

**Comparación de seis sustratos comunes en la  
producción de pepino (*Cucumis sativa*) y  
acumulación de sales, bajo invernadero en  
Zamorano, Honduras**

**Nelson Reynaldo Morales Cruz**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2009

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Comparación de seis sustratos comunes en la  
producción de pepino (*Cucumis sativa*) y  
acumulación de sales, bajo invernadero en  
Zamorano, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el grado de licenciatura

Presentado por

**Nelson Reynaldo Morales Cruz**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre; 2009

# **Comparación de seis sustratos comunes en la producción de pepino (*Cucumis sativa*) y acumulación de sales, bajo invernadero en Zamorano, Honduras**

Presentado por:

Nelson Reynaldo Morales Cruz

Aprobado:

---

Jeffery Pack, D.P.M.  
Asesor principal

---

Miguel Vélez, Ph.D.  
Director de Carrera Ciencia y  
Producción Agropecuaria

---

Gloria Arévalo, M.Sc.  
Asesora

---

Ulises Barahona, Ing. Agr.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Diego Pu, Ing. Agr.  
Asesor

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Coordinador del Área de Fitotecnia

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

Morales, N. 2009. Comparación de seis sustratos comunes en la producción de pepino (*Cucumis sativa*) y acumulación de sales, bajo invernadero en Zamorano, Honduras. Proyecto especial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. 24 p.

En la Escuela Agrícola Panamericana ocasionalmente se usa sustratos de materiales inertes y orgánicos para producción en invernaderos, es una práctica muy común para asegurar un ambiente propicio para las plantas. Suelen presentarse problemas de compactación, reducción de drenaje, y acumulación de sales en su sustrato (mezcla de arena, compost y casulla de arroz, 50%, 38%, 12%, respectivamente). Se evaluaron seis tratamientos (mezclas actuales de primero y segundo ciclo, fibra de coco, compost, arena y mezcla de compost con arena). Se evaluó la producción de pepino (comercial y no comercial) (kg/ha), acumulación de sales en los sustratos y un análisis de costo relativo al sustrato actual. Se usó un diseño de bloques completamente al azar, cuatro réplicas por tratamiento y seis plantas por cada réplica. Los sustratos de compost, arena más compost y mezcla de segundo ciclo mostraron rendimientos similares en producción de fruto comercial (86,700, 84,300 y 64,300 kg/ha, respectivamente); los primeros dos eran significativamente mejores que con arena, fibra de coco y mezcla de primer ciclo (49,800, 53,900 y 58,100 kg/ha, respectivamente). Hubo menos porcentaje de pérdida en frutos (4%) con el sustrato de compost comparado con los demás tratamientos (promedio de 10%). Los sustratos de arena más compost y las mezclas de primer y segundo ciclo presentaron una tendencia constante de acumulación de sales durante 11 semanas y luego disminuyeron hasta el final del ciclo. Compost presentó una tendencia estable en sal hasta semana nueve donde comenzó a disminuir. Arena y fibra de coco permanecieron todo el ciclo por debajo de 2 dS/m, nivel crítico mínimo para una buena producción de pepino. Los costos generados por cambio de sustratos en la producción indican un margen de ganancia con relación al sustrato actual mayor para los sustratos de compost y compost más arena de US \$5,588 y US \$5,934, respectivamente.

**Palabras clave:** Arena, conductividad eléctrica, compost, fibra de coco.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firma .....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos .....	v
1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
2. <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	3
3. <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	8
4. <b>CONCLUSIONES</b> .....	13
5. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	14
6. <b>LITERATURA CITADA</b> .....	15
7. <b>ANEXOS</b> .....	16

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

### Cuadro

1. Programa de fertilización de acuerdo a requerimientos para el pepino en Zamorano, Honduras.....	5
2. Concentración de nutrientes en los fertilizantes y dosis utilizada para la producción de pepino bajo invernadero en Zamorano, Honduras.....	5
3. Conductividad eléctrica en los sustratos durante período de cosecha de pepino en Zamorano, Honduras.....	9
4. Diferencias en la conductividad eléctrica semanal de los sustratos utilizados en la producción de pepino, expresada en dS/m.....	9
5. Producción de pepino como función de los diferentes sustratos. Zamorano, Honduras.....	11
6. Análisis de costos e ingresos por hectárea en comparación con el sustrato testigo (promedio de producción de las mezclas actuales de 1° y 2° en US \$/ha), en Zamorano, Honduras.....	12

### Figura

1. Distribución de cada sustrato por bloque, colocado aleatoriamente dentro de las hileras del cultivo en el invernadero “K”, zona III, Zamorano, Honduras.....	7
2. Comportamiento durante el ciclo productivo de la acumulación de sales en pepino en los diferentes sustratos en Zamorano, Honduras.....	10
3. Porcentaje de pepinos no comerciales con diferentes sustratos en Zamorano, Honduras.....	11

**Anexo**

1. Composición química de tres sustratos utilizados en el experimento según el análisis de laboratorio de suelos de la EAP, en Zamorano, Honduras.....	16
2. Variables utilizadas para cálculos por hectárea en el invernadero “K” en Zamorano, Honduras.....	16
3. Precio de materiales utilizados por sustrato para producir en invernadero “K” por hectárea.....	17
4. Descripción de costos US \$ por materiales en mezclas de sustratos utilizados en la producción de pepino.....	17

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido a la limitante de terreno para la producción de cultivos, estos se están produciendo de forma más tecnificada, aumentando la producción del cultivo por área y con mejor control de los insumos de producción. Una tecnología que se está utilizando en Centro América que cumple esos propósitos es la agricultura protegida utilizando invernaderos. Los invernaderos son construcciones para una producción intensiva de cualquier tipo de cultivo y actualmente en el mundo existen una gran cantidad de éstas, para cultivar hortalizas, flores, plantas de ornato y otras especies (Rodríguez 2009).

En la producción bajo invernadero es necesario contar con cierto equipo para asegurar la producción y mantener un ambiente controlado de acuerdo a las necesidades y características del cultivo. Esto incluye sistemas de riego, ventilación y sustrato. Al hablar de sustratos se debe entender que representa cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en contenedores o producto usado en sustitución del suelo para la producción vegetal (Valenzuela y Gallardo 2002).

Los materiales utilizados en sustratos deben proporcionar un ambiente óptimo para la producción de plantas. Los ingredientes de sustratos pueden incluir mezclas de turba, arena, casulla de arroz, compost y otros materiales. En el sustrato crecen las raíces y es por ello que cobra relevancia el volumen del contenedor. En ese volumen restringido, las propiedades físicas y dentro de ellas las relaciones agua-aire del sustrato, cobran gran importancia; se considera que un buen sustrato debe tener más del 85% de porosidad (Valenzuela y Gallardo 2002). Al trabajar con sustratos, otras ventajas son que el material es libre de patógenos (es frecuente esterilizar el sustrato con vapor u otro método), y que se conoce la fertilización y riego que se agrega a la planta. Ésos pueden aumentar de productividad de la planta al asegurar un ambiente propicio para la producción. También pueden haber desventajas con sustratos como la retención de sales y al ser de uso repetido puede haber introducción de patógenos y compactación del mismo, provocando problemas en las raíces y reducción de la producción.

Pepino (*Cucumis sativa*) es una de las especies cultivada bajo invernadero de mayor potencial de rendimiento; puede hasta duplicar los del tomate y cuadruplicar los del pimiento, en el mismo período productivo y permite realizar más de dos cultivos por año. Debido a esto, haya n incremento de la superficie de cultivo de pepino en invernadero, ligado al aumento de la demanda, la diversificación de cultivo y a la búsqueda de cultivos de verano que demanden menos mano de obra (Ferrero *et al.* 2000).



El pepino es una planta herbácea anual, de la familia cucurbitácea, del género *Cucumis* y la especie *sativus*. La planta de pepino posee hojas verdes grandes que forman un dosel sobre los frutos. Estos nacen de los brotes laterales de las axilas. Emite zarcillos por los que se puede guiar por una espaldera o tutor o puede crecer en forma rastrera. Los tallos son gruesos y espinosos de corte rastrero y trepador. El sistema radicular del pepino es muy potente consta de una raíz principal que se ramifica raíces secundarias superficiales muy finas y alargadas de color blanco. La flor es de pedúnculo corto y pétalos amarillos, estas pueden ser hermafroditas o unisexuales (Agropyme 2007).

En la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras se produce pepino bajo invernadero. Se utiliza sustrato y los componentes son: cuatro partes de compost, tres de arena y una de casulla de arroz, pasteurizados después de mezclarlos. La vida útil del sustrato es de cuatro ciclos de cultivo con una pasteurización después de dos ciclos. El problema del sustrato en Zamorano es que se compacta después de poco tiempo provocando mal drenaje y aumento de sales, resultando en raíces necróticas y debilitadas, reduciendo el crecimiento y rendimiento del cultivo. Este trabajo tuvo como objetivo determinar el mejor sustrato entre seis evaluados para la producción de pepino bajo condiciones de invernadero y como objetivos específicos evaluar la productividad rendimiento y precocidad de pepino var. Tropicuke 2, la acumulación de sales en los sustratos y realizar un análisis económico comparativo de diferentes sustratos y sus efectos sobre la producción.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 MÉTODOS**

#### **2.1.1 Ubicación**

El estudio se realizó en el invernadero K, ubicado en Zona III, de la unidad de Olericultura de la Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano), a 32 km al este de Tegucigalpa, Honduras. El sitio esta a 800 msnm, tiene una temperatura promedio anual de 23.4 °C una precipitación anual de 1,100 mm.

#### **2.1.2 Siembra**

Las plántulas (var. Tropicuke 2) se iniciaron en el área de plántulas de Zamorano, usando bandejas de 96 pilones, regadas dos veces al día. Permanecieron en semillero por 15 días.

#### **2.1.3 Sustratos**

Se llenaron las bolsas de plástico de 0.30 m de diámetro por 0.25 m de alto. El volumen utilizado de la bolsa fue 0.015 m<sup>3</sup>. Los sustratos fueron.

Sustrato actual de 1° ciclo: Compuesto de cuatro unidades de compost, tres de arena y una de casulla de arroz en volumen. La mezcla se pasteurizó con vapor durante tres horas a una temperatura media de 65 °C. Se analizó el sustrato por su contenido químico (Anexo 1) al igual que la mezcla de 2° ciclo y el compost.

Sustrato actual de 2° ciclo: El sustrato después de dos ciclos de cultivos. Se pasteurizó con vapor y se colocó en bolsas para reutilizarlo por otros dos ciclos, antes de reciclarlo en la compostera.

Fibra de coco: Viene en presentación de tabletas de 1.2 m, en cubiertas plásticas, que se expanden al adicionar agua.

Arena: procedente de río, se lavó y pasteurizó de la misma manera que las mezclas de sustrato actual.

Compost: Es producto maduro de la descomposición de residuos orgánicos y nunca se ha utilizado para la producción de cultivos. No se pasteurizó y cuenta con toda la vida biológica típica del material. Se evaluó como alternativa, ya que incorpora microorganismos benéficos.

Arena más compost: Mezcla de 50% y 50% en volumen de arena pasteurizada y compost no pasteurizado.

Los sustratos se analizaron en el laboratorio de suelos de Zamorano, los métodos para la mezcla de sustrato se usó: N (5% de la M.O.), pH (pasta saturada 1:1), M.O. (Walkley Black), P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn extractados por solución Mehlich III y analizados por absorción atómica excepto el P que se determinó por espectrofotometría. El compost se analizó por digestión húmeda ( $H_2O_2$  &  $H_2SO_4$ ), el N por Kjeldahl, los demás elementos por absorción atómica y P por espectrofotometría (Arévalo y Gauggel 2008).

#### **2.1.4 Trasplante**

Se realizó a los 16 días de sembrado. Después del trasplante el cultivo se sometió a estrés hídrico, el cual consistió en no regar por 8 días para forzar a la raíz a buscar agua.

#### **2.1.5 Riego**

Se utilizó riego por goteo localizado usando un gotero autocompensado tipo botón de 4 L/h con cuatro ramificaciones, cada una a un gotero terminal tipo flecha. Se aplicó al sustrato riego continuo 24 horas antes de trasplante para humedecer el medio y brindarle ambiente adecuado a la adaptación del pepino. Se usó un patrón de riego según la práctica típica del cultivo, de 1 L hora/planta durante diez minutos cada 90 minutos, para un total de seis riegos al día. Se revisó diariamente el drenaje y al haber más del 20% de pérdida de agua se redujo el riego; según el clima puede cambiar el número de riegos por día de 6 a 7 por día.

#### **2.1.6 Fertilización**

Se fertilizó según lo establecido para el cultivo en Zamorano (USAID-RED, 2005), (Cuadro 1). Se calculó el aporte de nutrientes por cada fertilizante utilizado (Cuadro 2), que fue de N, 145;  $P_2O_5$ , 45;  $K_2O$ , 190; CaO, 100; MgO, 49 y S 162 kg/ha/ciclo.

Cuadro 1. Programa de fertilización de acuerdo a requerimientos para el pepino en Zamorano, Honduras

Fertilizantes	Disolución	Semana 1 - 5			Semana 6 - 10		
		L/planta	L/turno	L/día	L/planta	L/turno	L/día
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.01 L/L	0.001	0.12	0.86	0.001	0.25	1.73
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.05 kg/L	0.003	0.76	5.34	0.007	1.52	10.67
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.05 kg/L	0.005	1.13	7.92	0.01	2.26	15.85
MgSO <sub>4</sub> ×7H <sub>2</sub> O	0.05 kg/L	0.003	0.62	4.33	0.006	1.28	8.94
(NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.03 kg/L	0.001	0.17	1.19	0.001	0.34	2.38

Cuadro 2. Concentración de nutrientes en los fertilizantes y dosis utilizada para la producción de pepino bajo invernadero en Zamorano, Honduras

Fertilizante	Dosis diaria	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.17 L	0.0	61.5	0.0	0.0	0.0	0.0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.17 kg	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	17.0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4.40 kg	15.5	0.0	0.0	26.5	0.0	0.0
MgSO <sub>4</sub> ×7H <sub>2</sub> O	2.57 kg	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	31.7
(NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.44 kg	12.0	61.0	0.0	0.0	0.0	0.0

### 2.1.7 Manejo de plagas y enfermedades

Se controlaron según necesidades del cultivo y conforme a niveles críticos, basados en el monitoreo y aplicación de productos químicos.

### 2.1.8 Prácticas de cultivo

Antes de trasplante se aplicó *Trichoderma harzianum* como controlador de hongos e IBA (ácido indolbutírico) como estimulador de raíces en todos los sustratos. El primer tutorado se realizó a los 15 días del trasplante por método holandés (localizado). La polinización se realizó con abejas instaladas en el invernadero. Cada semana se podaron las ramas laterales dejando dos frutos por yema lateral.

### 2.1.9 Cosecha

Se cosecharon los frutos dos veces por semana durante nueve semanas. La primera cosecha empezó a los 45 días después del trasplante y terminó a los 108 días después del trasplante. Se clasificaron los pepinos según su tamaño, color y forma en: comercial (18 cm a 25 cm de largo, 4.5-5.5 cm de diámetro) y no comercial, para evaluar el rendimiento total y comercial.

### **2.1.10 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Se hicieron los cálculos usando como producción por hectárea (Anexo 2). El precio de cada material fue el pagado por la unidad de olericultura (Anexo 3). Se incurrió en diferentes gastos de producción únicamente por los materiales y mezcla de los sustratos (Anexo 4). Se asumió una vida útil de cuatro cultivos para todos los tratamientos, los costos se compararon con los del sustrato actual (mezcla de 1º y 2º ciclo). El valor del pepino se fijó en US \$ 0.21 según los precios del mercado (SIMPAH, consultado el 30 de septiembre de 2009).

### **2.2 VARIABLES MEDIDAS**

- a) Mortalidad: Plantas muertas o desechadas por daño físico, falta de agua o enfermedad; se tomaran datos semanalmente a partir del trasplante.
- b) Medición de sales presentes: Semanalmente se preparó una mezcla con el método 1:1 entre sustrato y agua destilada. Se midió la conductividad eléctrica (dS/m) usando un conductímetro eléctrico.
- c) Rendimientos totales y comerciales: Se midieron durante el período de cosecha del cultivo.

### **2.3 TRATAMIENTOS**

Se evaluaron seis sustratos: 1. Fibra de coco, 2. Mezcla de primer ciclo, 3. Mezcla de segundo ciclo, 4. Arena, 5. Compost y 6. Arena más Compost.

### **2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL**

El experimento se estableció con seis tratamientos (sustratos), con seis plantas por tratamiento, y cuatro repeticiones, dando 24 unidades experimentales (Figura 1).

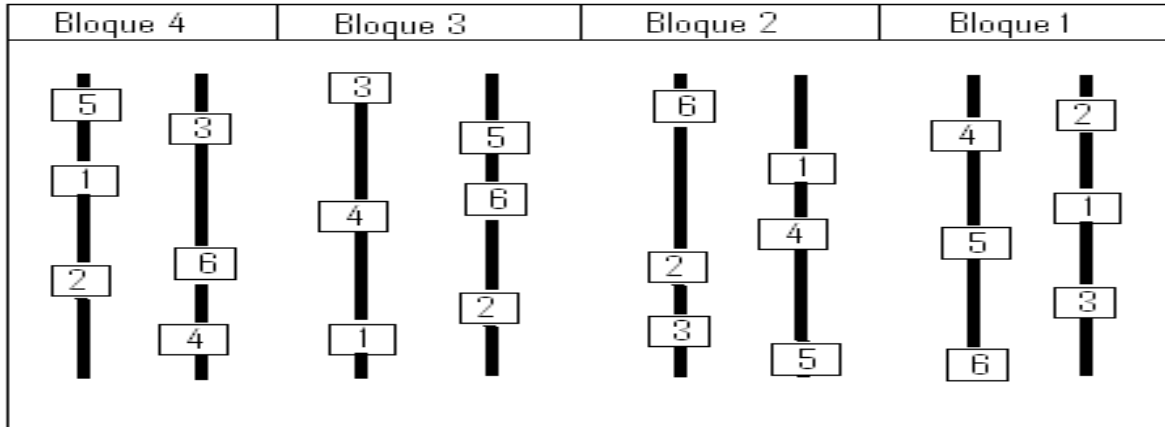


Figura 1. Distribución de cada sustrato por bloque, colocado aleatoriamente dentro de las hileras del cultivo en el invernadero "K", zona III, Zamorano, Honduras

## 2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño de BCA y se analizaron los datos usando análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por método Tukey, ( $P \leq 0.05$ ), con ayuda del paquete estadístico, Statistical Analysis System (SAS).

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 ACUMULACIÓN DE SALES EN LOS DIFERENTES SUSTRATOS**

Los tratamientos que contenían compost en su mezcla tuvieron más sales que de los sustratos con fibra de coco y arena a lo largo del experimento (Cuadro 3). Ronen (2005) indican que para rendimientos máximos, 2 dS/m representa el nivel crítico mínimo e indica baja fertilidad en el sustrato; y que el nivel máximo es de 4-5 dS/m. La conductividad en fibra de coco y arena fue siempre menor a 2 dS/m indicando una falta de nutrientes para el cultivo. Esto fue contrario a lo presentado por los sustratos que contenían compost en sus mezclas, que estaban sobre los niveles mencionados, aunque por debajo del máximo de tolerancia del pepino sin causar fitotoxicidad ni reducción de su producción.

A lo largo del ciclo se observó que las mezclas actuales de 1º y 2º ciclo se comportaron de forma similar a la arena más compost. Estos mostraron una tendencia de acumulación de sales desde la primera semana hasta la semana 11, luego bajaron las concentraciones de sales. Esto se atribuye que hacia el final del ciclo, debido a la disminución de la demanda hídrica del pepino la lámina de riego lavó el sustrato y lixivió parte de las sales presentes. Esta misma tendencia se observó en los demás sustratos, pero no de forma tan marcada (Figura 2). Compost por su parte, presentó un comportamiento estable de conductividad eléctrica durante las primeras nueve semanas, a partir de ésta presentó el mismo caso de disminución de sales, pero por diferente causa, las plantas eran las más desarrolladas del experimento y debido a esto continuaron demandando fertilizantes hasta el final del ciclo, además de presentarse el lavado por drenaje. En los sustratos de fibra de coco y arena, se presentó un comportamiento estable durante el ciclo del cultivo, y no hubo una acumulación de sales entre el inicio y el final del ciclo. Esto se atribuye a que estos sustratos son de mayor capacidad de drenaje y no permitían la acumulación de sales. El lavado fue tan completo, que el cultivo sufrió deficiencia de nutrientes. Lo normal en la cantidad de sales varíe por las condiciones de drenaje y riego presentando un comportamiento irregular (Ronen 2005).

Los sustratos no presentaron tendencias de aportar sales hasta la semana 11; a partir de esta semana se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ), el compost presentó un menor aporte en relación a los demás sustratos, mientras que la mezcla de primer ciclo presentó la mayor. Sin embargo, en la semana 14 todos los sustratos eran similares en su aporte de sales (Cuadro 4). Los sustratos no presentaron cambios significantes, indicando que una tendencia de aumento notoria no se puede presentar por semana sino por etapa fenológica del cultivo o por ciclo del mismo.

Cuadro 3. Conductividad eléctrica en los sustratos durante periodo de cosecha de pepino en Zamorano, Honduras

Sustrato	Semanas												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
Fibra de coco	0.59 <sup>d*</sup>	0.67 <sup>c</sup>	0.69 <sup>c</sup>	0.86 <sup>c</sup>	0.97 <sup>c</sup>	0.84 <sup>b</sup>	0.79 <sup>c</sup>	0.73 <sup>d</sup>	0.67 <sup>d</sup>				
Mezcla 1° ciclo	2.88 <sup>b</sup>	3.04 <sup>a</sup>	2.90 <sup>ab</sup>	3.06 <sup>ab</sup>	3.18 <sup>ab</sup>	3.18 <sup>a</sup>	3.89 <sup>a</sup>	3.59 <sup>a</sup>	3.37 <sup>a</sup>				
Mezcla 2° ciclo	1.82 <sup>c</sup>	1.98 <sup>b</sup>	2.13 <sup>b</sup>	2.59 <sup>b</sup>	2.80 <sup>b</sup>	2.72 <sup>a</sup>	3.19 <sup>b</sup>	3.02 <sup>b</sup>	2.87 <sup>b</sup>				
Arena	0.76 <sup>d</sup>	0.90 <sup>c</sup>	0.79 <sup>c</sup>	1.21 <sup>c</sup>	1.40 <sup>b</sup>	1.41 <sup>b</sup>	1.46 <sup>c</sup>	1.33 <sup>d</sup>	1.27 <sup>c</sup>				
Compost	3.87 <sup>a</sup>	3.77 <sup>a</sup>	3.61 <sup>a</sup>	3.60 <sup>a</sup>	3.76 <sup>a</sup>	3.54 <sup>a</sup>	3.18 <sup>b</sup>	3.05 <sup>b</sup>	2.92 <sup>b</sup>				
Arena más Compost	2.86 <sup>b</sup>	3.01 <sup>a</sup>	2.76 <sup>ab</sup>	2.90 <sup>ab</sup>	3.16 <sup>ab</sup>	3.08 <sup>a</sup>	3.45 <sup>b</sup>	3.30 <sup>ab</sup>	3.13 <sup>ab</sup>				

\* Letras distintas en columna difieren entre sí

Cuadro 4. Diferencias en la conductividad eléctrica semanal de los sustratos utilizados en la producción de pepino, expresada en dS/m

Sustrato	Semanas												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
F.Coco <sup>α</sup>	-0.03 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	-0.14 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ab*</sup>	-0.05 <sup>b</sup>	-0.06 <sup>ns</sup>	
Mez.1° C	-0.40	0.20	0.40	-0.31	0.16	-0.14	0.16	0.12	0.00	0.71 <sup>b</sup>	-0.30 <sup>a</sup>	-0.22	
Mez.2° C	0.10	0.10	-0.10	-0.17	0.16	0.14	0.46	0.21	-0.08	0.47 <sup>ab</sup>	-0.16 <sup>ab</sup>	-0.16	
Arena	-0.20	0.26	-0.26	-0.23	0.14	-0.11	0.42	0.18	0.01	0.05 <sup>ab</sup>	-0.13 <sup>ab</sup>	-0.06	
Compost	-0.10	0.20	-0.20	0.28	-0.11	-0.15	-0.01	0.16	-0.22	-0.37 <sup>a</sup>	-0.13 <sup>ab</sup>	-0.14	
Are+Comp	-0.20	0.10	-0.30	0.27	0.14	-0.24	0.13	0.26	-0.07	0.37 <sup>ab</sup>	-0.15 <sup>ab</sup>	-0.17	

<sup>ns</sup> No significativo

\* Letras distintas en columna difieren entre sí

<sup>α</sup> F.coco= Fibra de coco; Mez. 1° C= Mezcla de primer ciclo; Mez.2° C= Mezcla de segundo ciclo; Are+Comp= Arena mas compost.



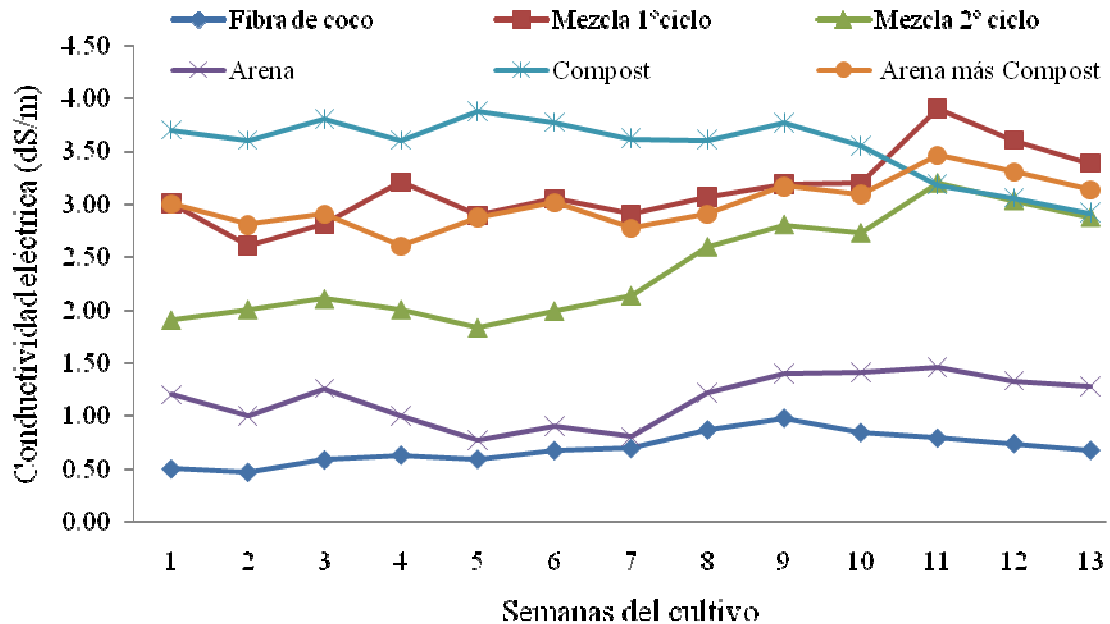


Figura 2. Comportamiento durante el ciclo productivo de la acumulación de sales en pepino en los diferentes sustratos en Zamorano, Honduras

### 3.2 PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DEL CULTIVO

El cultivo, en general, demostró buenas características de producción en todo el experimento. No se observaron problemas fisiológicos o plagas que afectaran la salud del cultivo, no hubo mortalidad. Durante la cosecha hubo una pérdida de frutos debido a una mala polinización inicial presentando un pobre llenado del fruto y perdiendo 30 cm de altura por planta. Esto a causa de la introducción tardía de las abejas al invernadero para la ayuda de la polinización. Sin embargo, se considera que afectó por igual a todos los tratamientos.

Los rendimientos de pepino fueron buenos con una producción promedio de 66,200 kg/ha; los rendimientos típicos del cultivo oscilan alrededor de 60,000 kg/ha (Valenzuela 2006). Los tratamientos de compost y compost más arena presentaron mayores rendimientos totales y comerciales comparados con arena, fibra de coco y mezcla de 1° ciclo (Cuadro 5). Se observó que plantas en compost desde el trasplante presentaron características más sanas (altura, color de planta más verde) que de los otros tratamientos. Ya que no hubo diferencia en agua, luz o fertilizantes entre los tratamientos esta diferencia debe ser debido al sustrato. Una posibilidad es los micronutrientes en el compost, estuvieron disponibles para la planta (Anexo 1). Estos micronutrientes presentes en el compost, no se encuentran en el plan de fertilización de la unidad de olericultura.

Cuadro 5. Producción de pepino como función de los diferentes sustratos. Zamorano, Honduras

Sustrato	Comercial			No comercial		Total	
	(kg/ha)	(%)	Cant. (1000/ha)	(kg/ha)	Cant. (1000/ha)	(kg/ha)	Cant. (1000/ha)
F.Coco <sup>a</sup>	53,900 <sup>b*</sup>	91	134 <sup>c</sup>	5,600 <sup>ab</sup>	18 <sup>ab</sup>	59,500 <sup>c</sup>	153 <sup>b</sup>
Mez.1° C	58,100 <sup>b</sup>	90	153 <sup>bc</sup>	6,700 <sup>ab</sup>	19 <sup>ab</sup>	64,800 <sup>c</sup>	172 <sup>b</sup>
Mez.2° C	64,300 <sup>ab</sup>	92	160 <sup>bc</sup>	6,000 <sup>ab</sup>	19 <sup>ab</sup>	70,300 <sup>c</sup>	179 <sup>ab</sup>
Arena	49,800 <sup>b</sup>	89	123 <sup>c</sup>	6,500 <sup>ab</sup>	18 <sup>ab</sup>	56,300 <sup>c</sup>	141 <sup>b</sup>
Compost	86,700 <sup>a</sup>	96	213 <sup>a</sup>	4,100 <sup>b</sup>	13 <sup>b</sup>	90,800 <sup>ab</sup>	225 <sup>a</sup>
Are+Comp	84,300 <sup>a</sup>	90	197 <sup>ab</sup>	9,500 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	93,900 <sup>a</sup>	228 <sup>a</sup>

\* = Letras diferentes en columna difieren entre sí.

<sup>a</sup> F.coco= Fibra de coco; Mez.1° C= Mezcla de primer ciclo; Mez.2° C= Mezcla de segundo ciclo; Are+Comp= Arena mas compost.

Hubo diferencias entre tratamientos en la producción de pepinos no comerciales (Cuadro 5), pero el porcentaje de pérdida fue constante con un 10% promedio de la producción; la única excepción fue con plantas en compost en las cuales fue menor (Figura 3). Generalmente, los pepinos no comerciales fueron clasificados así por motivo del mal llenado del fruto y frutos torcidos. En el caso del compost se asume que la menor pérdida además del aporte de micronutrientes, estuvo ligada a mayor cantidad de sales acumuladas, esto debido a su mayor capacidad de intercambio catiónico y retención de los fertilizantes.

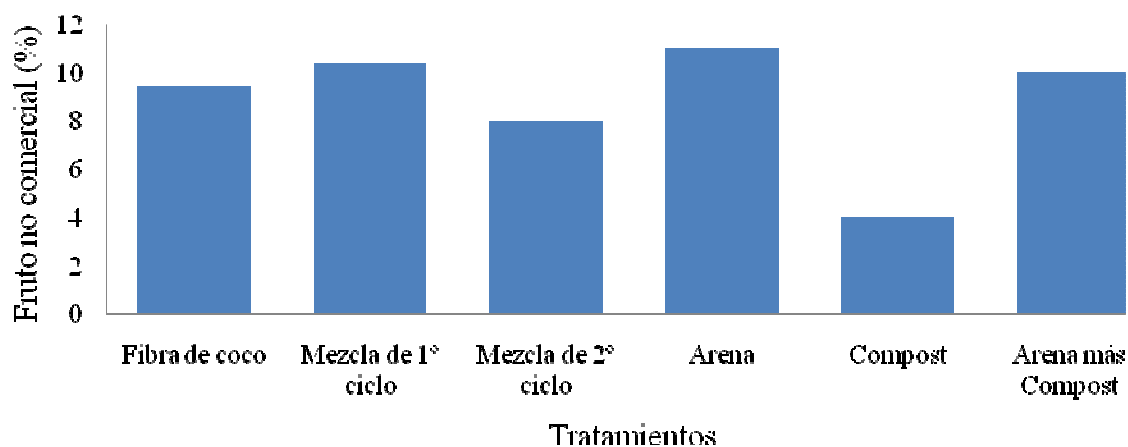


Figura 3. Porcentaje de pepinos no comerciales con diferentes sustratos en Zamorano, Honduras

### 3.3 RENDIMIENTOS ECONÓMICOS.

Cuando los gastos de sustrato se compararon con los ingresos de los pepinos, se observaron algunas tendencias marcadas (Cuadro 6). El sustrato de compost mas arena fue el que presentó los mejores ingresos comparados con los sustratos actuales. Esta mezcla superó al del compost por un margen mínimo, al disminuir los costos del compost y brindar mayor drenaje, compensando la menor producción. Se notó una disminución en costo al usar solamente compost debido a que se eliminó el costo de pasteurización; de igual manera en la mezcla de compost con arena que solo se pasteurizó la parte de arena. La fibra de coco, como se describió antes, presentó un costo extremadamente alto (US \$ 23,280) a comparación con el testigo. para que este sustrato iguale el valor del sustrato actual, su costo de compra tendría que ser de US \$ 0.25. Solamente con los sustratos de compost y arena mas compost, se observaron valores positivos comparado a los testigos (US \$5,588 y US \$5,934, respectivamente). Aunque los costos de arena fueron más bajos que el testigo, los ingresos reducidos por falta de producción de pepino no alcanzaron a los del testigo, y resultó en un ingreso menor de US \$ 492.

Cuadro 6. Análisis de costos e ingresos por hectárea en comparación con el sustrato testigo (promedio de producción de las mezclas actuales de 1° y 2° en US \$/ha), en Zamorano, Honduras.

Sustrato	Costo sustrato	Diferencia		Ingreso por rendimiento <sup>£</sup>	Valor relativo al testigo
		Diferencia al testigo	Rendimientos <sup>β</sup> (kg/ha)		
F.Coco <sup>α</sup>	23,280	13,842	-7,300	-1,533	-15,371
Mez.1° C	9,437	0	0	0	0
Mez.2° C	9,437	0	0	0	0
Arena	7,534	-1,902	-11,400	-2,394	-492
Compost	9,174	-263	25,500	5,325	5,588
Are+Comp	8,354	-1,083	23,100	4,851	5,934

<sup>α</sup> F.coco= Fibra de coco; Mez.1° C= Mezcla de primer ciclo; Mez.2° C= Mezcla de segundo ciclo; Are+Comp= Arena mas compost.

<sup>β</sup> El rendimiento comercial promedio del testigo fue de 61,200 kg/ha de pepinos.

<sup>£</sup> US \$ 0.21 por kg de pepino

#### 4. CONCLUSIONES

- La mayoría de los sustratos presentaron una acumulación de sales hasta la semana 11, a excepción del compost, en el cual disminuyeron.
- El descenso en la conductividad eléctrica de los sustratos indica que el cultivo estaba absorbiendo los nutrientes brindados por los mismos.
- La casulla de arroz puede presentar aumento en los lixiviados en los sustratos y debido a esto, presentan menor cantidad de sales que los sustratos con compost.
- Los mejores sustratos en rendimientos para condiciones de invernadero fueron los que tenían compost, presentando mayor cantidad de pepino comercial y peso de la producción.
- Los sustratos usados en Zona III (de 1° y de 2° ciclo) tuvieron rendimientos al menos 25% más bajos que los sustratos a base de compost.
- Los ingresos más altos en comparación con el testigo se presentaron en el sustrato de arena con compost, que presentó un costo menor.
- La arena tuvo menor costo que el testigo, pero tuvo el rendimiento más bajo, por lo que no es rentable en comparación con el testigo.
- Las mezclas testigo presentaron mayor costo que los otros sustratos por la pasteurización.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Usar el sustrato compost más arena en la producción de pepino en invernadero.
- Medir la acumulación de sales y determinar la pérdida en lixiviados, particularmente en los sustratos de fibra de coco y arena.
- La disminución de CE en los sustratos a partir de semana 11 sugiere realizar un estudio con mayor fertilización o distinta lámina de agua en esa etapa.
- Realizar un estudio evaluando la productividad y la rentabilidad con mezclas de compost más arena en diferentes relaciones y en distintos ciclos de producción.
- Hacer análisis del compost al trasplante, inicio de cosecha y final de cosecha para conocer cuánto aporta de micronutrientes durante el ciclo del cultivo.
- Realizar estudios con diferentes dosis de micronutrientes en el fertirriego.
- Evaluar el uso de sustratos sin pasteurizar ya que estos tratamientos resultaron en mayores rendimientos que los pasteurizados y bajaron el costo de producción por sustrato.

## 6. LITERATURA CITADA

Agropyme. 2007. Perfil del mercado del pepino, Honduras. (en línea). Consultado 19 de octubre de 2009. Disponible en <http://www.santafeagro.net/Boletines/boletin%PEPINO.pdf>

Arévalo, G. Gauggel, C. 2008. Manual de Prácticas. Curso de mantenimiento de suelos y nutrición vegetal. E.A.P. Zamorano. 71 p.

Ferrero, M. Muguero, A. Grasso, R. Ferrato, J. 2009. UNR. Evaluación económica para diferentes ciclos de producción de Pepino en invernadero con y sin calefacción, en General Pico, provincia de La Pampa. Proyecto Hortícola Rosario. CC 14 (2123) Zavalla. Santa Fe. Argentina. (en línea). Consultado 18 Mayo de 2009. Disponible en <http://www.revista-agrovalle.com.ar/hortalizas.asp.html>

Rodríguez R. 2009. Diseño, Fabricación e instalación de invernaderos, Universidad Autónoma de Chapingo, México. (en línea) Consultado 13 de Mayo de 2009. Disponible en [www.chapingo.mx/cec/Tripticos/dfii.pdf](http://www.chapingo.mx/cec/Tripticos/dfii.pdf)

Ronen, E. 2005. Manejo en la Zona Radicular en Cultivos sin Suelo (en línea). Consultado 20 de Octubre de 2009. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/Manejo%20Zona%20Radicular%20Cultivos%20sin%20Suelo.asp>

SIMPAH. 2009. Reporte semanal de precios de insumos agrícola de Honduras. (en línea). Consultado 30 de Septiembre de 2009. Disponible en [www.fhia.org.hn/simpah/simpah.htm](http://www.fhia.org.hn/simpah/simpah.htm)

USAID-RED. 2005. Calendarización de fertilización para goteo diario con los preventivos, Cuenta del Desafío del Milenio, Honduras 2005.

Valenzuela, O. y Gallardo, C. 2002. Sustratos Hortícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. Argentina. 5 p.

Valenzuela, J. 2006. Manejo integrado de cultivo y validación de tecnología de producción en invernaderos y casa sombra en el estado de Sonora: subproyecto Valle del Yaqui. Avances de investigación 2005-2006, Mexico. (en línea). Consultado 21 de Octubre de 2009. Disponible en <http://www.aphym.com/Resultados/Titulo2.htm>

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Composición química de tres sustratos utilizados en el experimento según el análisis de laboratorio de suelos de la EAP, en Zamorano, Honduras.

Sustrato de compost.

Humedad (%)	Total en basé seca								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	(%)			mg/kg					
38.5	1.15	0.41	0.51	1.83	0.34	69	7663	591	201

Sustrato de mezcla primer ciclo (Compost 50%, arena 38%, casulla de arroz 12%).

pH	N		P	K	Ca	Mg	Na
	M.O.	Total					
	(%)		mg/kg				
6	18.16	0.91	1380	1206	4410	800	420

Sustrato de mezcla segundo ciclo (Compost 50%, arena 38%, casulla de arroz 12%).

pH	M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
6.12	4.45	0.22	250	864	2230	250	213	1.5	243	174	7.2

Anexo 2. Variables utilizadas para cálculos por hectárea en el invernadero “K” en Zamorano, Honduras.

Variables de producción	Cantidad
Área del invernadero (m <sup>2</sup> )	840
Volumen de bolsa (m <sup>3</sup> )	0.015
Número de bolsas	1,600
Número de plantas/m <sup>2</sup>	2
Plantas/ha	20,000

Anexo 3. Precio de materiales utilizados por sustrato para producir en invernadero “K” por hectárea

material	Unidad	Unidad/ha	Precio US \$	Costo US \$/ha
Bolsa plástica	Individual	20,000	0.1	1798.94
Arena	m <sup>3</sup>	300	12.2	3650.79
Compost	m <sup>3</sup>	300	26.5	7936.51
Casulla	m <sup>3</sup>	37.5	5.3	198.41
Pasteurización	m <sup>3</sup>	300	2.8	846.56
Tableta	Individual	6,667	3.5	23281.59

Anexo 4. Descripción de costos US \$ por materiales en mezclas de sustratos utilizados en la producción de pepino

Materiales	Testigo	Arena	Compost	Arena más Compost	Fibra de coco
Bolsa	1,238	1,238	1,238	1,238	
Arena	1,387	3,650		1,825	
Compost	3,968		7,936	3,968	
Casulla de arroz	198				
Pasteurizado	2,645	2,645		1,322	
Tableta					440,000
<b>Total</b>	<b>9,437</b>	<b>7,534</b>	<b>9,174</b>	<b>8,354</b>	<b>440,000</b>