

**Evaluación de cuatro sustratos para la  
producción de chile dulce (*Capsicum annuum*)  
var. Aristotle X3R en macrotúnel, Zamorano,  
Honduras**

**Héctor Noel Gáelas López  
Maycol Eduardo Domínguez Vásquez**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2014

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de cuatro sustratos para la  
producción de chile dulce (*Capsicum annuum*)  
var. Aristotle X3R en macrotúnel, Zamorano,  
Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingenieros Agrónomos en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Héctor Noel Gáelas López**  
**Maycol Eduardo Domínguez Vásquez**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2014

# **Evaluación de cuatro sustratos para la producción de chile dulce (*Capsicum annuum*) var. Aristotle X3R en macrotúnel, Zamorano, Honduras**

Presentado por:

Héctor Noel Gáelas López  
Maycol Eduardo Domínguez Vásquez

Aprobado:

---

Dennis Ramírez, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Renán Pineda, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y Producción  
Agropecuaria

---

Gloria E. Arévalo, M.Sc.  
Asesora

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## **Evaluación de cuatro sustratos para la producción de chile dulce (*Capsicum annuum*) var. Aristotle en macrotúnel, Zamorano, Honduras**

**Héctor Noel Gáelas López  
Maycol Eduardo Domínguez Vásquez**

**Resumen:** se evaluó el efecto de cuatro sustratos para la producción de chile dulce, teniendo como variables: porcentaje de drenaje, humedad de los sustratos, altura de las plantas, producción del cultivo, espacio poroso de los sustratos, conductividad eléctrica del drenaje y del agua de riego. El estudio fue realizado durante la etapa de cosecha del cultivo, teniendo una duración de seis semanas, se realizó en la unidad de olericultura intensiva (invernadero 6) de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. El objetivo fue determinar un sustrato óptimo con el fin de mejorar los rendimientos y la calidad del chile dulce. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos (composta, fibra de coco y mezcla entre composta y arena relación 4:1 y 3:1), con 80 plantas por repetición, se utilizaron 4 repeticiones por tratamiento y se usó la prueba DUNCAN para la separación de medias. También se realizó un análisis de correlaciones entre las variables. El sustrato que presentó mayor espacio poroso fue la fibra de coco con 78%, la composta presentó el menor drenaje con 50%, la mayor humedad con 47% y el promedio de mayor altura de plantas con 67 cm. Los sustratos con mayor producción fueron la composta:arena 4:1 con 1.54 kg/m<sup>2</sup> y la composta con 1.51 kg/m<sup>2</sup>. Durante las seis semanas la conductividad eléctrica del agua de drenaje de los sustratos fue superior a las determinadas en el agua de riego. Se observaron correlaciones inversas entre las variables drenaje-humedad, drenaje-producción y altura-producción.

**Palabras clave:** Composta, conductividad eléctrica, drenaje, fibra de coco, rendimiento.

**Abstract:** The effect of four substrates for the production of sweet pepper was evaluated with the variables: drainage percentage, moisture of the substrates, plant height, crop yield, pore space of each substrate, electrical conductivity of water drainage and irrigation. The study was evaluated during the period of crop harvest, having duration of six weeks, it was performed on the unit of intensive olericulture (greenhouse 6) in Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. The objective was to determine the optimal substrate in order to improve the yield and quality of sweet pepper. The design used a randomized complete block design with four treatments (compost, coir and compost and sand mixture 4:1 and 3:1), with 80 plants per replicate, four replicates per treatment and a DUNCAN test was used for means separation. Correlation analysis was also performed between the variables. The substrate that had greater pore space was coir with 78%, compost had the lowest drain with 50% greater moisture of 47% and higher average plant height with 67 cm. The substrates with higher yielding were compost:sand 4: 1 with 1.54 kg / m<sup>2</sup> and compost with 1.51 kg/m<sup>2</sup>. During the six weeks the electrical conductivity of water drainage of the substrates was higher than those determined in the irrigation water. Inverse correlations between variables: moisture- drainage, drainage-production and high-production were observed.

**Key words:** Coir, compost, crop yield, drainage, electrical conductivity.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>10</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>11</b>
<b>6 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>12</b>

## INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Drenaje de agua de los sustratos.....	5
2. Humedad de los sustratos .....	6
3. Altura de las plantas en cada sustrato .....	6
4. Rendimiento del cultivo.....	7
5. Densidad aparente, densidad real y espacio poroso de los sustratos antes del trasplante de chile dulce.....	7
6. Análisis de correlación entre las variables.....	9

Figura	Página
1. Conductividad eléctrica del agua de riego y agua del drenaje.....	8

Anexo	Página
1. Lámina de riego teórica, lámina de riego real y agua aprovechable de fibra de coco .....	14
2. Lámina de riego teórica, lámina de riego real y agua aprovechable de composta:arena 3:1 .....	14
3. Lámina de riego teórica, lámina de riego real y agua aprovechable de composta:arena 4:1 .....	15
4. Lámina de riego teórica, lámina de riego real y agua aprovechable de composta.....	15
5. Drenaje de los sustratos por semana.....	16

# 1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la agricultura intensiva ha traído consigo el empleo en la actividad agraria de nuevos insumos como son los sustratos de cultivo. Estos medios de producción han resultado básicos para el desarrollo de actividades como semilleros, viveros, horticultura intensiva protegida, etc. Así mismo, existen otros usos para los que son igualmente importantes: paisajismo o recuperación de suelos degradados. La función de los sustratos de cultivo es sustituir al suelo, permitiendo el anclaje y adecuado crecimiento del sistema radicular de la planta (Berjon 2014).

Un sustrato puede definirse como cualquier tipo de material en el que se depositan semillas o raíces para posibilitar su desarrollo. Los sustratos sin suelo, conocidos como artificiales, poseen algunos requerimientos básicos para ser viables, entre los que se incluyen estar libres de patógenos, poseer buenas cualidades de aireación y drenaje, y una capacidad de retención de agua suficiente para prevenir resecamiento excesivo. Los sustratos más utilizados a nivel mundial son: musgo turbera, composta, perlita, vermiculita, fibra de coco y lana de roca. La mayoría utilizados a nivel mundial ya que poseen buenas características físicas y químicas (Alexander 2012).

En la actualidad los principales sustratos al alcance de Olericultura Intensiva en Zamorano, Honduras son la composta y la fibra de coco<sup>1</sup>. Composta es un sustrato de bajo costo y con alto grado de sustentabilidad debido a que está formado por productos de desecho locales. La fibra de coco dispone de una capacidad de amortiguación (efecto buffer o tampón) que permite a las plantas superar sin consecuencias cortos períodos de deficiencias nutricionales y/o hídricas (Alexander 2012).

El cultivo de plantas en sustrato presenta diferencias sustanciales respecto del cultivo de plantas en pleno suelo. Las características de los sustratos pueden ser: 1. Características físicas que vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento. Algunas de las más destacadas son: Densidad real y aparente, distribución granulométrica, porosidad y aireación, retención de agua, permeabilidad, distribución de tamaños de poros, estabilidad estructural. 2. Características químicas que vienen definidas por la composición elemental de los materiales; éstas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo. Entre las características químicas de los sustratos destacan: Capacidad de intercambio catiónico, pH, capacidad tampón, contenido de nutrimentos, relación C/N (Pastor 2000).

---

<sup>1</sup>Chavarría, J. Ing. Agrónomo encargado de Olericultura Intensiva EAP Zamorano, Honduras.

Al trabajar con sustratos el material es libre de patógenos (es esterilizado con vapor u otro método), y que se conoce la fertilización y riego que se agrega a la planta. Ellos pueden aumentar la productividad de la planta al asegurar un ambiente propicio para la producción. También pueden haber desventajas como la retención de sales e introducción de patógenos y compactación del mismo, provocando problemas en las raíces y reducción de la producción (Morales Cruz 2009).

La composta como medio para sustrato además de sus características físicas, tiene una gran cantidad de microorganismos benéficos que ayuda a disminuir el uso de fertilizantes (Alexander 2012), la fibra de coco constituye un excelente sustrato, por su buena capacidad de retención de humedad, ofreciendo grandes ventajas para la mezcla con otros sustratos (Mora 1999), la arena reduce la porosidad del medio de cultivo, no contiene nutrientes y no tiene capacidad amortiguadora, Se emplea en mezcla con materiales orgánicos, La arena disminuye la evaporación, evita el desarrollo de malas hierbas, mejora la aireación de la zona radicular y aumenta la temperatura del sustrato (FAO 2002).

Los objetivos de este estudio fueron determinar un sustrato óptimo entre composta, fibra de coco y mezclas de composta y arena con el fin de mejorar los rendimientos y la calidad del chile dulce, entre abril y julio en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Determinar el volumen de drenaje y humedad de cada sustrato durante la etapa de producción, identificar en cuál de los sustratos es mejor aprovechado el riego, la mejor producción y mejor crecimiento de las plantas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación.** El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano a una altura de 785 msnm, en el área destinada al módulo de Olericultura Intensiva (Zona 3), en el macrotúnel número seis entre los meses de abril y agosto de 2014.

**Macrotúnel.** El macrotúnel cuenta con un largo de 80 m y un ancho de 10 m, altura central de 4.5 m, altura de los costados de 1.8 m. El macrotúnel acomodó 1,280 plantas al momento del trasplante. El macrotúnel está dividido en cuatro filas a doble hilera. El distanciamiento entre filas de 1.5 m, distanciamiento entre hileras de 0.8 m y el distanciamiento entre plantas de 0.45 m.

**Sustratos.** Los sustratos utilizados como medio de anclaje para las plantas son fibra de coco, composta y dos mezclas entre composta y arena relaciones 4:1 y 3:1, empacados en bolsas de 0.07 m<sup>3</sup> a una planta por bolsa. Se analizó el sustrato evaluando parámetros de drenaje, humedad, altura de plantas, producción, densidades aparente y real, conductividad eléctrica (CE) y espacio poroso (EP).

**Mezclas entre composta y arena.** Se mezcló la arena y la composta con las relaciones 4:1 y 3:1, utilizando una mezcladora que se usa generalmente para la mezcla de concreto para construcción, teniendo una mezcla más eficiente y homogénea.

**Pasteurización de los sustratos.** Cada sustrato se sometió a un proceso de pasteurizado por medio del uso de vapor, con el fin de tener un sustrato libre de cualquier microorganismo patógeno. El vapor fue emitido por una caldera y transmitido a través de una manguera al sustrato que estaba en un recipiente con capacidad para cinco metros cúbicos. Este proceso tuvo una duración de cuatro horas por tanda a una presión de 10 psi a una temperatura de 90 °C.

**Llenado de bolsas.** Este método se hizo a mano ya que se requiere de mucho cuidado para no romper las bolsas y no tener problemas de fuga de agua al momento de la toma de datos de drenaje y humedad.

**Muestras de los sustratos.** Se tomó una muestra de dos kg de cada sustrato antes del trasplante, para determinar densidad aparente, densidad real y espacio poroso antes del trasplante del cultivo. Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

**Vivero, trasplante.** Las plántulas de chile se prepararon en la unidad de Ornamentales de la Escuela Agrícola Panamericana. El trasplante se realizó a los 28 días después de la siembra.

**Riego y fertilización.** Se utilizó un sistema de riego por goteo de tipo espaguete, con adaptadores de cuatro salidas y goteros autocompensados con caudal de 1 L/h localizados en cada una de las plantas. Se utilizaron nueve frecuencias de riego de 15 minutos durante la primera semana de cosecha, luego se redujo a seis frecuencias de riego de 15 minutos. El agua de riego proviene de una laguna, impulsada por un sistema automatizado marca Netafim® durante la primera semana de cosecha y las siguientes cinco semanas fue impulsado manualmente utilizando una bomba de riego de 3 hp, debido a fallos técnicos del sistema automatizado. La fertilización se realizó por medio de inyectores tipo venturi.

**Volumen de drenaje y riego.** Se recolectó a diario el volumen de drenaje y riego durante cinco días a la semana en un recipiente con capacidad para cuatro litros, se colocó un recipiente en la parte central de cada parcela para la toma del drenaje siendo un total de 16 recipientes. Para la toma del agua de riego aplicada se distribuyeron cuatro recipientes por todo el sistema de riego. Los datos se midieron a partir de la primera cosecha hasta el final del ciclo de producción.

**Análisis de conductividad eléctrica.** El análisis de conductividad eléctrica se realizó semanalmente tomando las muestras del agua de riego y del agua drenada.

**Crecimiento del cultivo.** El crecimiento del cultivo se midió semanalmente durante las seis semanas de producción, se midió desde la base de la planta hasta el meristemo apical, se midieron cinco plantas por parcela utilizando rutas en zigzag y distancias de cuatro metros entre muestra.

**Cosecha.** La cosecha se realizó a los 60 días después del trasplante cada lunes, durante seis semanas para determinar la producción comercial de cada tratamiento.

**Diseño experimental.** Las parcelas fueron organizadas en un diseño de bloques completos al azar. Se evaluaron cuatro tratamientos (sustratos), con cuatro repeticiones, siendo un total de 16 parcelas. Cada repetición contó con 80 plantas.

**Análisis Estadístico.** Se utilizó el programa SAS® 2013 utilizando el modelo GLM, con separación de medias DUNCAN, además se realizó análisis de correlaciones entre las variables, y un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ .

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Drenaje de riego de los sustratos.** Resultados muestran las diferencias en los porcentajes de drenaje en cada una de las semanas. En la primera semana utilizando nueve frecuencias de riego, la fibra de coco fue el sustrato que mostró menor porcentaje de drenaje. Cuando las frecuencias cambiaron a seis a partir de la semana dos, la composta:arena 4:1 y la composta se mostraron con menores porcentajes de drenaje a lo largo del estudio, siendo los sustratos con menor porcentaje de drenaje en promedio de las semanas de este ensayo (Cuadro 1). Estos datos son mayores a los de Castellanos Oseguera (2008), usando fibra de coco con 28% de drenaje y mayores a los de Saltos Intriago (2009), usando composta:arena:casulla de arroz con 22% de drenaje. Los altos porcentajes de drenaje se atribuyen a las pocas frecuencias de riego y largo período de tiempo por frecuencia.

Cuadro 1. Drenaje de agua de los sustratos.

Tratamiento	Semana de cosecha						Prom.
	1	2	3	4	5	6	
	%						
Fibra de coco	47 <sup>b</sup>	51	58	63 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>	68 <sup>a</sup>	58 <sup>a</sup>
Composta:Arena 3:1	58 <sup>a</sup>	56	58	57 <sup>b</sup>	55 <sup>ab</sup>	57 <sup>b</sup>	57 <sup>a</sup>
Composta:Arena 4:1	51 <sup>ab</sup>	53	52	54 <sup>bc</sup>	54 <sup>ab</sup>	52 <sup>b</sup>	53 <sup>b</sup>
Composta	50 <sup>ab</sup>	49	53	50 <sup>c</sup>	47 <sup>b</sup>	51 <sup>b</sup>	50 <sup>b</sup>

<sup>abcd</sup>=Valores en la misma columna con letra distinta difieren entre sí. (P≤0.05)

**Retención de humedad de los sustratos.** A través del tiempo el sustrato que se mantuvo constante con una mayor retención de humedad durante las seis semanas fue la composta con 47%. La fibra de coco fue el sustrato que retuvo menos humedad con 28% de promedio (Cuadro 2). Estos resultados de la fibra de coco son similares a los de Alcántar *et al.* (2012), que usó fibra de coco obteniendo un 28% de retención de humedad. Los resultados de humedad nos dan indicativo que la materia orgánica (composta) es buena retenedora de humedad.

Cuadro 2. Humedad de los sustratos

Tratamiento	Semana de cosecha						Prom.
	1	2	3	4	5	6	
	%						
Fibra de coco	30 <sup>b</sup>	30 <sup>d</sup>	30 <sup>b</sup>	29 <sup>c</sup>	26 <sup>b</sup>	26 <sup>c</sup>	28 <sup>d</sup>
Composta:Arena 3:1	45 <sup>a</sup>	36 <sup>c</sup>	29 <sup>b</sup>	29 <sup>c</sup>	29 <sup>b</sup>	39 <sup>b</sup>	34 <sup>c</sup>
Composta:Arena 4:1	47 <sup>a</sup>	41 <sup>b</sup>	45 <sup>a</sup>	43 <sup>b</sup>	42 <sup>a</sup>	46 <sup>a</sup>	44 <sup>b</sup>
Composta	44 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	48 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>	48 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>

<sup>abcd</sup>=Valores en la misma columna con letra distinta difieren entre sí. (P≤0.05)

**Altura de las plantas.** Durante las primeras tres semanas de cosecha no se mostró diferencia en la altura de las plantas entre los sustratos. A partir de la cuarta semana las plantas que presentaron mayor altura fueron las que se encontraban en los sustratos composta y composta:arena 4:1. En promedio, el sustrato que mostró mayor altura de plantas fue la composta con 67 cm mientras que la fibra de coco obtuvo las plantas con menor altura (Cuadro 3). Alcántar *et al* (2012), obtuvo plantas de 83 cm utilizando fibra de coco, altura mayor a la de este ensayo. La altura de plantas que se encontraban en el sustrato composta a los 88 días de trasplante fue de 71 cm, este resultado es mayor al presentado por Cornejo Campos (2013), con 67 cm utilizando como sustrato composta.

Cuadro 3. Altura de las plantas de cada sustrato.

Tratamiento	Semana de cosecha						Prom.
	1	2	3	4	5	6	
	cm						
Fibra de coco	52	57	62	65 <sup>b</sup>	69 <sup>b</sup>	72 <sup>b</sup>	63 <sup>c</sup>
Composta:Arena 3:1	52	57	62	68 <sup>ab</sup>	73 <sup>b</sup>	79 <sup>a</sup>	65 <sup>b</sup>
Composta:Arena 4:1	50	55	62	69 <sup>a</sup>	72 <sup>b</sup>	79 <sup>a</sup>	65 <sup>b</sup>
Composta	52	58	65	71 <sup>a</sup>	77 <sup>a</sup>	83 <sup>a</sup>	67 <sup>a</sup>

<sup>abcd</sup>=Valores en la misma columna con letra distinta difieren entre sí. (P≤0.05)

**Producción.** En la primera semana de cosecha utilizando nueve frecuencias de riego no existió diferencia entre los sustratos en la producción. A partir de la disminución de frecuencias de riego de nueve a seis, la producción en los sustratos disminuyó, esto se debe a que se le proporcionó a las plantas una cantidad de agua menor. Los sustratos que presentaron mayor producción al final del ensayo fueron la composta:arena 4:1 y la composta con 1.54 kg/m<sup>2</sup> y 1.51 kg/m<sup>2</sup> respectivamente (Cuadro 4), estos resultados son similares a los de Bernardino Rivera (2011), utilizando composta con 1.6 kg/m<sup>2</sup>. La fibra de coco presentó la producción más bajo con 0.80 kg/m<sup>2</sup> siendo menor a los resultados presentados por Torres Paz (2000), utilizando composta:arena:casulla de arroz relación 1:3:4 con producción de 0.89

kg/m<sup>2</sup>. Los sustratos con composta fueron los de mayor producción ya que presentaron mayor porcentaje de humedad y menor drenaje.

Cuadro 4. Rendimiento del cultivo.

Tratamiento	Semana de cosecha						Total
	1	2	3	4	5	6	
	kg/m <sup>2</sup>						
Fibra de coco	0.35	0.16	0.15 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.80 <sup>c</sup>
Composta:Arena 3:1	0.37	0.18	0.16 <sup>b</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.18 <sup>a</sup>	1.23 <sup>b</sup>
Composta:Arena 4:1	0.33	0.16	0.33 <sup>a</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup>	1.54 <sup>a</sup>
Composta	0.30	0.17	0.35 <sup>a</sup>	0.31 <sup>a</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>a</sup>	1.51 <sup>a</sup>

<sup>abcd</sup> = Valores en la misma columna con letra distinta difieren entre sí. (P≤0.05)

**Espacio poroso y densidades.** La fibra de coco presentó densidad aparente de 0.15 g/mL, densidad real de 0.69 g/mL y espacio poroso de 78% que fue el mayor índice debido a la poca concentración de sólidos que poseía, este resultado es similar al de Cabrera García (2009), que utilizó fibra de coco de tercer ciclo con 0.10 g/mL, densidad real de 0.53 g/mL y 82% de porosidad. La composta presentó densidad aparente de 0.60 g/mL, densidad real de 1.51 g/mL y 60% de porosidad siendo mayor al de Quesada Bolaños (2011), que utilizó composta con un 54% de porosidad, y con Herrera Gómez (2011), utilizando composta:arena 1:1 con densidad aparente de 0.90 g/mL, densidad real de 1.9 g/mL y 53% de porosidad. La composta:arena 4:1 con 50% y composta:arena 3:1 con 44%, estos resultados demuestran que la arena influye significativamente en la densidad aparente, densidad real y en el porcentaje de porosidad (Cuadro 5).

Cuadro 5. Densidad aparente, densidad real y espacio poroso de los sustratos antes del trasplante de chile dulce.

Tratamiento	Dap (g/mL)	Dr (g/mL)	EP %
Fibra de coco	0.15	0.69	78
Composta:Arena 4:1	0.85	1.70	50
Composta:Arena 3:1	1.10	1.96	44
Composta	0.60	1.51	60

Dap= Densidad aparente

Dr= Densidad real

EP= Espacio Poroso

**Conductividad eléctrica.** La conductividad eléctrica (CE) es uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta bajo condiciones de producción hidropónica ya que es un indicativo de la concentración de sales en soluciones acuosas (Cabrera García 2009). La conductividad eléctrica del riego varió durante todo el ensayo (debido al programa de fertilización que se utilizó) desde la primer semana con 6.6 dS/m a la última semana con 2.5 dS/m (Figura 1). La conductividad del agua de drenaje de cada uno de los sustratos se mantuvo por encima de la del riego durante todo el ensayo, estos resultados son similares a los mostrados por Cabrera García (2009), debido a la acumulación de sales en los sustratos, dichas sales provienen de la fertilización y al existir una acumulación elevada de sales en el sustrato la planta disminuye su capacidad para absorber agua lo que se ve influenciado en el drenaje (Cabrera García 2009).

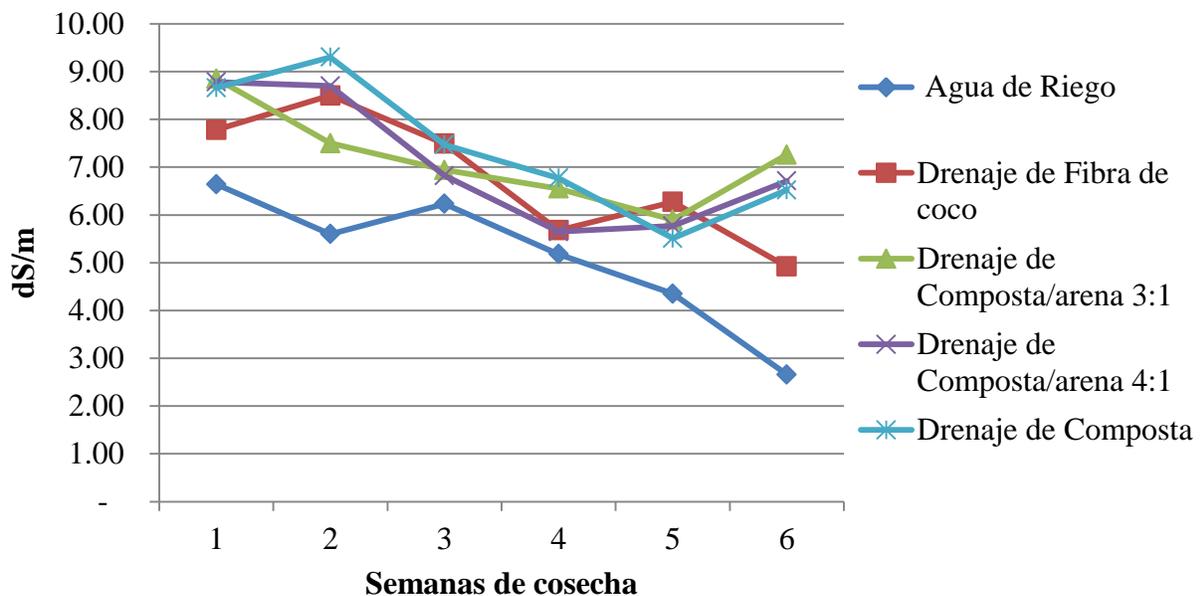


Figura 1. Conductividad eléctrica del agua de riego y agua del drenaje.

**Análisis de correlaciones.** Los resultados de este análisis demuestran que existen correlaciones inversas entre las variables drenaje-humedad, drenaje-producción (si el drenaje es alto la humedad será baja, si el drenaje disminuye la producción aumenta) y altura-producción, ya que las plantas de mayor altura no son las de mayor rendimiento, debido a que gastan energía en crecimiento y no en producción.

Además que existe correlación directa entre las variables humedad-producción: las dos variables van en el mismo sentido, cuando una de las variables aumenta la otra también aumentará, si una de las variables disminuye la otra disminuirá.

Cuadro 6. Análisis de Correlación entre las variables.

	Drenaje	Humedad	Altura	Producción
Drenaje	1.00000	-0.42650	0.06196	-0.21874
		<.0001	0.5487	0.0352
	96	96	96	93
Humedad	-0.42650	1.00000	0.04240	0.36598
	<.0001		0.6817	0.0003
	96	96	96	93
Altura	0.06196	0.04240	1.00000	-0.24438
	0.5487	0.6817		0.0182
	96	96	96	93
Producción	-0.21874	0.36598	-0.24438	1.00000
	0.0352	0.0003	0.0182	
	93	93	93	93

( $P \leq 0.05$ ).

## 4. CONCLUSIONES

- La composta fue el sustrato que presentó menor drenaje (50%), mayor humedad (47%), altura de plantas (83 cm) y rendimiento (1.51 kg/m<sup>2</sup>) con seis riegos de 15 minutos cada uno.
- Agregar arena a la composta no mejora los rendimientos en los sustratos.
- Una reducción en el drenaje aumenta la humedad en el sustrato y el rendimiento del cultivo.
- Al aumentar la cantidad de arena en un sustrato disminuye la porosidad y aumenta el drenaje de agua.
- La producción es inversamente proporcional a la altura de la planta.
- La conductividad eléctrica del drenaje es mayor a la del agua de riego y depende del sustrato y la fertilización.
- La conductividad eléctrica del drenaje se mantuvo por encima del rango adecuado para el cultivo de chile dulce, lo que indica que las plantas bajo estrés de salinidad.
- La fibra de coco es el sustrato más afectado usando 6 frecuencias de riego ya que mostró menor capacidad de retención de agua (28%) y mayor drenaje (58%) debido a su alta porosidad (78%).

## **5. RECOMENDACIONES**

- Utilizar como sustrato composta y composta:arena 4:1 bajo las condiciones de manejo en que se realizó este experimento.
- Aumentar las frecuencias de riego y disminuir el tiempo de cada frecuencia en la composta, esto con el fin de disminuir el drenaje y aumentar la cantidad de humedad para que el cultivo aproveche de mayor forma el agua y los nutrientes.
- Hacer investigaciones en la fibra de coco con diferentes frecuencias de riego para determinar el mejor riego para el sustrato y el cultivo.
- Realizar análisis químico de los sustratos y análisis foliares de las plantas en las etapas del cultivo para observar la absorción de los nutrientes.
- Analizar diferentes programas de fertilización al cultivo para determinar el que mejor rendimientos proporcione.
- Realizar análisis de conductividad eléctrica semanal durante el ciclo del cultivo para observar la concentración de sales en los sustratos y así tomar decisiones de manejo del cultivo y riego, tendiente a disminuir la conductividad eléctrica.
- Implementar lavados de los sustratos para evitar la acumulación de sales y sistema de recirculación de agua para aprovechar los nutrientes que contiene el agua de drenaje.

## 6. LITERATURA CONSULTADA

Alcántar, G., V.M. Ordaz., J.A. Santizo y A. Larqué. 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones  $\text{NH}_4 + / \text{NO}_3 -$  y tamaño de partículas de sustratos. Chapingo, México. Terra Latinoamericana. 8p.

Alexander, L. 2012. 6 Tipos de sustratos (en línea). 15 de febrero de 2014. Disponible en <http://www.hortalizas.com/uncategorized/6-tipos-de-sustratos-para-ambientes-controlados/>

Berjon, M. 2014. Sustratos de cultivo (en línea). 11 de mayo de 2014. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/sustratos-cultivo/>.

Bernardino Rivera, O.A. 2011. Inoculaciones con Mycoral® y Mycobacter® sobre el crecimiento, enraizamiento y rendimientos de dos variedades de chile dulce bajo macro-túnel. Tesis. Ing. Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 22p.

Cabrera García, J.C. 2009. Evaluación del consumo de agua y nutrientes en chile (*Capsicum annuum*) variedades, Taranto, Zidenka y Simpathy, en hidroponía y condiciones de altura en Mulacagua, Comayagua, Honduras. Tesis. Ing. Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 31p.

Castellanos Oseguera, L.A. 2008. Consumo de nutrientes y de agua en chile dulce (*Capsicum annuum*) variedades: Lírica, Simpathy y Zidenka, bajo condiciones de altura, en Mulacagua, Comayagua, Honduras. Tesis. Ing. Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 22p.

Cornejo Campos, V.E. 2013. Efecto de Purshade® (Carbonato de Calcio 62.5%) en el rendimiento comercial de los cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* cv. Iker) y chile (*Capsicum annuum* cv. Aristóteles) bajo invernadero. Tesis. Ing. Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 23p.

FAO, 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo (en línea) 12 de mayo de 2014. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/s8630S/s8630S00.pdf>

Herrera Gómez, J.C. 2011. Evaluación de los sustratos: fibra de coco, compost: arena y compost: arena: suelo: casulla de arroz para producción de crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*) en macrotúnel. Tesis. Ing. Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 25p.

Mora, L. 1999. Sustratos para cultivos sin suelo o hidroponía (en línea) 12 de mayo de 2014. Disponible en [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_095.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_095.pdf)

Morales Cruz, N.R. 2009. Comparación de seis sustratos comunes en la producción de pepino (*Cucumis sativa*) y acumulación de sales, bajo invernadero. Tesis. Ing. Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 24p.

Pastor, N. 2000. Utilización de sustratos en viveros (en línea). 10 de mayo de 2014. Disponible en <http://compostamasvi.com.mx/ebooks/vivero.pdf>.

Quesada Bolaños, P. 2011. Uso de compost y arena volcánica como sustratos en un sistema hidropónico abierto para cultivo protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis. Ing. Agrónoma. Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. 96p.

Saltos Intriago, J.M. 2009. Evaluación del efecto de dos láminas de riego y dos sustratos en la producción de pepino bajo condiciones de macrotunel en El Zamorano, Honduras. Tesis. Ing. Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 28p.

SAS® 2013. SAS Users Guide. Statistical Analysis Institute Inc, Cary N.C.

Torres Paz, J.E. 2000. Evaluación económica y agronómica de cuatro sistemas de producción de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) bajo macrotunel, en El Zamorano, Honduras. Tesis. Ing. Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 50p.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Lámina de riego teórica, lámina de riego real y agua aprovechable de fibra de coco

Semana	Riego mm/día		Drenaje		Aap
	T	R	mm/día	%	mm/día
1	3.6	2.4	1.1	46	1.3
2	2.4	2.4	1.3	54	1.1
3	2.4	2.7	1.4	51	1.3
4	2.4	2.2	1.4	63	0.8
5	2.4	2.1	1.4	67	0.7
6	2.4	1.8	1.3	74	0.5

T= Teórico

R= Real

Aap= Agua aprovechable

Anexo 2. Lámina de riego teórica, lámina de riego real y agua aprovechable de composta:arena 3:1

Semana	Riego mm/día		Drenaje		Aap
	T	R	mm/día	%	mm/día
1	3.6	2.4	1.3	54	1.1
2	2.4	2.4	1.3	54	1.1
3	2.4	2.7	1.4	51	1.3
4	2.4	2.2	1.4	63	0.8
5	2.4	2.1	1.3	63	0.8
6	2.4	1.8	1.1	63	0.7

T= Teórico

R= Real

Aap= Agua aprovechable

Anexo 3. Lámina de riego teórica, lámina de riego real y agua aprovechable de composta:arena 4:1

Semana	Riego mm/día		Drenaje		Aap
	T	R	mm/día	%	mm/día
1	3.6	2.4	1.3	54	1.1
2	2.4	2.4	1.3	54	1.1
3	2.4	2.7	1.4	51	1.3
4	2.4	2.2	1.3	58	0.9
5	2.4	2.1	1.1	53	1.0
6	2.4	1.8	1.0	57	0.8

T= Teórico

R= Real

Aap= Agua aprovechable

Anexo 4. Lámina de riego teórica, lámina de riego real y agua aprovechable de composta

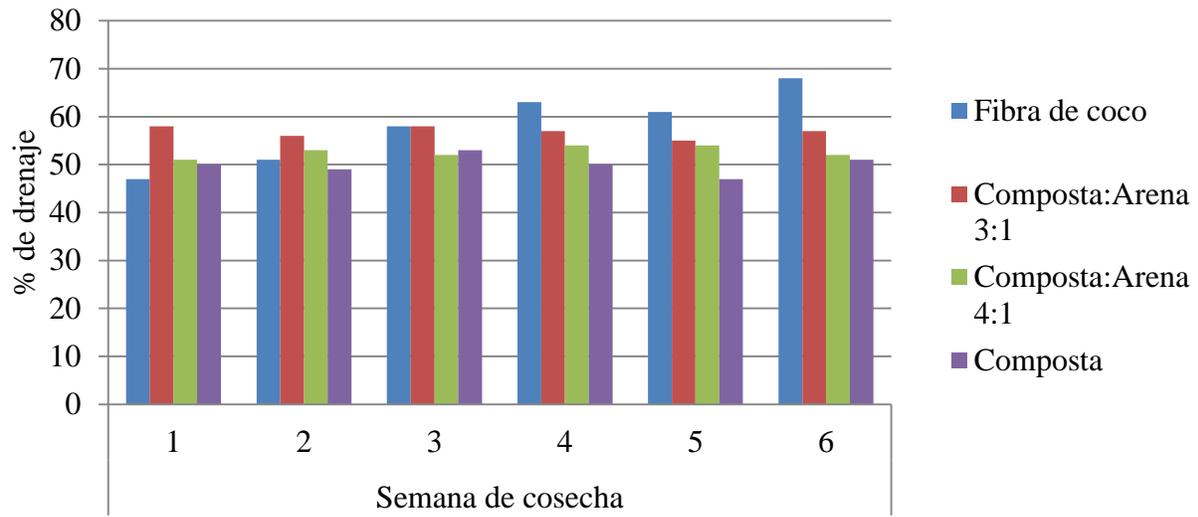
Semana	Riego mm/día		Drenaje		Aap
	T	R	mm/día	%	mm/día
1	3.6	2.4	1.1	46	1.3
2	2.4	2.4	1.1	46	1.3
3	2.4	2.7	1.4	51	1.3
4	2.4	2.2	1.1	49	1.1
5	2.4	2.1	1.0	48	1.1
6	2.4	1.8	1.0	57	0.8

T= Teórico

R= Real

Aap= Agua aprovechable

Anexo 5. Drenaje de los sustratos por semana.



Primera semana de cosecha: nueve riegos por día. A partir de la segunda semana se cambiaron a seis riegos por día.