos de nitrógeno (Cuadro 4). Moreno *et al.* (2005), encontraron valores de 17.28% en vermicomposta con estiércol de cabra en sustratos orgánicos para producción de tomate. Cruz *et al.* (2010) obtuvieron valores de 11.96% en compost elaborado con estiércol bovino, rastrojo de maíz y tierra negra.

La CE óptima para el cultivo de tomate es de 2 a 5 dS/m (INTAGRI 2017). Todos los sustratos evaluados presentaron una CE superior al rango óptimo (Cuadro 4). Esta CE excesiva en sustratos puede causar fitotoxicidad. Los valores altos de la CE pueden ser un factor limitante para las plantas sensibles a la salinidad (Mengel *et al.* 2001). Los sustratos 50C:50RM y 60C:40RM presentaron una CE similar a la del bocashi (8.75 dS/m) reportados por Quesada y Méndez (2005).

Cuadro 4. pH, materia orgánica (M.O), nitrógeno (N) y conductividad eléctrica (CE) de los sustratos evaluados para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la Unidad de Olericultura Intensiva en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Sustrato	pH	M.O			N	CE (dS/m)
		N				
		M.O (%)				
Compost (C)	6.33	20.0	A	1.0	MA	14.1
Raquis de Maíz (RM)	5.10	97.8	A	0.7	A	5.1
50C:50RM	7.24	13.0	A	0.9	A	9.1
60C:40RM	6.93	16.2	A	1.1	MA	7.8
70C:30RM	6.68	11.7	A	0.9	A	12.7

M.O: Materia orgánica, N: Nitrógeno CE: Conductividad eléctrica, MA: muy alto, A: alto.
Fuente: Arévalo y Gauggel 2017.

El sustrato 50C:50RM presentó los niveles de bases intercambiables más altos para K-7.8, Ca-50.5 y Na-0.6 cmol/kg, mientras que el sustrato 60C:40RM presentó el nivel más alto para Mg-9.6 cmol/kg. De las fuentes de sustrato el RM presentó una baja capacidad de

intercambio catiónico efectiva (CICe). De los sustratos la mezcla de 50C:50RM presentó la CICe más alta con 68 cmol/kg igual al compost (Cuadro 5). El contenido de bases intercambiables en cada componente del sustrato es más bajo que en las mezclas y no hubo adición de otro material, lo cual puede obedecer a que los componentes originales tienen una variabilidad en su composición que no se pudo registrar en las muestras analizadas.

Cuadro 5. Interpretación de las bases intercambiables de los sustratos evaluados para la producción de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en la Unidad de Olericultura Intensiva en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Sustrato	Intercambiables (cmol/kg)					CICe
	K	Ca	Mg	Na	Ac.Int	
Compost (C)	6.5A	52.3N	9.1M	0.3N	0	68 ^a
Raquis de Maíz (RM)	5.0N	0.0MB	1.7B	0.0N	2.5	9B
50C:50RM	7.8A	50.5N	9.5M	0.6N	0	68 ^a
60C:40RM	7.1A	45.5B	9.6M	0.1N	0	62 ^a
70C:30RM	6.1A	38.9B	8.0M	0.0N	0	53M

Ac. Int: Acidez intercambiable. CICe: Capacidad de intercambio catiónico, MA: Muy alto. A: Alto, M: medio, N: normal, B: bajo, MB: muy bajo.

El sustrato 70C:30RM presentó la mayor cantidad de cationes solubles (Cuadro 6). El compost obtuvo la mayor cantidad de aniones NO₃⁻ y SO₄²⁻ (Cuadro 7). El desbalance entre los cationes y aniones puede ocasionar antagonismo y/o precipitación entre algunos de ellos (Taylor y Locascio 2004).

Cuadro 6. Cationes solubles de los sustratos y sus componentes para la producción de tomate manzano var. Matías.

Sustrato	Cationes solubles (cmol/kg)				
	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺
Compost (C)	85	20	33	27	11
Raquis de Maíz (RM)	0	31	1	6	0
50C:50RM	78	29	16	15	11
60C:40RM	58	23	10	10	10
70C:30RM	110	21	22	19	10

Cuadro 7. Aniones solubles de los sustratos y sus componentes para la producción de tomate manzano var. Matías.

Sustrato	Cationes solubles (cmol/kg)	
	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Compost (C)	23	8
Raquis de Maíz (RM)	3	1
50C:50RM	2	0
60C:40RM	8	1
70C:30RM	13	1

Los sustratos analizados como suelo mostraron que la saturación de bases de los componentes de los sustratos, el compost (C) presentó una saturación de bases mayor en Ca, lo que indica que es una muy buena fuente de calcio. El raquis de maíz (RM) presentó una saturación de bases mayor que el compost en K; sin embargo, el K es alto en todos los casos. De los tres sustratos analizados el que presentó un mayor porcentaje de SK es el 70C:30RM, mientras que el sustrato 50C:50RM presentó el porcentaje de SCa mayor, los sustratos 60C:40RM y 70C:30RM presentaron los porcentajes de SMg más altos (Cuadro 8 y 9).

Cuadro 8. Saturación de bases de los sustratos evaluados para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la Unidad de Olericultura Intensiva en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.

Sustrato	%			
	SK	SCa	SMg	P.S.I
Compost (C)	10 A	77 A	13 M	0
Raquis de Maíz (RM)	54 A	0 MB	18 A	0
50C:50RM	11 A	74 N	14 M	1
60C:40RM	11 A	73 N	15 A	0
70C:30RM	12 A	73 N	15 A	0
Rangos	3 a 5	35 a 75	5 a 20	<15

SK: Saturación de potasio; SCa: Saturación de calcio; SMg: Saturación de magnesio; P.S.I: Porcentaje de sodio intercambiable; A: Alto; M: medio; N: Normal; B: bajo; MB: Muy bajo

Cuadro 9. Relaciones de bases de los sustratos y sus componentes evaluados para la producción de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en la Unidad de Olericultura Intensiva en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.

Sustrato	cmol/kg			
	Ca/Mg	Ca/K	Ca+Mg/K	K/Mg
Compost (C)	6 A	8 N	9 B	1 B
Raquis de Maíz (RM)	0 B	0 B	0 MB	3 N
50C:50RM	5 A	6 N	8 B	1 B
60C:40RM	5 A	6 N	8 B	1 B
70C:30RM	5 A	6 N	8 B	1 B
Rangos	3 a 5	5 a 17	13	5 a 3

A: Alto; M: medio; N: Normal; B: bajo; MB: Muy bajo

Variables agronómicas.

Crecimiento semanal de la planta. No hubo efecto de la interacción sustrato y fertilización en el crecimiento semanal de la planta. Hubo efecto del sustrato en el crecimiento semanal a los 21, 28 y 49 DDT y efecto del programa de fertilización a los 63 y 70 DDT (Cuadro 10). El sustrato C70:RM30 presentó el mayor crecimiento el día 21 y 28 DDT. Esto se puede atribuir al mayor contenido de cationes reportados en el análisis realizado al sustrato.

Sin embargo, con el pasar de los días este deja de ejercer efecto ya que mediante los riegos constantes se provoca cierta pérdida de nutrientes. A los 49 DDT los sustratos C60:RM40 y C50:RM50 presentaron el mayor crecimiento. Núñez *et al.* (2012) reportaron en tomate crecimientos de 10 cm a los 28 DDT y 42 DDT crecimientos de 9 cm, bajo las condiciones de invernadero, lo cual indica que los resultados obtenidos en esta investigación fueron superiores.

A los 63 y 70 DDT el programa de fertilización convencional generó un mayor crecimiento en la planta (Cuadro 10). Esto se puede atribuir a que la fertilización convencional tenía amonio mientras que en la fertilización alterna se eliminó esto puede indicar que la planta necesita amonio, pero en bajas cantidades.

Cuadro 10. Efecto de tres sustratos y dos programas de fertilización en crecimiento semanal (cm) en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Factores	Días después de trasplante				
	21	28	49	63	70
Sustratos					
C70:RM30	41.5 a [‡]	26.8 a	21.2 b	13.4	15.2
C60:RM40	35.4 b	24.6 a	23.8 a	12.8	16.6
C50:RM50	19.3 c	20.0 b	23.8 a	13.4	17.2
Valor P	**	**	*	ns	ns
Fertilización					
Alternativa			20.6	11.8 b	14.6 b
Convencional			22.8	14.6 a	17.9 a
Valor P			ns	*	*
R ²	0.5	0.8	0.2	0.1	0.1
CV	29.2	37.5	26.9	48.1	37.4

** (≤ 0.001), * (≤ 0.05), ns: no significativo, [‡] letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Distancia del primer racimo al ápice de crecimiento (cm). No hubo interacción entre sustrato y fertilización ($P > 0.05$). Hubo efecto del sustrato a los 63 y 77 DDT y efecto del programa de fertilización a los 63 DDT (Cuadro 11). El sustrato C50:RM50 generó la mayor distancia del primer racimo al ápice de crecimiento los días 63 y 77 DDT. A los 63 días DDT la mayor distancia se presentó con el programa de fertilización convencional. La distancia del primer racimo al ápice de crecimiento ideal es de 14-16 cm por semana. En este estudio tanto los sustratos como las fertilizaciones generaron crecimientos menores en la planta, lo cual indica que la planta es generativa, es decir que utiliza los nutrientes eficientemente en la formación de frutos (Escobar y Lee 2009). Esto puede darse por condiciones de clima, nutricionales y de manejo.

Cuadro 11. Efecto de tres sustratos, dos programas de fertilización, en la distancia del primer racimo al ápice de crecimiento (cm) en la producción de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Factores	Días después de trasplante	
	63	77
Sustratos		
C70:RM30	10.0 b [¥]	7.7 b
C60:RM40	10.5 b	9.0 ab
C50:RM50	13.6 a	10.5 a
Valor P	*	*
Fertilización		
Alterna	10.4 b	8.5
Convencional	12.5 a	9.4
Valor P	*	ns
R ²	0.2	0.3
CV	44.9	42.6

* ($P \leq 0.05$), ns: no significativo, [¥] letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$). Compost (C), Raquis de maíz (RM) en proporción v/v.

Diámetro del tallo de la planta. No hubo interacción del sustrato y fertilización en el diámetro del tallo ($P > 0.05$). El sustrato tuvo efecto en el diámetro del tallo a los días 21 y 63 DDT y el programa de fertilización los días 63 y 70 DDT. El día 21 DDT con el sustrato C70:RM30 se presentó el mayor diámetro (Cuadro 12). Estos datos son similares a los encontrados por Ortega *et al.* (2010) quienes reportaron a los 25 DDT diámetros de 5 mm en la producción de tomate en compost. En el día 63 DDT el mayor diámetro ocurrió en el sustrato C50:RM50.

A los 63 y 70 DDT el diámetro de mayor grosor se presentó con el programa de fertilización convencional (Cuadro 12). El diámetro ideal para el tomate es de 10.5-11.5 mm, los datos obtenidos en este estudio fueron menores a los indicados. De la segunda etapa (46-65 DDT) en adelante se esperan los diámetros menores ya que la planta se concentra en alimentar los frutos (Escobar y Lee 2009).

Cuadro 12. Efecto de tres sustratos y dos programas de fertilización en diámetro del tallo (mm) en la producción de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Factores	Días después de trasplante		
	21	63	70
Sustratos			
C70:RM30	4.6 a [‡]	6.0 ab	5.8
C60:RM40	4.1 a	5.5 b	5.8
C50:RM50	3.0 b	6.5 a	5.9
Valor P	**	*	ns
Fertilización			
Alterna		5.5 b	5.3 b
Convencional		6.5 a	6.3 a
Valor P		**	**
R ²	0.3	0.3	0.2
CV	27.7	24.5	27.4

** (≤ 0.001), * (≤ 0.05), significativo, ns: no significativo, [‡] letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Largo de hoja. No hubo efecto de la interacción de sustrato y fertilización en el largo de hoja. El sustrato tuvo efecto en el largo de hoja el día 21 DDT (Cuadro 14). El efecto del programa de fertilización se mostró en los 70 y 77 DDT. El sustrato C70:RM30 generó el mayor largo de hoja el día 21 DDT. A los 70 y 77 DDT el mayor largo de hoja se presentó con el programa de fertilización convencional (Cuadro 13). Hocking y Steer (1994), mencionan para las solanáceas que, cuando los primeros tres racimos en fructificación están creciendo rápidamente, hay gran demanda de asimilados y estos son suministrados por las hojas medias. En la primera etapa (0-45 DDT) las hojas son parte fundamental en las plantas ya que estas transforman importantes cantidades de energía química mediante el proceso fotosintético (Escobar y Lee 2009).

Cuadro 13. Efecto del tres sustratos y dos programas de fertilización, en largo de la hoja (cm) en la producción de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Factores	Días después de trasplante		
	21	70	77
Sustratos			
C70:RM30	25.9 a [‡]	29.1	25.0
C60:RM40	23.4 a	28.1	24.7
C50:RM50	12.5 b	29.9	26.1
Valor P	**	ns	ns
Fertilización			
Alterna		27.7 b	24.6 b
Convencional		30.0 a	26.1 a
Valor P		**	**
R ²	0.5	0.2	0.2
CV	29.4	12.5	12.8

** (≤ 0.001), ns: no significativo, [‡] letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Número de racimos por planta. El sustrato no tuvo efecto sobre el número de racimos (Cuadro 14). Los programas de fertilización causaron un efecto en el número de racimos a los 70 y 77 DDT y la interacción sustrato por fertilización a los 77 DDT. Con el programa de fertilización convencional se generó el mayor número de racimos los días 70 y 77 DDT. Con excepción de la interacción del sustrato C70:RM30 y el programa de fertilización alterno, todos los sustratos con el programa de fertilización convencional y alterno generaron mayor cantidad de racimos (6.5 a 7.1). En el caso de este estudio el número de racimos fue inferior, probablemente debido a condiciones de clima como: temperatura, humedad relativa, luminosidad, riego. Alemán *et al.* (2016), reportaron un promedio de ocho racimos por planta en condiciones de invernadero con manejo agroecológico a los 75 DDT.

Cuadro 14. Efecto de tres sustratos, dos programas de fertilización y su interacción en número de racimos en la producción de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Factores	Días después de trasplante	
	70	77
Fertilización		
Alterna	6.2 b [‡]	6.5 b
Convencional	6.9 a	7.0 a
Valor P	**	*
Sust × Fert		
C70:RM30 × Alterna	6.1	6.2 b
C60:RM40 × Alterna	6.5	7.1 a
C50:RM50 × Alterna	6.1	6.5 ab
C70:RM30 × Convencional	6.9	7.1 a
C60:RM40 × Convencional	6.6	6.7 ab
C50:RM50 × Convencional	7.1	7.1 a
Valor P	ns	*
R ²	0.2	0.2
CV	12.1	12

** (≤ 0.001), * (≤ 0.05), ns: no significativo, [‡] letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

pH de solución de riego. El programa de fertilización convencional generó un pH ligeramente ácido entre 5.9 y 6.5 en comparación al riego aplicado con el programa de fertilización alterna que presentó pH fuertemente ácido entre 5.6 y 4.5. Según Escobar y Lee (2009) el pH ideal para la producción de tomate es ligeramente ácido de 5.0 a 6.5, lo cual indica que el programa de fertilización convencional se mantuvo dentro del rango requerido para la producción de tomate. Sin embargo, el programa de fertilización alterno en la segunda etapa estuvo dentro del rango solo los días 48 a 52 DDT y en la etapa 3 del día 69 a 79 DDT (Figura 1). pH más bajos que 5 para el cultivo de tomate, puede provocar deficiencia principalmente de los macronutrientes, así como de manganeso y boro (Escobar y Lee 2009).

pH del drenaje colectado. La interacción de sustrato y programa de fertilización no tuvo efecto en el pH del drenaje. El sustrato presentó efecto únicamente a los 48 DDT y la fertilización a los 72 y 77 DDT (Cuadro 15). Estos valores son similares a los encontrados por Flores *et al.* (2007) quienes reportaron pH de 7.25 en la solución drenada en la producción de tomate en invernadero. A pH moderadamente alcalinos 7.9-8.4 la raíz puede sufrir daños ya que el pH del drenaje debe estar 0.5 y 1 unidades por encima del valor medio del gotero (Escobar y Lee 2009). Si se produce una absorción de aniones, como puede ser los nitratos, se produce un aumento de pH. La absorción de cationes, normalmente potasio o amonio produce una acidificación (Ríos y Santos 2012).

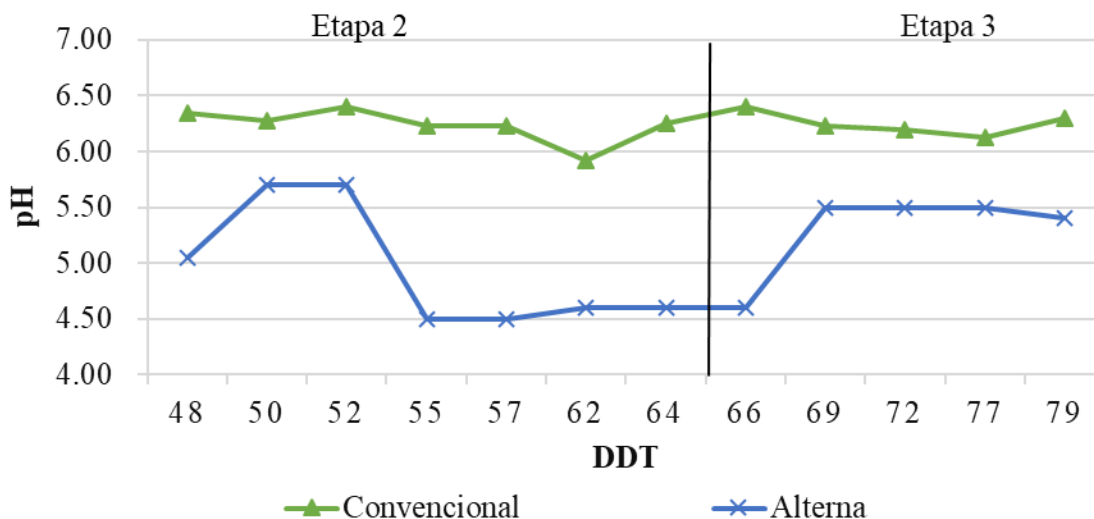


Figura 1. Curvas del cambio de pH en el riego aplicado a los sustratos con dos programas de fertirrigación evaluados en diferentes DDT, en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en macrotúnel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Cuadro 15. Efecto de tres sustratos y dos programas de fertilización en el pH del drenaje colectado, en la producción de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en macrotúnel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Sustratos	Días después de trasplante		
	48	72	77
C70:RM30	7.4 b [¥]	7.1	7.3
C60:RM40	7.5 ab	7.0	7.4
C50:RM50	7.8 a	6.9	7.2
Valor P	*	ns	ns
Fertilización			
Alternativa	7.6	6.8 b	7.1 b
Convencional	7.7	7.1 a	7.5 a
Valor P	ns	*	*
R ²	0.6	0.75	0.68
CV	1.4	1.68	2.19

* ($P \leq 0.05$), ns: no significativo, [¥] letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$)

CE de gotero. El programa de fertilización convencional presentó una CE entre 2 y 3.5 dS/m (Figura 2) acorde con el programa diseñado por Lardizábal (2008) del cual se espera una CE de 2.3 dS/m con los fertilizantes utilizados. Sin embargo, INTAGRI (2017) indica que la CE ideal para tomate debe ser de 2 a 5 dS/m, arriba de estos rangos se pueden provocar acumulación de sales en el sustrato lo cual resulta tóxico para las plantas. La

fertilización alterna presentó una CE entre 1.5 y 1.8 dS/m. Según Lardizábal (2008) con los fertilizantes utilizados se espera una CE de 2.2 dS/m, lo cual indica que la fertilización alterna mantuvo una CE por debajo del requerimiento óptimo para el tomate. Lara (2000) indica que una CE menor a 2 dS/m es deficiente, sobre todo en los lugares o temporadas frías y puede inducir deficiencias nutrimentales. INTAGRI (2017), indica que una solución nutritiva también puede verse afectada por la calidad de agua que se esté utilizando para la preparación de la misma, ya que en muchas regiones el agua utilizada contiene niveles elevados de calcio y magnesio.

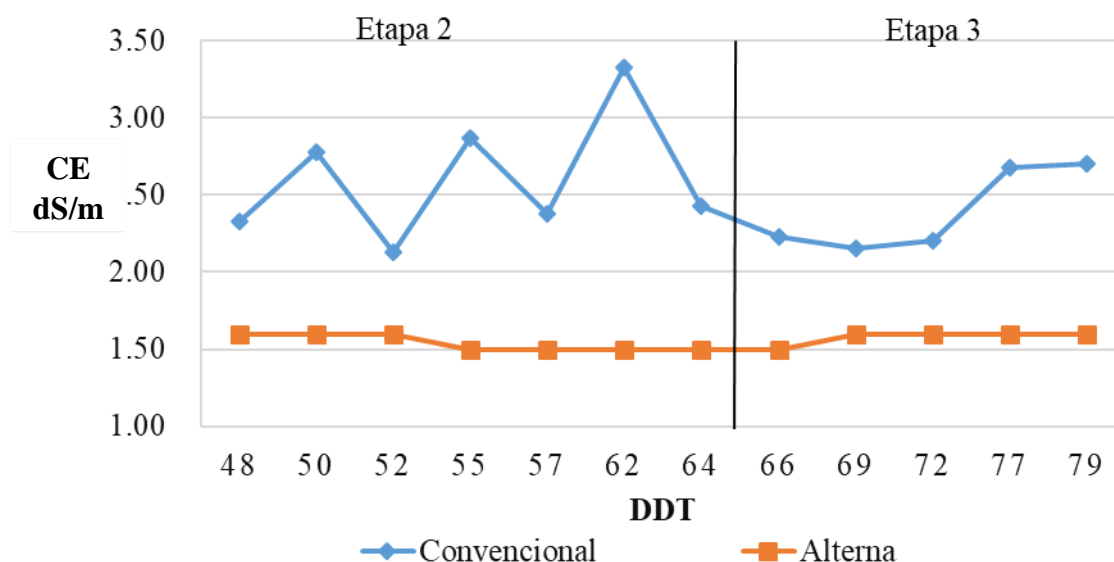


Figura 2. Curvas del cambio de CE en el riego aplicado a los sustratos con dos programas de fertilización evaluados en diferentes DDT, en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en macrotunel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

CE del drenaje colectado. No hubo efecto de la interacción de sustrato con fertilización en la CE del agua de drenaje. Sin embargo, hubo efecto de la fertilización en todos los días evaluados (Cuadro 16). Baixauli y Aguilar (2008) indican que los valores de CE en drenaje podrán ser entre 0.5 a 1.5 dS/m superior al de la solución nutritiva de entrada. En la fertilización convencional se observó la CE más alto durante toda la investigación. Según Lara (2000), la CE apropiada para la producción de tomate está estrechamente relacionada con las condiciones ambientales; humedad relativa, temperatura y luz, ya que observó que las plantas toleran una mayor CE en invierno que en verano.

Cuadro 16. Efecto de tres sustratos, dos programas de fertilización y su interacción en la conductividad eléctrica (CE) del drenaje colectado, en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Matías en macrotúnel, en la Unidad de Olericultura Intensiva, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Fertilización	DDT															
	52	55	57	64	66	69	77	79								
Alternativa	2.4	b [¥]	2.1	b	3.2	b	3.1	b	3.3	b	3.4	b	3.5	b	3.2	b
Convencional	3.4	a	3.9	a	5.2	a	6.0	a	5.5	a	5.7	a	6.2	a	5.4	a
Valor P	**		**		*		*		*		**		**		**	
R ²	0.6		0.7		0.4		0.8		0.7		0.9		0.5		0.7	
CV	23.8		27.3		31.5		28.0		25.4		15.9		28.8		20.1	

** (≤ 0.001), * (≤ 0.05), ns: no significativo, [¥] letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Cosecha. La cosecha obtenida estuvo entre 4.1 y 2 kg/m². El sustrato C50:RM50 con el programa de fertilización convencional obtuvo la mayor cosecha hasta el día 79 DDT, obteniendo una producción total de 4.1 kg/m². El tratamiento que obtuvo la producción más baja fue el sustrato C70:RM30 con el programa de fertilización convencional su producción total fue de 2 kg/m². Ortega *et al.* (2010) reportaron rendimientos de 8.19 kg/m² en sustrato de compost con aserrín evaluado hasta los 125 DDT.

4. CONCLUSIONES

- El sustrato con 50C:50RM y la fertilización convencional, generó cada uno, mayor número de racimos por planta en la producción de tomate var. Matías.
- El sustrato con mayor proporción de compost 70C:30RM aportó nutrientes durante los primeros 28 días de crecimiento, a partir de los cuales ya no ejerció diferencia respecto a los demás sustratos.
- En el cultivo de tomate, el programa de fertilización convencional con mayor proporción de amonio, mantuvo en la solución nutritiva, un pH más estable el cual fue mayor, una CE más alta durante la etapa productiva evaluada, que generó mayor producción.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el sustrato 50C:RM50 para la producción en macrotunel de tomate manzano var. Matías hasta fin de cosecha.
- Usar a partir del día 46 después de trasplante, el programa de fertilización convencional para la producción de tomate manzano var. Matías en macrotunel y evaluarlo en el ciclo completo del cultivo.
- Desarrollar una estrategia de control en la preparación de la solución de fertirriego, para evitar fluctuaciones en la concentración de nutrientes.
- Ampliar el tiempo del experimento para evaluar estadísticamente la producción.
- Probar sustratos con mayor proporción de raquis de maíz y menos compost con tamaños de partículas variables.
- Probar fertilizaciones con mayor proporción de amonio para evaluar crecimiento vegetativo y producción en tomate manzano var. Matías.

6. LITERATURA CITADA

- Alemán R, Domínguez J, Rodríguez Y, Soria S. 2016. Indicadores morfológicos y productivos del cultivo del tomate en invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana. *Ctro. Agr.* 43(1); 71-76p. [Consultado 2019 sep 20]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852016000100010
- Allende C. 2017. Manejo del cultivo de tomate bajo invernadero. Instituto de Investigación Agropecuaria, Santiago, Chile. 112p. [Consultado 2019 ago 31]. ISBN 0717-4829
- Arévalo G, Gauggel C. 2017. Manual de prácticas de laboratorio, curso de manejo de suelos y nutrición vegetal. Zamorano, Honduras. 72p. [Consultado 2019 sep 07].
- Baixauli S, Aguilar O. 2008. Cultivo sin suelo de hortalizas aspectos prácticos y experiencias. España. 59-65p. [Consultado 2019 sep 7]. ISBN: 84-482-31-45-7.
- Balaguera H, Álvarez H, Rodríguez J. 2008. Efecto del déficit de agua en el trasplante de plántulas de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) Universidad Nacional de Colombia. [Consultado 2019 ago 01]. 26(2); 246-255. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13502/14190>
- CIMMYT. 1995. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, D.F. 23p. [Consultado 2019 may 15]. ISBN: 970-648-045-5
- Cruz L, Osorio O, Martínez M, Lozano R, Gómez V, Sánchez H. 2010. Uso de composta y vermicomposta para la producción de tomate orgánico en invernadero. [Consultado 2019 sep 01]. 35(5); 363-368. ISBN 0378-1844
- Escobar H, Lee R. 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero. Universidad de Bogotá. 180p. [Consultado 2019 sep 19]. Disponible en: <http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/tomate/files/assets/basic-html/index.html#1>
- FAO. 2012. Producción mundial de maíz [internet]. Roma Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. [Consultado 2019 may 25]. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

- FHIA. 2009. Programa de hortalizas informe técnico 2009. [internet]: Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola; [Consultado 2019 may 25]. http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/informe_tecnico_hortalizas_2009.pdf
- Flores J, Ojeda W, López I, Rojano A, Salazar I. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. 25(2); 127-134 p. [Consultado 2019 sep 22]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57325204.pdf>
- Hocking P, Steer B. 1994. The distribution and identity of assimilates in tomato with special reference to stem reserves. *Annals of Botany*. 73(3); 315-325 p. [Consultado 2019 oct 11]. doi:10.1006/anbo.1994.1037
- Hudson T, Dale E, Fred T, Robert L. 2002. Hartmann and Kester's plant propagation: principles and practice. 8th Ed. (en línea). [Consultado 2019 may 20]. https://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/davies/pdf%20stuff/ph%20final%20galley/FrontMatter%20-FrontA01_DAVI4493_08_SE_FM.pdf
- INTAGRI. 2017. Soluciones nutritivas para el cultivo de tomate. Serie Horticultura Protegida Núm. 33. 5p. [Consultado 2019 sep 07]. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/soluciones-nutritivas-para-el-cultivo-de-tomate>
- Knob A, Cárcamo E. 2010. Purification and characterization of two extracellular xylanases from *Penicillium sclerotiorum*: A novel acidophilic xylanase. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. [Consultado 2019 may 25]. 162(2); 429-443.
- Lara A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. 9p. [Consultado 2019 sep 07]. Consultado en: <https://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art221-229.pdf?>
- Lardizábal R. 2008. Programa para el cálculo de soluciones nutritivas para diferentes cultivos hidropónicos. USAID RED- Honduras. Versión digital.
- López M. 2016. Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Costa Rica. [Consultado 2019 ago 18]. ISBN 978-9968-586-27-6
- Mengel K, Kirkby E, Kosegarten H, Appel T. 2001. Principles of Plant Nutrition. 849p. [Consultado 2019 ago 31]. ISBN 987-94-010-1009-2
- Molina N, Verón R, Altamirano J. 2010. Producción hortícola correntina. Análisis técnico y económico del tomate en la campaña. (en línea). [Consultado 2019 may 20]. <https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/solanum-lycopersicum>

- Moreno R, Valdés P, Zarate L. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. Rev. Agri. Téc. 65(1); 26-34 [Consultado 2019 sep 01]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072005000100003
- Núñez F, Grijalva R, Macías R, Robles F, Ceceña C. 2012. Crecimiento, acumulación y distribución de materia seca en tomate de invernadero. 14(3); 25-31p. [Consultado 2019 sep 20]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/289824300_CRECIMIENTO_ACUMULACION_Y_DISTRIBUCION_DE_MATERIA_SECA_EN_TOMATE_DE_INVERNADERO
- OIRSA Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. 2002. Producción de sustratos para viveros. Costa Rica. (en línea). [Consultado 2019 may 20]. <http://www.cropprotection.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros.pdf>
- Ortega M, Sánchez O, Ocampo M, Sandoval C, Salcido R, Manzo R. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Ra. Ximhai 6(3):339-346. [Consultado 2019 jul 29]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46116015002>
- Quesada R, Méndez S. 2005. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. [Consultado 2019 ago 31]. Rev. Agro. Trop. (35):01-13. ISBN 1409-438X
- Rhoades J. 1996. Methods of soil analysis. Chapter 14 In: Electrical conductivity in total dissolved solids. U.S. Salinity Laboratory, Riverside, California. 417-435 p. [Consultado 2019 sep 10].
- Ríos D, Santos B. 2012. Manejo práctico del riego en cultivo sin suelo. 8p. [Consultado 2019 sep 22]. Disponible en: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otra_462_cultivo%20sin%20suelo.pdf
- Rodríguez M, Lucas C, Noguez E, Sánchez H. 2016. Evaluación del sustrato de olote en la retención de humedad en el suelo para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). [Consultado 2019 jul 30] Rev. De Ciencias Naturales y Agropecuaria. 3(7):25-34.
- Román P, Martínez M, Pantoja A. 2013. Manual de compostaje del agricultor, experiencias en América Latina. Santiago de Chile. 112p. [Consultado 2019 may 15]. ISBN: 978-92-5-307844-8

- SAG-Honduras. 2015. Productores a punto de obtener semilla de tomate con alto rendimiento. Secretaria de Agricultura y Ganadería, Tegucigalpa, Honduras. [Consultado 2019 may 20]. <http://www.sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2015/noviembre-2015/productores-a-punto-de-obtener-semilla-de-tomate-con-alto-rendimiento/>
- Sherrod L, Dunn G, Peterson G, Kolberg R. 2002. Inorganic carbon analysis by modified pressure-calimeter method. *Soil Science Society of America Journal*. [Consultado 2019 oct 7]. 66(1), 299-305. doi:10.2136/sssaj2002.2990
- Taylor M, Locascio S. 2004. Blossom-end rot: a calcium deficiency. *Journal of plant nutrition*. 27(1); 123-139p [Consultado 2019 sep 19]. DOI: 10.1081/PLN-120027551