

**Evaluación del efecto de dos láminas de riego  
y dos sustratos en la producción de pepino  
bajo condiciones de macro túnel en El  
Zamorano, Honduras**

**José Marcelo Saltos Intriago**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2009

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Evaluación del efecto de dos láminas de riego  
y dos sustratos en la producción de pepino  
bajo condiciones de macro túnel en El  
Zamorano, Honduras**

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

Presentado por

**José Marcelo Saltos Intriago**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre; 2009

# **Evaluación del efecto de dos láminas de riego y dos sustratos en la producción de pepino bajo condiciones de macro túnel en El Zamorano, Honduras**

Presentado por:

José Marcelo Saltos Intriago

Aprobado:

---

Francisco Álvarez, M.A.E.  
Asesor principal

---

Miguel Velez, Ph.D.  
Director Carrera de Ciencia  
y producción Agropecuaria

---

Gloria Arévalo, M.Sc. D.E.A.  
Asesora

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Jeffery Pack, D.P.M.  
Asesor

---

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

---

Ulises Barahona, Ing. Agr.  
Asesor

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Coordinador de Fitotecnia

## RESUMEN

Saltos, J. 2009. Evaluación del efecto de dos láminas de riego y dos sustratos en la producción de pepino bajo condiciones de macro túnel en El Zamorano, Honduras. Proyecto especial de Ingeniero agrónomo Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 21 p.

La escasez mundial de agua exige ser más eficiente en el uso de esta, con láminas de riego que cubran las necesidades hídricas de los cultivos y sustratos que provean condiciones de soporte y crecimiento a la planta. El objetivo fue evaluar el efecto de dos sustratos en la producción de pepino: una composición de 100% arena (S2) y otro con 50% compost, 38% arena y 12% casulla de arroz (S1) basado en su volumen y dos láminas de riego: lámina actual Zona III de 1.05 mm/día (semana 1 a 4), 2.20 mm/día (semana 5 a 8) y 2.52 mm/día (semana 9 a 12) (L2) y otra lámina reducida en 15% de la actual para cada etapa de crecimiento (L1); ambas láminas se aplicaron en siete turnos de riego/día hasta la semana ocho y luego ocho turnos. El estudio se realizó en condiciones de macro túnel de Junio a Agosto de 2009 en El Zamorano, Honduras. Se utilizó un factorial  $2 \times 2$  con diseño completamente al azar y parcelas divididas (riego) con cuatro tratamientos que fueron L1S1, L1S2, L2S1, L2S2, con cuatro repeticiones cada uno. Los tratamientos L1S1, L1S2 y L2S1 no tuvieron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) con un rendimiento promedio de 52,000 kg/ha y un ingreso neto de US\$ 8,309; pero fueron diferentes ( $P \leq 0.05$ ) a L2S2 que tuvo un rendimiento de 36,100 kg/ha y un ingreso neto de US\$ 4,837. El drenaje promedio en el tratamiento L2S2 fue 15% y de 10% para el tratamiento L1S2, muy por debajo de lo recomendado por lo que se podrían presentar problemas de acumulación de sales. Con el tratamiento L2S1 se obtuvo un drenaje promedio de 26%, mientras que con el L1S1 fue de 30% ocasionando una posible pérdida de fertilizante por un exceso de drenaje en ambos tratamientos.

**Palabras clave:** Drenaje, rendimientos.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
2. <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	4
3. <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	10
4. <b>CONCLUSIONES</b> .....	15
5. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	16
6. <b>LITERATURA CITADA</b> .....	17
7. <b>ANEXOS</b> .....	19

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

### Cuadros

1. Láminas de riego de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo con siete turnos de semana 1 a 8 y ocho turnos de semana 9 a 12, El Zamorano, Honduras..... 7
2. Programa de fertilización para pepino en macro túnel K. El Zamorano, Honduras... 7
3. Porcentaje de nutrientes en cada fertilizante utilizado en fertirriego en Zona III, El Zamorano, Honduras. .... 8
4. Descripción de tratamientos del ensayo, combinación de láminas y sustratos. El Zamorano, Honduras. .... 9
5. Promedio de porcentaje de drenaje por etapa en la producción de pepino en condiciones de macro túnel, El Zamorano, Honduras..... 11
6. Volúmenes de agua en los sustratos (basado en un contenedor de 15 L) en la producción de pepino bajo macro túnel, El Zamorano, Honduras. .... 14
7. Ingreso neto en US\$/ha, para la producción de pepino en condiciones de macro túnel, El Zamorano, Honduras..... 14

### Figuras

1. Drenaje obtenido con la lámina testigo con arena y sustrato testigo actual Zona III en la producción de pepino, El Zamorano, Honduras ..... 11
2. Drenaje obtenido con la lámina reducida con arena y sustrato testigo actual Zona III en la producción de pepino, El Zamorano, Honduras ..... 12
3. Comparación de la ETc, la lámina actual Zona III y la lámina reducida para producción de pepino, El Zamorano, Honduras ..... 13

**Anexos**

1. Evapotranspiración y temperatura del 19 de Junio al 19 de Julio de 2009, El Zamorano, Honduras. ....	19
2. Evapotranspiración y temperatura del 19 de Julio al 18 de Agosto de 2009, El Zamorano, Honduras. ....	19
3. Evapotranspiración y temperatura del 18 de Agosto al 27 de Agosto de 2009, El Zamorano, Honduras. ....	20
4. Curva de retención de humedad del sustrato testigo (compost 50%, arena 38%, casulla de arroz 12%, basado en volumen), El Zamorano, Honduras. ....	20
5. Curva de retención de humedad del sustrato arena, El Zamorano, Honduras. ....	21
6. Análisis de sustratos con método Pasta Saturada, El Zamorano, Honduras. ....	21
7. Análisis de sustratos con solución extractable con Mehlich 3, El Zamorano, Honduras. ....	21

# 1. INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de mejores sustratos que faciliten el desarrollo de raíces en pepino (*Cucumis sativa*) y láminas de riego que satisfagan a las necesidades hídricas de este cultivo, además de ahorrar agua, surgió la iniciativa de realizar esta investigación y obtener resultados que permitan tomar las mejores decisiones bajo condiciones de macro túneles. En años anteriores se han realizado investigaciones, pero ninguna basada en evaluar el rendimiento variando la lámina de agua y el tipo de sustrato.

## 1.1 CULTIVO

El pepino (*Cucumis sativa*) es una planta de hábito rastrero o trepador, con un sistema radicular abundante. Sin embargo, las raíces secundarias y los pelos absorbentes son bastante superficiales. Los frutos son péndulos oblongos de tamaño y forma variables. Cuando el fruto está tierno, su cáscara es reticulada y áspera, es de color verde pálido. Durante su ciclo de vida, requiere relativamente mucha agua para producir bien. La necesidad mínima de agua es de 500 a 600 mm (Mondoñedo *et al.* 1983). La temperatura es el factor climatológico de mayor importancia con respecto al número de frutos cuajados por planta. Requiere una temperatura mínima para dehiscencia del saco polínico de 12 °C a 15 °C, siendo la óptima entre 18 °C a 20 °C (Montes 1997). Según el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España (2003) los rendimientos promedio de pepino en invernadero son 38,000 kg/ha. Honduras tiene una producción en campo de 31,200 kg/ha (FAOSTAT 2009).

Los pepinos se cosechan en diversos estados de desarrollo. El período entre floración y cosecha puede ser de 55 a 60 días, dependiendo del cultivar y de la temperatura. Generalmente, se cosechan en un estado ligeramente inmaduro, próximos a su tamaño final, pero antes de que las semillas completen su crecimiento y se endurezcan. La firmeza y el brillo externo son también indicadores del estado pre maduro deseado. La calidad del pepino de mesa o para rebanar se basa principalmente en la uniformidad de forma, en la firmeza y en el color verde oscuro de la piel (Suslow y Cantwell 2007).

## 1.2 AGUA

La escasez de agua limpia es en muchas áreas del mundo, el más grande impedimento para la agricultura. A pesar del incremento en la escasez de agua para agricultura, la mayoría de los sistemas de irrigación pierden grandes cantidades de agua. Varias



técnicas están mejorando la eficiencia del uso del agua en el riego de los cultivos con ahorros de 10 hasta 50% o más. El riego por goteo incluyendo el riego subterráneo controlado por computadora, tiene una eficiencia de 25% o más (Wallace y Terry 1998).

La frecuencia y la duración de los ciclos de riego es importante. La frecuencia de los ciclos tiene que ser suficiente para impedir cualquier déficit de agua en las plantas, pero tienen que ser lo suficientemente largos para proporcionar un drenaje adecuado del medio, de forma que haya una oxigenación apropiada de las raíces de la planta. La duración de cualquier ciclo de riego dado tiene que ser suficiente para proporcionar un filtrado adecuado (Resh 1997).

El uso de sistemas automatizados de riego por goteo, mejora el desarrollo de la planta al ofrecerle, de una manera más exacta, la aplicación de volúmenes de agua junto con la nutrición. En producciones de agricultura intensiva el riego por goteo sistematizado es el factor más importante, ya que a través de éste se le brindará a la planta todo lo que necesite para su óptimo desarrollo (Egas Argüello 2002).

### **1.3 SUSTRATOS**

La utilización de sustratos es una práctica muy utilizada en agricultura intensiva, ya que permite un mejor control de enfermedades de la raíz, aplicaciones de riego localizado y así una óptima eficiencia en la utilización del agua. Los sustratos que se utilizan en la mayoría de los sistemas de agricultura intensiva, son elegidos de acuerdo al cultivo y de la disponibilidad de los mismos en la zona. Es importante tener en cuenta que el medio no solamente deberá poseer una buena retención para el agua, sino que también un buen drenaje (Resh 1997).

Los medios utilizados para hidroponía deben permitir un cierto porcentaje de drenaje del total de agua aplicada, para realizar un lavado y que no haya exceso de sales en los sustratos. En medios muy finos como los que llevan mezclas de compost, debe existir un drenaje de 20 a 30%, para arenas el agua de drenaje no debe superar el 8 a 10% del total aplicado (Resh 1997).

El uso de sustratos en contenedores individuales y la determinación de la frecuencia y los volúmenes de riego de acuerdo al tamaño del contenedor son prácticas que se han difundido con el fin de mejorar el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Aroche Morales 2001). Los sustratos que contienen una mayor cantidad de compost presentan más cantidad de frutos en tomate (Hasing Rodríguez 2002).

La arena consiste en pequeñas partículas de 0.05 a 2 mm de diámetro, formadas como resultado de la erosión de varias rocas. La arena del cuarzo se utiliza generalmente para propósitos de propagación. La arena es la más pesada de los medios de propagación usados, con un peso de 1500 kg/m<sup>3</sup> de arena seca. Preferiblemente debe ser fumigada o pasteurizada con vapor antes de usarla, pues puede contener semillas de maleza y

patógenos. Es mayormente usada en combinación con materiales orgánicos (Hartman y Kester 2002).

El compost utilizado en las mezclas de sustrato brinda propiedades físicas como retención de agua, porosidad y estabilidad. Un efecto benéfico importante del compost es el incrementar la integridad de los agregados estabilizados por la interacción de microorganismos y la fracción mineral del suelo (Wallace y Terry 1998). El compost no debe representar más del 30% del volumen final del medio o sustrato (Hartman y Kester 2002).

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de dos láminas y dos sustratos para la producción de pepino en condiciones de macro túnel. Los objetivos específicos fueron determinar el efecto de las variables en el rendimiento; determinar el efecto de los tratamientos en el drenaje y comparar las láminas aplicadas con la demanda real del cultivo.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 UBICACIÓN**

El ensayo se realizó en el macro túnel K del área de producción de Olericultura conocida como Zona III de la Escuela Agrícola Panamericana a 800 msnm, departamento de Francisco Morazán, 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras.

### **2.2 MACROTÚNEL**

#### **2.2.1 Distribución de plantas/ha**

El macro túnel mide 10 × 84 m y se utilizó la mitad (420 m<sup>2</sup>), con 800 bolsas distribuidas en cuatro camas. Las camas fueron recubiertas con plástico negro donde se colocó una doble hilera de contenedores (bolsas) con 0.80 m entre hilera y 0.40 m entre contenedores; la densidad fue de 19,000 planta. Las dimensiones de las bolsas fueron 30 cm de diámetro y 25 cm de altura para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> de sustrato. Se usaron 400 bolsas con el sustrato que se utiliza en Zona III y 400 con arena.

### **2.3 SUSTRATOS**

Los sustratos fueron pasteurizados con vapor de agua durante tres horas, a temperaturas entre 60 y 70 °C. Se realizaron curvas de retención de humedad para ambos sustratos en el laboratorio de suelos del Departamento de Desarrollo de Tecnología de Riego y Drenaje de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras (Anexo 4 y 5). El agua capilar o agua aprovechable es la que se encuentra retenida a una tensión entre 0.3 atm (Capacidad de Campo, CC) y 15 atm (Punto de Marchitez Permanente, PMP).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Álvarez F. 2009. Relación agua y suelo. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. Manual de módulo de riego.

### 2.3.1 Sustrato testigo

El sustrato testigo (S1) está compuesto de 50% compost, 38% arena y 12% casulla de arroz, basado en volumen. Tiene 31% de humedad (basado en volumen) a capacidad de campo y 18% en punto de marchitez permanente (Anexo 4). El sustrato no se ha utilizado en ciclos de producción anteriores.

### 2.3.2 Sustrato Arena

El sustrato arena (S2) es un sustrato inerte, utilizado en hidroponía, es fácil de obtener y con un muy bajo costo. Tuvo 22% de humedad (basado en volumen) a capacidad de campo y 8% en punto de marchitez permanente (Anexo 5).

### 2.3.3 Análisis Sustrato

La composición química de los sustratos se determinó en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano por los métodos de pasta saturada y extracción en Mehlich 3 (Anexos 6 y 7) (Arévalo y Gauggel 2009), midiendo:

- Fósforo extractable en solución Mehlich 3 y soluble en agua por pasta saturada, determinados por colorimetría (espectrofotómetro).
- K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn extractables en solución Mehlich 3 y solubles en agua por pasta saturada, determinados por espectrofotometría de absorción atómica.
- Porcentaje de materia orgánica por el método de Walkley & Black.
- Porcentaje de N total calculado como el 5% de la materia orgánica.
- pH en relación suelo/agua 1:1, medido con potenciómetro.
- Conductividad eléctrica (C.E.) y sales solubles en agua, medida con puente de conductividad eléctrica.

## 2.4 CULTIVO

Se utilizó el híbrido de pepino (*Cucumis sativa*) Tropicuke II, de Seminis Seeds. Tiene resistencia a antracnosis, mancha angular de la hoja y virus del mosaico del pepino (CMV). La semilla se sembró en bandejas de germinación en el área de ornamentales de la Escuela Agrícola Panamericana. Para el trasplante se utilizaron plántulas de 14 días de edad. Según experiencias con esta variedad, el ciclo es de 100 a 120 días después de siembra, iniciando la cosecha alrededor de los 60 días. El cultivo se manejó en tres etapas: crecimiento (semana 1 a 4), inicio de producción (semana 5 a 8) y producción (semana 9 a 12). El cultivo fue monitoreado diariamente para tomar medidas por posibles problemas con plagas y enfermedades. Los controles se hicieron según las prácticas estándares del cultivo y se aplicaron de igual forma a todas las plantas del ensayo.

### **2.4.1 Cosecha**

La cosecha inició a los 45 días después de trasplante, duró 42 días y se realizó dos veces por semana. Se cosecharon los frutos que tenían un largo y un diámetro mayor o igual a 20 cm y 5 cm, respectivamente. Estos parámetros fueron establecidos por la planta de post cosecha en El Zamorano, de acuerdo al mercado al que fueron vendidos.<sup>2</sup>

## **2.5 RIEGO**

### **2.5.1 Sistema de riego**

Se usó un sistema de riego por goteo automatizado marca NETAFIM modelo NMC-64. Este cuenta con ocho laterales de riego por macro túnel; en cada lateral hay 50 goteros tipo botón con un caudal de cuatro litros por hora, con cuatro ramificaciones a igual número de goteros tipo flecha que reciben un caudal de un litro por hora. Se colocó un gotero tipo flecha por bolsa.

### **2.5.2 Láminas de riego**

Se utilizaron dos láminas que se dividieron de acuerdo a las etapas fenológicas de cultivo (Cuadro 1):

1. La lámina uno (L1) que es la testigo y es la que está en uso en la actualidad, determinada por el encargado de Zona III basándose en datos históricos.
2. La lámina dos (L2) que es un 85% de la primera. Se determinó al inicio del ensayo basándose en pruebas de recolección de agua de drenaje con lisímetros; se obtuvo un promedio de drenaje del 25% con L1 y el sustrato testigo (S1). De acuerdo con esto la lámina se redujo en 15%, ya que el drenaje en arena no debe pasar del 10% (Resh 1997). Una reducción del 15% en la lámina significa 229 m<sup>3</sup>/ha/ciclo menos.

---

<sup>2</sup> Pack J. 2009. Parámetros cosecha de pepino. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación personal.

Cuadro 1. Láminas de riego de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo con siete turnos de semana 1 a 8 y ocho turnos de semana 9 a 12, El Zamorano, Honduras.

Descripción	Semana 1 a 4		Semana 5 a 8		Semana 9 a 12	
	Vol L/planta/día	Lámina mm/día	Vol L/planta/día	Lámina mm/día	Vol L/planta/día	Lámina mm/día
Lámina testigo (L1)	0.58	1.05	1.16	2.20	1.33	2.52
Lámina reducida 15% (L2)	0.49	0.93	0.99	1.87	1.13	2.14

### 2.5.3 Drenaje

Las mediciones de drenaje se realizaron con lisímetros, consistentes en bandejas de diez cm de altura, 35 cm de largo y 23 cm de ancho, que se colocaron debajo de los contenedores (bolsas) de sustrato. El drenaje se midió con una probeta graduada en mL. Se colocaron tres lisímetros por cada repetición y se tomaron los datos a las siete de la mañana antes de que iniciara el riego correspondiente.

## 2.6 FERTILIZACIÓN

Se utilizó el programa de fertilización para producción de pepino propuesto por el Programa de Diversificación Económica Rural (USAID-RED) y se aplicó a través del sistema de riego (Cuadro 2). Las concentraciones de fertilizantes utilizadas en fertirriego fueron tomados de las fuentes utilizadas (Cuadro 3). Los fertilizantes fueron aplicados en un volumen de agua igual para las dos láminas, variando el volumen de agua sin fertilizante que fue aplicado al comienzo y al final del turno para completar cada una de las láminas. La fertilización, exceptuando el fósforo, se realizó en dos etapas: se aplicó el 33% de la fertilización en la primera etapa de la semana 1 a la 5 y el 67% en la segunda de la semana 6 a la 12; el fósforo se aplicó en proporciones iguales de 50% en cada etapa. La fertilización utilizada fue de 145 kg de N, 45 kg de  $P_2O_5$ , 190 kg de  $K_2O$ , 100 kg de CaO, 49 kg de MgO y 162 kg de S por hectárea.

Cuadro 2. Programa de fertilización para pepino en macro túnel K. El Zamorano, Honduras.

Fertilizantes	Disolución		Semana 1 – 5	Semana 6 – 12
	Cantidad	Unidad	L/planta <sup>§</sup>	L/planta
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.01	L/L	0.007	0.007
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.05	kg/L	0.021	0.049
(Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> H <sub>2</sub> O	0.05	kg/L	0.035	0.070
MgSO <sub>4</sub> ×7H <sub>2</sub> O	0.05	kg/L	0.021	0.042
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.03	kg/L	0.007	0.007

<sup>§</sup>: Litros de la solución.

Cuadro 3. Porcentaje de nutrientes en cada fertilizante utilizado en fertirriego en Zona III, El Zamorano, Honduras.

Fertilizante	Cantidad/día	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>	0.1 L	0	61.5	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.1 kg	0	0	50	0	0	17
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4.4 kg	15.5	0	0	19	0	0
MgSO <sub>4</sub> ×7H <sub>2</sub> O	2.5 kg	0	0	0	0	16	31.7
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.4 kg	12	61	0	0	0	0

## 2.7 CLIMA

Se instaló una estación climatológica marca DAVIS en el interior del macro túnel. Con los datos obtenidos se determinó si la temperatura en el macro túnel fue la adecuada para la producción de pepino. Al mismo tiempo se realizó una comparación de las láminas aplicadas en el ensayo y la evapotranspiración del cultivo (ETc), la cual indica la demanda hídrica real. La ETc se determinó por la formula:

$$ETc = ETo \times Kc$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración del cultivo  
 ETo: Evapotranspiración de referencia  
 Kc: Coeficiente del cultivo (FAO 2006)

## 2.8 VARIABLES

### 2.8.1 Rendimientos del cultivo

Los rendimientos fueron medidos tomando el peso de los frutos de cada tratamiento, que cumplieran con los parámetros de cosecha requeridos por la planta de post cosecha.

### 2.8.2 Drenaje de los sustratos

El drenaje de cada tratamiento se determinó con las mediciones diarias de los lisímetros.

## 2.9 TRATAMIENTOS

El estudio evaluó cuatro tratamientos: dos láminas de riego, la testigo actual de Zona III (L1) y otra 85% de la testigo (L2), además dos sustratos uno compuesto solo por arena y el testigo una combinación de casulla de arroz, arena y compost (Cuadro 4).

Cuadro 4. Descripción de tratamientos del ensayo, combinación de láminas y sustratos. El Zamorano, Honduras.

Tratamiento No.	Codificación	Lámina	Sustrato
1	L1S1	Testigo Actual	Testigo
2	L1S2	Testigo Actual	Arena
3	L2S1	Reducida 15%	Testigo
4	L2S2	Reducida 15%	Arena

## 2.10 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental consistió en un arreglo factorial  $2 \times 2$ , con parcelas divididas (por riego) en espacio y con un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro repeticiones.

## 2.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación de los datos se utilizó el programa estadístico SAS<sup>®</sup> (Statistical Analysis System) con el cual se realizó un análisis de varianza de los tratamientos utilizados. La separación de medias se hizo con el método TUKEY con un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ .



### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 PRODUCCIÓN**

Entre los tratamientos L1S1, L1S2 y L2S1 no hubo diferencias ( $P \leq 0.05$ ) con un promedio de 52,000 kg/ha, que fueron superiores ( $P \leq 0.05$ ) en 15,900 kg/ha al tratamiento L2S2. Los rendimientos obtenidos en los tratamientos L1S1, L1S2 y L2S1 superan los datos presentados para España a nivel de invernadero en 14,000 kg/ha.

Se observó que las plantas con el tratamiento L2S2 presentaban una clorosis o resequedad de la mayor parte de las hojas desde el inicio de producción que se atribuye al exceso de drenaje que presentó el sustrato arena.

Todos los tratamientos se vieron afectados por una mala polinización temprana, que provocó que en 30 cm de tallo no se presentara fructificación lo cual alargó el ciclo del cultivo. Esto se resolvió colocando colmenas de abejas dentro del macro túnel para mejorar la polinización.

#### **3.2 DRENAJE**

De acuerdo a Resh (1997) los sustratos finos, como el testigo, deben tener un drenaje no menor al 30% del volumen aplicado, para asegurar un lavado continuo y evitar una acumulación de sales. Con base en esto, el porcentaje de drenaje de L1S1 y L2S1 en las tres etapas del cultivo no es suficiente y presenta un peligro para el futuro.

Por el contrario el drenaje de los medios arena (L1S2 y L2S2) en las tres etapas del cultivo es mucho mayor al recomendado por Resh (1997) (Cuadro 5). La arena debería ser manejada con mayor número de turnos por ciclo de riego para evitar el exceso de drenaje, mientras que la lámina en el sustrato testigo se le debería aumentar el volumen de agua por turno de riego.

Cuadro 5. Promedio de porcentaje de drenaje por etapa en la producción de pepino en condiciones de macro túnel, El Zamorano, Honduras.\*

Tratamiento	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Lámina testigo y sustrato testigo (L1S1)	11 <sup>a</sup>	12 <sup>ac</sup>	22 <sup>a</sup>
Lámina testigo y arena (L1S2)	20 <sup>b</sup>	20 <sup>ab</sup>	26 <sup>a</sup>
Lámina reducida y sustrato testigo (L2S1)	15 <sup>ab</sup>	7 <sup>abc</sup>	7 <sup>b</sup>
Lámina reducida y arena (L2S2)	39 <sup>c</sup>	28 <sup>bd</sup>	24 <sup>a</sup>

\*Porcentajes con letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ).

El drenaje de los tratamientos con lámina testigo (L1S1 y L1S2) tuvieron una tendencia. El drenaje del tratamiento L1S2 fue 15% más que el de L1S1. Que exista mayor drenaje en arena se debe a la alta macro porosidad de ésta, mientras que el bajo drenaje en el sustrato testigo actual Zona III se atribuye a que existe mayor retención de agua por el compost (Figura 1).

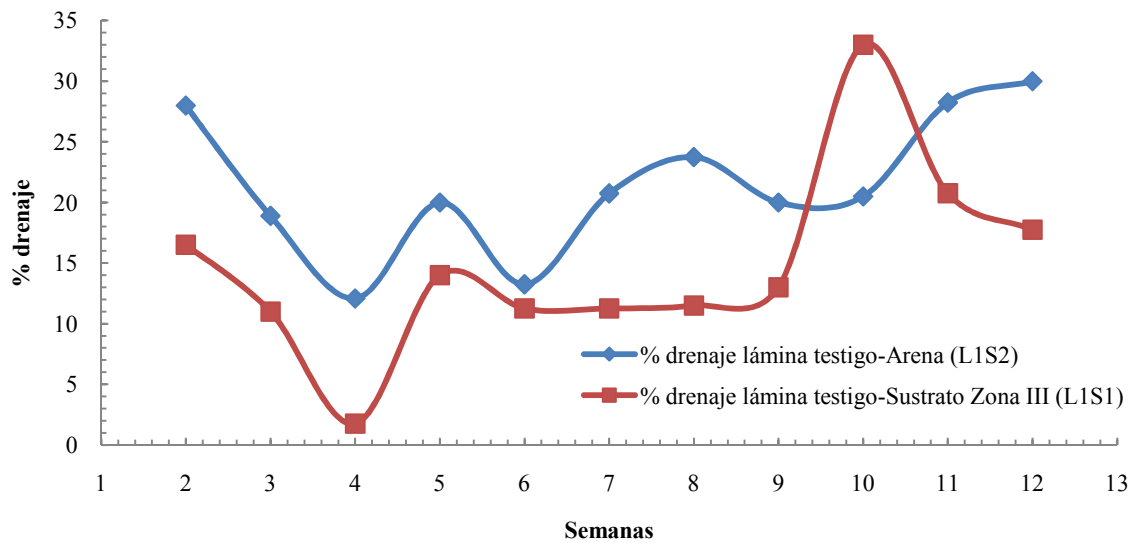


Figura 1. Drenaje obtenido con la lámina testigo con arena y sustrato testigo actual Zona III en la producción de pepino, El Zamorano, Honduras.

El drenaje de los tratamientos L2S1 y L2S2 tuvo una tendencia, con un 19% promedio más de drenaje en el L2S2 (Figura 2).

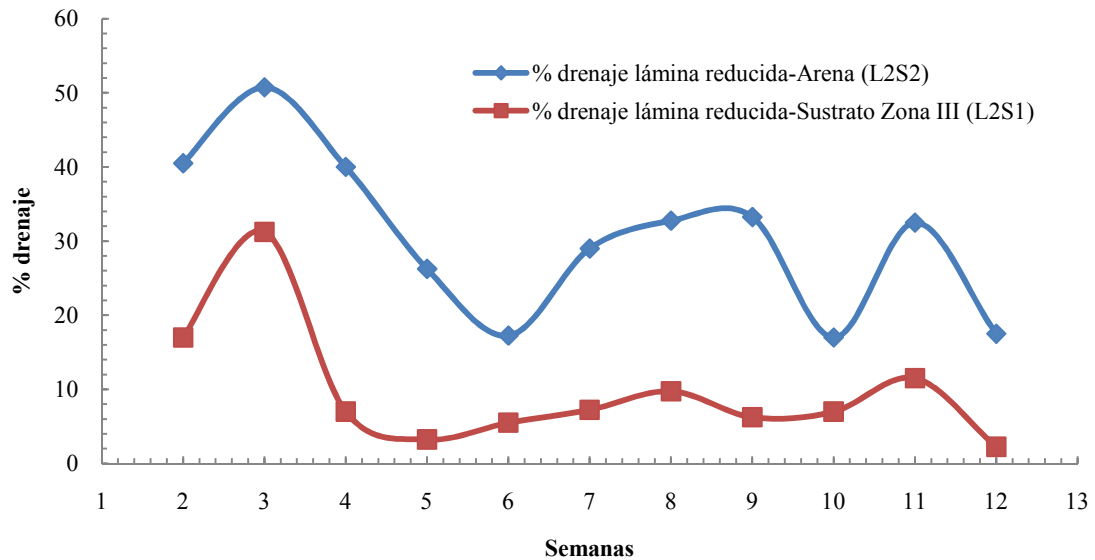


Figura 2. Drenaje obtenido con la lámina reducida con arena y sustrato testigo actual Zona III en la producción de pepino, El Zamorano, Honduras.

### 3.3 TEMPERATURA

Otro factor que afecta los rendimientos de pepino es la temperatura del ambiente. La temperatura óptima para producción de pepino es 25 °C, y buena intensidad de luz. Por arriba de 35 °C se observan desequilibrios en las plantas, mientras debajo de 17 °C se ocasionan malformaciones en hojas y frutos. A temperaturas menores de 14 °C se detiene el crecimiento, y si se mantiene dicha temperatura, pueden abortar sus flores (Ortiz *et al* 2008). La temperatura en el macro túnel osciló entre 22 y 43 °C; la época con las temperaturas más altas fue del 15 de Junio al 9 de Julio con un promedio de 37 °C, mientras que el resto del tiempo el promedio estuvo en 29 °C (Anexos 1, 2 y 3). Las plantas no tuvieron problemas con frío, pero sí pudieron tener problemas por las altas temperaturas presentadas durante 25 días al inicio del ciclo.

### 3.4 COMPARACIÓN DE LÁMINAS APLICADAS Y EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

Con los datos climáticos de la estación se calculó la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y utilizando el coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>) de pepino (FAO 2006), se determinó la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) para compararla con las láminas aplicadas en el ensayo.

En la primera fase del cultivo la lámina testigo y la reducida, son inferiores a la demanda hídrica del cultivo determinada por la ET<sub>c</sub>, lo que sugiere un estrés hídrico en el cultivo en esta fase. En la segunda fase la lámina testigo cubre la demanda hídrica, mientras que la lámina reducida es menor que la ET<sub>c</sub>, esto explica el estrés hídrico que presentaban las

plantas en los tratamientos de arena y lámina reducida, reflejados en una resequead de las hojas. En la última fase del cultivo la lámina testigo suplió la demanda hídrica y en los últimos cinco días la excedió, mientras que la lámina reducida no cubrió la ETc (Figura 3).

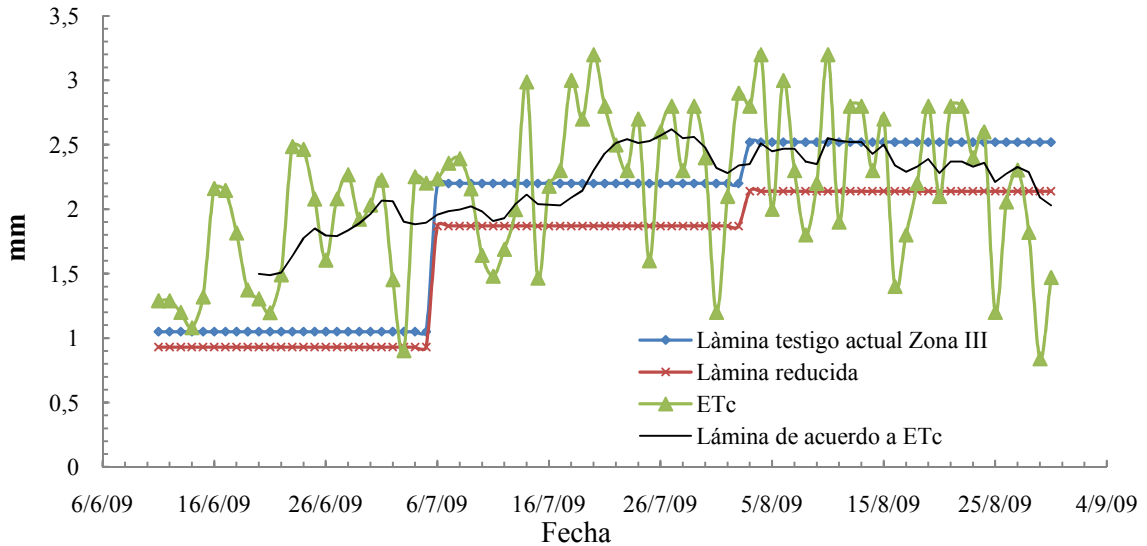


Figura 3. Comparación de la ETc, la lámina actual Zona III y la lámina reducida para producción de pepino, El Zamorano, Honduras.

La evapotranspiración del cultivo (ETc) es un buen indicador para elegir una lámina de agua adecuada para la producción de pepino bajo macro túnel, tomando en cuenta el drenaje de los sustratos y estableciendo los turnos de riego necesarios para tener un lavado de sales o no incurrir en un exceso de drenaje. Se sugiere dividir el ciclo del cultivo en seis fases y aplicar el riego de acuerdo a la demanda hídrica en cada una.

### 3.5 SUSTRATOS

El análisis químico realizado al inicio del ensayo mostró altos valores de potasio, fósforo, hierro, manganeso y zinc, medios de calcio, bajos de magnesio y cobre y niveles normales de sodio en el sustrato testigo, por lo cual un drenaje inadecuado como el que se presentó en el ensayo puede ocasionar problemas de desbalances nutricionales (Anexo 6 y 7).

Con las curvas de retención de humedad que se realizaron en laboratorio se obtuvieron los volúmenes de agua en L/contenedor a punto de marchitez permanente, capacidad de campo y saturación (Cuadro 6). Esto permitió determinar la lámina de agua de acuerdo con la capacidad máxima de retención de humedad de los sustratos, que estuvo cercana en los dos casos: con 1.8 L en arena y 2.0 L en el sustrato testigo. En cambio el volumen de agua gravitacional fue de 0.3 L para la arena y 1 L para el sustrato testigo.

Cuadro 6. Volúmenes de agua en los sustratos (basado en un contenedor de 15 L) en la producción de pepino bajo macro túnel, El Zamorano, Honduras.

% humedad y volumen de agua	Arena	Testigo
% humedad pmp ( 15 atm)	8.3	17.8
% humedad cc (0.3 atm)	20.0	31.4
% humedad sat (0.03 atm)	22.3	37.9
% agua gravitacional	2.3	6.5
% agua disponible	11.7	13.6
% agua total	14.0	20.1
Volumen agua total L	2.1	3.0
Volumen agua gravitacional/ L	0.3	1.0
Volumen agua disponible/ L	1.8	2.0

pmp : Punto de marchitez permanente cc : Capacidad de campo sat : Saturación

### 3.6 RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

El mayor ingreso neto lo tuvo el tratamiento L1S1 con US\$ 8,309 y el más bajo lo tuvo L2S2 con US\$ 4,837 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Ingreso neto en US\$/ha, para la producción de pepino en condiciones de macro túnel, El Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Costo sustrato	Costo fertilizantes	Ingreso bruto	Ingreso neto
Lámina testigo y sustrato testigo	2,359	861	11,529	8,309
Lámina testigo y arena	1,884	861	10,143	7,399
Lámina reducida y sustrato testigo	2,359	861	11,088	7,868
Lámina reducida y arena	1,884	861	7,581	4,837

#### **4. CONCLUSIONES**

- El tratamiento con lámina reducida y arena presentó el rendimiento más bajo. Los otros tratamientos no mostraron diferencias significativas entre si.
- El porcentaje de drenaje en el sustrato testigo no fue suficiente lo cual puede generar acumulación de sales en los siguientes ciclos de cultivos, mientras que en arena el drenaje fue excesivo lo que puede ocasionar una pérdida de fertilizante.
- La lámina reducida siempre fue menor que la demanda hídrica.
- La lámina testigo fue inferior a la demanda hídrica en la primera etapa y la primera mitad de la segunda etapa; después fue superior.
- El mayor ingreso neto lo tuvo el tratamiento con lámina testigo con sustrato testigo y el menor, la combinación de lámina reducida con sustrato arena.

## **5. RECOMENDACIONES**

- No utilizar la lámina reducida con arena ya que tienen un rendimiento bajo.
- Aumentar la lámina de riego con el sustrato testigo hasta obtener un drenaje del 30%.
- Utilizar una lámina de riego de acuerdo a la demanda hídrica real obtenida en el ensayo, asegurando un drenaje adecuado.

## 6. LITERATURA CITADA

Arévalo, G. y C. Gauggel. 2009. Manual de prácticas, curso de manejo de suelos y nutrición vegetal. Escuela Agrícola Panamericana.

Aroche Morales, H. 2001. Evaluación agro económica de tres tamaños de bolsa con sustratos y tres frecuencias de riego en la producción de tomate bajo condiciones de macro túnel en Zamorano. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 46 p.

Egas Argüello, A. 2002. Evaluación agro económica de dos tamaños de bolsa con sustrato y cuatro métodos de riego en la producción de tomate bajo condiciones de macro túnel en Zamorano. Tesis. Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 63 p.

FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las naciones para la agricultura y la alimentación. 323 p.

FAOSTAT, 2009. Rendimiento de pepino kg/ha. Organización de las naciones para la agricultura y la alimentación. Consultado 26 de octubre 2009. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

Hartman H. y D. Kester. 2002. Plant propagation principles and practices. Pearson Education Inc. Upper saddle river, New Jersey. 873 p.

Hasing Rodríguez, T. 2002. Evaluación agro económica de cuatro programas de fertilización y dos sustratos en tomate ( *Lycopersicum esculentum* ) bajo macro túnel en Zamorano. Tesis. Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 68 p.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, ES. 2003. Anuario de estadística agroalimentaria. Consultado 13 octubre 2009. Disponible en: [http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/Anu\\_04/indice.asp?parte=2&capitulo=11](http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/Anu_04/indice.asp?parte=2&capitulo=11)

Mondoñedo, J., F. Kirchner y J. Medina. 1983. Cucurbitáceas, Manual para educación agropecuaria. Editorial Trillas, México. 56 p.

Montes, A. 1997. Cultivos de hortalizas en el trópico, Escuela Agrícola Panamericana. 208 p.



Ortiz, H., V. Enríquez., S. De la Rosa., M. Dávila y O. Leyva. 2008. Evaluación de variedades de pepino en invernadero en el estado de Veracruz. Tesis Ing. Agr. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de Córdoba, Veracruz. Mexico. Consultado 13 de octubre 2009. Disponible en: <http://www.hortalizas.com/pdh/?storyid=1450>

Programa de Diversificación Económica Rural (USAID-RED) 2005. Programa de Fertilización Pepino.

Resh, H. 1997 . Cultivos Hidropónicos, Ediciones Mundi Prensa, Madrid. 509 p.

Suslow T. y M. Cantwell. 2007. Pepino, recomendaciones para mantener la calidad en post cosecha. Department of Vegetables Crops, University of California, Davis. Consultado 13 de octubre 2009. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Pepino.shtml>

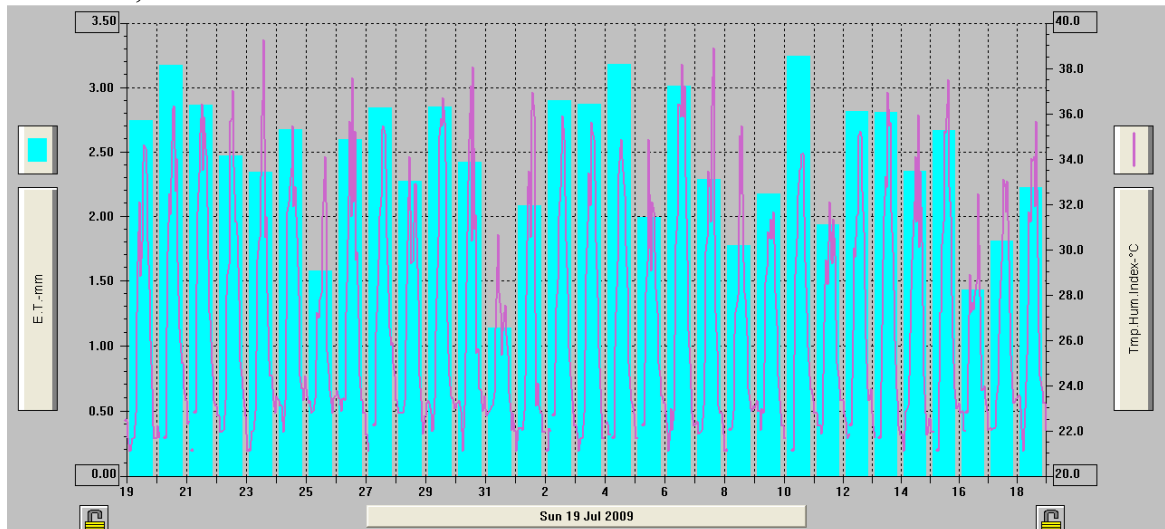
Wallace, A. y R. Terry. 1998. Handbook of soil conditioners, substances that enhance the physical properties of soil. Marcel Dekker Inc. USA. 575 p.

## 7. ANEXOS

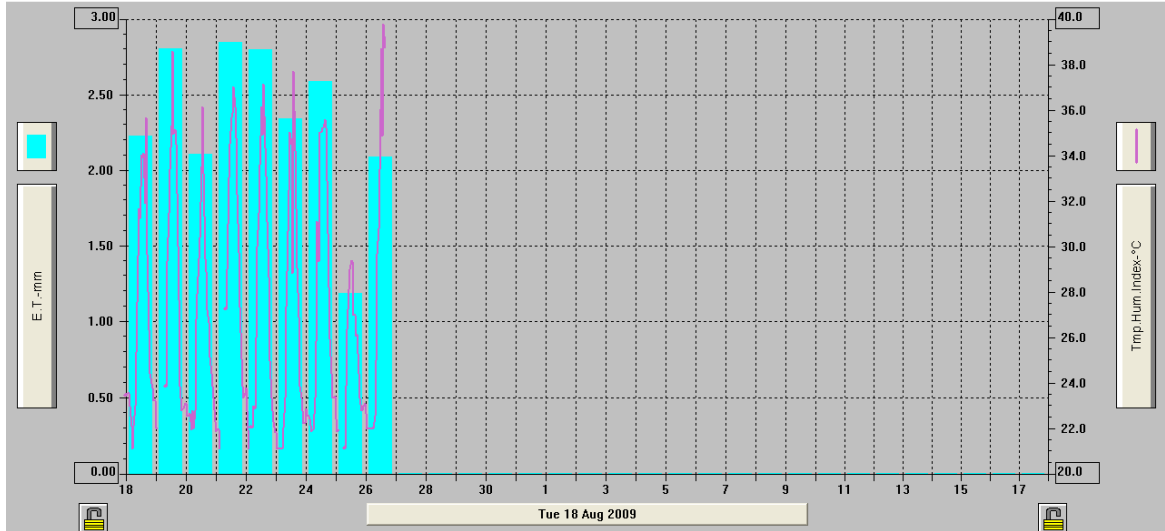
Anexo 1. Evapotranspiración y temperatura del 19 de Junio al 19 de Julio de 2009, El Zamorano, Honduras.



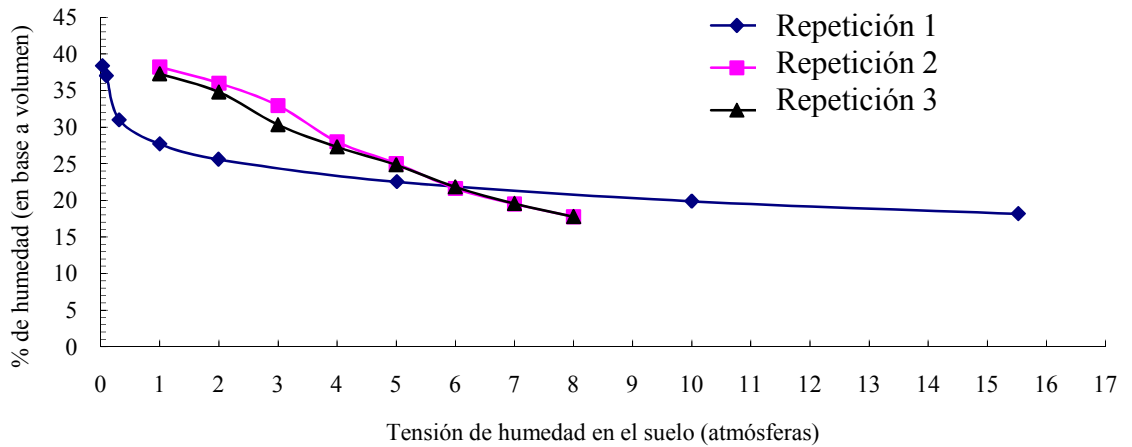
Anexo 2. Evapotranspiración y temperatura del 19 de Julio al 18 de Agosto de 2009, El Zamorano, Honduras.



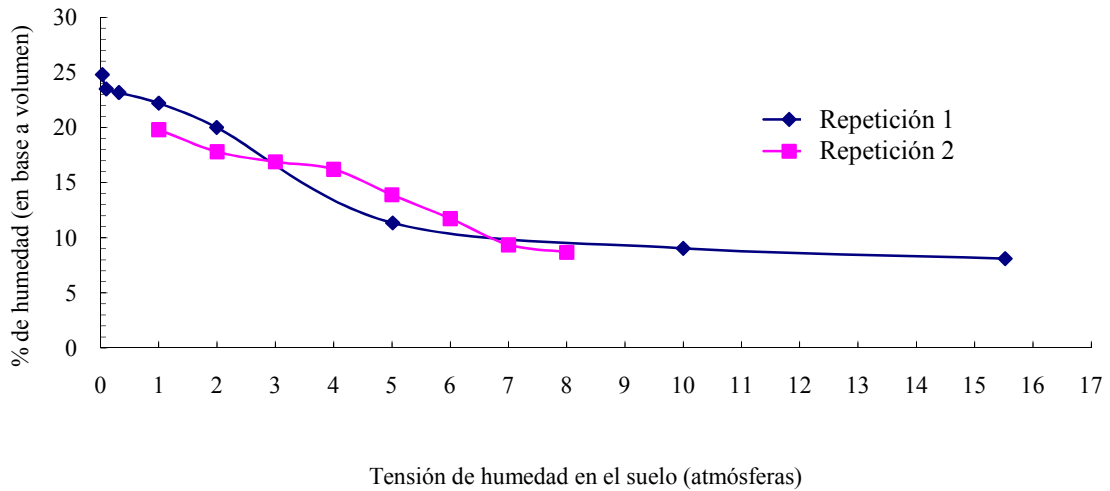
Anexo 3. Evapotranspiración y temperatura del 18 de Agosto al 27 de Agosto de 2009, El Zamorano, Honduras.



Anexo 4. Curva de retención de humedad del sustrato testigo (compost 50%, arena 38%, casulla de arroz 12%, basado en volumen), El Zamorano, Honduras.



## Anexo 5. Curva de retención de humedad del sustrato arena, El Zamorano, Honduras.



## Anexo 6. Análisis de sustratos con método Pasta Saturada, El Zamorano, Honduras.

Muestra	pH	mmhos/cm	mg/kg (soluble en agua)									
		C.E.	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Testigo	6.12	4.93	46	7	106	255	45	30	0	0	0.15	0
Arena	6.37	2.05	3	1	38	87	13	20	0	0.00	0.09	0

Fuente: Laboratorio de suelos. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

## Anexo 7. Análisis de sustratos con solución extractable con Mehlich 3, El Zamorano, Honduras.

Muestra	pH (H <sub>2</sub> O)	%		mg/kg (Extractable en Mehlich 3)								
		M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Sustrato Zona Tres	6.12	4.45	0.22	250	864	2230	250	213	1.5	243	174	7.2
Arena	6.37	0.58	0.03	25	334	910	110	183	0.7	68	65	1.7

Fuente: Laboratorio de suelos. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.