

**Evaluación de los residuos picados de Eastern  
Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) como  
alternativa de sustrato a la Perlita para el  
cultivo de pepino en hidroponía, en la  
Universidad de Kentucky, EE. UU.**

**Josselin Anabela Vásquez Sevilla**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Honduras**  
Octubre, 2014

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN AMBIENTE Y DESARROLLO

**Evaluación de los residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) como alternativa de sustrato a la Perlita para el cultivo de pepino en hidroponía, en la Universidad de Kentucky, EE. UU.**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Josselin Anabela Vásquez Sevilla**

**Zamorano, Honduras**

Octubre, 2014

**Evaluación de los residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) como alternativa de sustrato a la Perlita para el cultivo de pepino en hidroponía, en la Universidad de Kentucky, EE. UU.**

Presentado por:

Josselin Anabela Vásquez Sevilla

Aprobado:

---

Gloria E. Arévalo, M.Sc.  
Asesora principal

---

Laura Elena Suazo, Ph.D.  
Directora  
Departamento de Ambiente y  
Desarrollo

---

Shubin K. Saha D.P.M, Ph.D  
Asesor

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Lee Meyer, Ph.D.  
Asesor

**Evaluación de los residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) como alternativa de sustrato a la Perlita para el cultivo de pepino en hidroponía, en la Universidad de Kentucky, EE. UU.**

**Josselin Anabela Vásquez Sevilla**

**Resumen:** Se probó un sustrato a base de un árbol local Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*), un pino abundante en el estado de Kentucky. Estudios previos usaron sustratos a base de este en la producción en viveros. El fin del estudio fue reducir costos de producción y ayudar a reducir la problemática ambiental generada por el uso de sustratos sintéticos como la perlita.

La perlita es uno de los sustratos más usados, sin embargo el uso de este sustrato implica un alto costo de importación para los agricultores. El uso de residuos picados del árbol maderable Eastern Red Cedar tras el desarrollo del estudio resultó ser más eficiente, la cantidad de agua retenida fue ligeramente superior, no se encontró diferencia en la producción y se obtuvo un índice de rentabilidad más alto debido al bajo costo del Eastern Red Cedar.

**Palabras claves:** Hidroponía sostenible, *Juniperus virginiana L.*, orgánico.

**Abstract:** We tested a substrate based on a local tree Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*). Previous studies used substrates in nursery production. The purpose of the study was to reduce production costs and help reduce environmental problems caused by the use of synthetic substrates such as perlite.

Perlite is one of the substrates used; however the use of this substrate involves a high cost of importation for the farmers. The use of Eastern Red Cedar after the development of the study proved more efficient, the amount of retained water was slightly higher, no difference was found in the production and the highest rate of return due to the low cost of Eastern Red Cedar is obtained.

**Keywords:** Sustainable hydroponics, *Juniperus virginiana L.*, organic.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos .....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>13</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>15</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>17</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Características físicas y químicas a los sustratos perlita y residuos picados de Eastern Red Cedar ( <i>Juniperus virginiana L.</i> ).....	3
2.	Riego, drenaje y consumo de agua del cultivo de pepino en hidroponía en invernadero en la Universidad de Kentucky, EE.UU.....	6
3.	Cosecha, número y peso de los frutos por planta en la producción de pepino en hidroponía en invernadero en la Universidad de Kentucky, EE.UU.....	7
4.	Producción de pepino en hidroponía en (kg m <sup>2</sup> ) en invernadero en la Universidad de Kentucky, EE. UU.....	7
5.	Costos de producción de pepino en hidroponía en invernadero.....	8
6.	Costos fijos depreciados de equipo y materiales usados para la producción de pepino en hidroponía en invernadero en la Universidad de Kentucky, EE.UU.....	9
7.	Análisis financiero basado en costos variables de la producción de pepino en hidroponía con el uso de los sustratos perlita y residuos picados de Eastern Red Cedar ( <i>Juniperus virginiana L.</i> ) en la granja experimental en la Universidad de Kentucky EE.UU.....	11
8.	Ganancia neta comparativa en la producción de pepino en hidroponía, usando residuos picados de Eastern Red Cedar ( <i>Juniperus virginiana L.</i> ) como sustrato sustituto a la perlita.....	12
Anexos		Página
9.	Análisis de las propiedades físicas del Eastern Red Cedar ( <i>Juniperus virginiana L.</i> ).....	17
10.	Análisis de pH y sales solubles del Eastern Red Cedar ( <i>Juniperus virginiana L.</i> ).....	18
11.	Análisis de las propiedades físicas de la perlita.....	19

# 1. INTRODUCCIÓN

La industria de la hidroponía, el cultivo sin suelo como medio de aprovechamiento de nutrientes, los cuales son brindados a la planta mediante un medio acuoso. Ha tenido un crecimiento sustancial durante los últimos 50 años, el desarrollo de nuevas tecnologías y el aumento de la preocupación ambiental por la conservación de suelos han desarrollado e impulsado el uso de hidroponía en ciertos cultivos, cuyo precio en el mercado justifique los costos de producción bajo este sistema. En Estados Unidos durante los últimos 20 años han mejorado las tecnologías de manejo de hidropónicos en invernaderos, con el fin de romper estacionalidad de productos y garantizar la producción de alimentos durante todo el año, eliminando la limitante de cambio de temperaturas y estaciones en la producción de alimentos (Jensen SF).

La producción de pepinos en hidroponía en invernaderos es común en Estados Unidos; el pepino se encuentra entre los cinco vegetales más producidos bajo invernadero. El ciclo del pepino es corto comparado con la producción de solanáceas y posee el valor comercial suficiente que justifica los gastos de producción bajo invernadero. La producción de pepinos requiere diferentes actividades de trabajo para el desarrollo adecuado de los mismos, con el fin de evitar problemas relacionados a la siembra, trasplante, poda, manejo de plagas y cosecha (Hochmuth 2011a).

La selección del tipo de sustrato a usar en la producción de hidropónicos es de suma importancia debido a que el sustrato estará en contacto directo con la raíz del cultivo. El uso de un nuevo sustrato implica una serie de análisis que garantice que el mismo no posee características químicas que puedan causar toxicidad al cultivo, además se debe garantizar que el nuevo sustrato posea características físicas que no limiten el desarrollo del mismo.

Dentro de las características físicas más importantes a considerarse en el sustrato están; el tamaño de las partículas para garantizar la porosidad y con esto la oxigenación de la raíces, la retención de agua para mantener la humedad de la raíces y evitar deshidratación en el cultivo (Samadi 2011) (Schon and Compton 1997).

El Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) es un árbol común en el estado de Kentucky y en toda la región de los Grandes Llanos de Estados Unidos. Este tipo de pino es usado como fuente de madera para la construcción de muebles. Esta industria genera una gran cantidad de residuos al trabajar con la madera, los fueron usados como sustrato en cultivos hidropónicos. Este sustrato basado en residuos picados de Eastern Red Cedar, si se logra demostrar que se puede usar como sustrato para la producción de pepino, será eficiente como un nuevo sustrato local en lugar de la perlita con el fin de reducir los

costos de importación. Este material no tiene un costo de producción como sustrato, debido a que es un sub producto. Únicamente se incurre en costos de empaque y transporte y al ser un sustrato totalmente orgánico es más amigable con el medio ambiente y la producción de hidropónicos es más eficiente (Starr *et al.* 2012).

La perlita es uno de los sustratos más usados a nivel mundial, está formado por roca de origen volcánica, que tras la intervención antropogénica, es convertida en uno de los sustratos que garantiza a mayor escala el desarrollo óptimo de los cultivos.

Las mayores reservas de perlita en el mundo se encuentran en Grecia y en Sur- Oeste de Estados Unidos, lo que implica para un estado como Kentucky, localizado en el Sur- Este de Estados Unidos, incidir en costos de importación de perlita con el fin de satisfacer la demanda de sustrato para cultivos en hidroponía existente en el estado (Thomas and Thomas 2000).

El manejo de la perlita debido a las altas temperaturas a la que es sometida para un proceso de expansión en la actividad agrícola dificulta su manipulación causando enfermedades respiratorias al no usar el equipo de protección adecuado. Al ser sometida a un proceso de expansión la ventaja que se obtiene es el alto porcentaje de retención de humedad y drenaje, de esa manera es usada como sustrato en la agricultura (Hall 2011).

Tras el proceso de expansión al que es sometido la perlita, su condición se ve afectada por la falta de un mecanismo para degradarse. En la actualidad no existe un proceso en el cual la perlita pueda ser degradada y debido a su naturaleza tampoco es biodegradable.

Los residuos de perlita, una vez terminado su ciclo en el cultivo, son incorporados muchas veces a suelos arcillosos con el fin de mejorar la textura; sin embargo, este proceso es usado a pequeña escala y no logra manejar todos los volúmenes producidos de perlita anualmente en Estados Unidos. La problemática ambiental radica en la necesidad de encontrar un medio por el cual los altos volúmenes de perlita generados por la industria de la hidroponía puedan dejar de producirse. El reciclaje de la perlita o el re uso no es una opción, las grandes cantidades de humedad que la perlita almacena son consideradas como un foco de contenido de hongos y bacterias, las cuales podrían afectar el desarrollo de los cultivos, reduciendo los niveles de producción (Chong 2005).

Este estudio buscó determinar si los residuos picados del árbol maderable Eastern Red Cedar pueden ser usados como sustrato sustituto a la perlita en la producción de pepino en hidroponía. Determinar si existe diferencia en la retención de humedad en los dos sustratos y también si el uso del sustrato a base de residuos picados de Eastern Red Cedar genera diferencia en la producción de pepino en hidroponía. Y realizar un análisis financiero con el fin de determinar la factibilidad de usar el sustrato a base de residuos picados de Eastern Red Cedar como sustrato alternativo a la perlita.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales.

Este estudio se realizó en el Invernadero número uno de la Granja de Investigación de Horticultura de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Kentucky, EE. UU.

Los sustratos utilizados fueron perlita de tamaño medio comparado con los residuos picados del árbol maderable Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*), cuyas propiedades se habían analizado en la Universidad de Carolina del Norte. Las características de los sustratos son similares en la concentración de sales pero diferentes en pH, sales solubles, poros totales y espacio de aire (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características físicas y químicas a los sustratos perlita y residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*).

Sustrato	pH	Sales solubles dS/m	Poros totales % vol.	Espacio de aire % vol.
Perlita <sup>Ω</sup> (media)	5.43	0.03	82.40 ± 3.00	64.80 ± 3.60
Red Cedar	7.00	0.04	62.90	17.00

<sup>Ω</sup> Fuente: (Shaw *et all* 2004)

El estudio estuvo conformado por 48 plantas de pepino localizadas dentro de un invernadero de 82 m × 177 m. En el invernadero las condiciones climáticas fueron controladas, la temperatura dentro del invernadero se mantuvo entre 20 a 22 °C, la humedad fue controlada mediante el uso de ventiladores. Una vez germinadas las semillas fueron trasplantadas en bolsas plásticas de polietileno de tres litros de contenido previamente llenas con el sustrato. El sistema de riego usado fue de dos líneas, una para cada fila de plantas dentro del invernadero. El sistema de riego fue por goteo, con una distancia entre gotero de 9.4 cm, cada bolsa recibió riego de dos goteros con un caudal de 1.89 litros por hora. El sistema de fertilización fue por medio del riego controlado y programado automáticamente. Se usaron tres tanques; el primero con una solución de fertilizante de 5-11-36 por volumen, el segundo con una solución de calcio y el tercero con una solución de ácido.

**Métodos.** Para el desarrollo del proyecto se buscó información acerca de posibles alternativas de sustrato para la perlita, que fueran locales con menor impacto sobre el

deterioro ambiental y con un costo de producción bajo. Se eligió un tipo de semilla híbrida Verdon, la cual tiene altos niveles de producción. Una vez elegido el Eastern Red Cedar como el sustrato a probarse, se realizaron análisis físicos y químicos del sustrato en la Universidad de Carolina del Norte, con el fin de determinar si cumplía con los requerimientos para poder ser usado como sustrato en la producción de pepinos en hidroponía<sup>1</sup>.

Las semillas fueron plantadas en fuentes de germinación en sustrato Jiffy Mix y se mantuvieron en una cámara de germinación a una temperatura de 26.67 °C durante 15 días. Se dispusieron las 48 bolsas en el invernadero, cada bolsa fue llenada con uno de los dos diferentes sustratos, colocadas entre las filas guardias y se adaptó el sistema de riego para cada planta. Después de los 15 días de germinación se realizó el trasplante en el invernadero, una vez trasplantadas las plántulas se realizó actividades culturales como poda y tutorado cada vez que el cultivo lo requirió, la cosecha y la post cosecha se realizó dos meses después del trasplante. Para la cosecha los frutos fueron clasificados en tipo uno y tipo dos; el tipo uno correspondió a frutos limpios y erguidos, mientras que el fruto dos podría tener una ligera curvatura o ligeras manchas por plagas.

Las actividades post cosecha incluyeron cortar el pedúnculo que une al fruto con la planta y retirar la flor que se encuentra en la parte inferior del fruto con el fin de entregarlo completamente limpio al mercado. Una vez obtenidos los datos de cosecha, tras cuatro meses de duración del estudio, se extrapolaron los datos obtenidos a una densidad comercial, basada en cinco plantas por metro cuadrado. La extrapolación de información se realizó con el fin de comparar los datos obtenidos con producciones comerciales reales.

**Variables.** Las variables analizadas fueron: producción basada en el número de frutos por tratamiento, peso de los frutos por planta y los desperdicios basados en calidad de frutos por planta.

Análisis de presupuesto parcial: basado en costos variables, debido a que los costos de producción se mantuvieron constantes. Al estar bajo las mismas condiciones en invernadero los dos sustratos, no fue necesario usar análisis estadístico para determinar diferencia en la rentabilidad del proyecto. Durante el análisis de presupuesto parcial se usó el promedio de producción de las cuatro repeticiones.

**Tratamientos.** El estudio estuvo compuesto por dos tratamientos: uno con el sustrato perlita y otro con el sustrato de residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) para la producción de pepino en hidroponía.

**Diseño experimental.** El diseño experimental fue de bloques completamente alzar con dos tratamientos con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo formada por

---

<sup>1</sup> Saha Shubin K. Assistant Extension Professor, Vegetable Crops Department of Horticulture. Comunicación oral.

seis plantas, cada una como unidad observacional, para un total de 48 plantas involucradas en el estudio. Se considera una unidad observacional a una planta en una bolsa.

**Análisis estadístico.** Se realizó un análisis de varianza ANDEVA con una separación de medias mediante el método de Duncan  $P < 0.05$  con el uso del programa SAS 9.1.14

**Análisis de costo.** Se puede referir al estudio planteado por Daniela Verónica Vera 2014, acerca del “Análisis de costo de la sustitución de la perlita por Eastern Red Cedar en la producción de pepino en hidroponía: Caso Kentucky”.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las propiedades hídras de retención de humedad y capacidad para drenar en los sustratos perlita y residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) fueron similares, ya que se determinó que con un riego de 4.9 L semana<sup>-1</sup> por planta, drenaron el 26 y 23% del agua de riego en la perlita y los residuos picados de Eastern Red Cedar respectivamente. La perlita presentó una retención de humedad de 74% mientras que en los residuos picados de Eastern Red Cedar esta variable fue del 77.69% (Cuadro 2).

La porosidad se refiere al contenido de poros en un sustrato; el clima, tipo de cultivo, nivel freático y riego son factores que determinaron la importancia de los poros. Un sustrato ideal se refiere a aquel que posea una alta capacidad de infiltración grande y percolación media, lo cual beneficia el desarrollo del cultivo proporcionando soporte a la raíces y las condiciones óptimas de presencia de humedad (Rucks *et al.* 2004).

Cuadro 2 Riego, drenaje y consumo de agua del cultivo de pepino en hidroponía en invernadero en la Universidad de Kentucky, EE.UU.

Sustrato	L. Semana <sup>-1</sup> . planta			L. m <sup>-2</sup> . semana <sup>-1</sup>			% de Humedad retenida
	Riego	Drenaje	Retención	Riego	Drenaje	Consumo + Retención	
Perlita	4.9	1.3	3.6	26.0	6.8	19.2	74.0
Red Cedar	4.9	1.1	3.8	26.0	5.8	20.2	77.6

Basado en 5.3 plantas.m<sup>-2</sup>

En México, se probó el uso de los restos de madera de pino y Oyamel, los cuales presentaron un buen porcentaje de retención de humedad, es decir la retención de agua por parte del sustrato fue similar a la de la perlita, la cual se usó para comparar las propiedades físicas del aserrín (Espinosa 2006).

Los residuos picados del Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) presentan características físicas similares al aserrín usado en este estudio.

La producción de frutos no tuvo variación al usar los dos sustratos, con respecto al número de frutos y a su peso. Los indicadores estadísticos muestran que los datos obtenidos en la cosecha se ajustan al modelo estadístico planteado, debido a que los valores de R<sup>2</sup> son altos y el coeficiente de variación es bajo (Cuadro 3).

Estudios previos con sustratos orgánicos como la corteza de pino, buscaban disminuir la carga de contaminación ambiental generada por el uso de sustratos no biodegradables. En ellos no hubo diferencia significativa en los datos obtenidos de cosecha, con respecto al uso de perlita en producción de pepinos en hidroponía por lo que la perlita podía ser sustituida por la corteza de pino (Shaw *et al.* 2004).

Cuadro 3. Cosecha, número y peso de los frutos por planta en la producción de pepino en hidroponía en invernadero en la Universidad de Kentucky, EE.UU.

Tratamiento	Frutos. planta <sup>-1</sup>			kg.planta <sup>-1</sup>		
	Tipo 1 <sup>β</sup>	Tipo 2 <sup>θ</sup>	Desperdicios	Tipo 1 <sup>β</sup>	Tipo 2 <sup>θ</sup>	Desperdicios
Perlita	16.00	5.25	1.66	0.53	0.52	0.31
Red Cedar	15.50	5.75	2.30	0.51	0.52	0.36
R <sup>2</sup>	0.75	0.84	0.73	0.78	0.41	0.83
CV	8.07	16.60	15.77	2.35	8.00	20.41
Pr	0.27	0.14	0.30	0.23	0.73	0.23
F	2.25	4.05	2.00	2.58	0.52	3.33
	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>β</sup> Tipo 1. Frutos con un diámetro mayor o igual a 6 cm y totalmente erguidos

<sup>θ</sup> Tipo 2. Frutos con un diámetro menor a 6 cm y con ligera curvatura

La producción comercial extrapolada a una densidad de 5.3 plantas m<sup>-2</sup>, obtenida durante este estudio fue de 33.7 kg m<sup>-2</sup> en perlita y 31.9 kg m<sup>-2</sup> en el sustrato de residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) sin diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 4). En un experimento realizado en la ciudad de México, se pudo observar que con un total de nueve plantas útiles m<sup>-2</sup>, se obtuvo un rendimiento de 19.62 kg m<sup>-2</sup> (Cereceres *et al.* 2009).

Cuadro 4. Producción de pepino en hidroponía en (kg m<sup>2</sup>) en invernadero en la Universidad de Kentucky, EE. UU.

Sustrato	Producción kg.m <sup>-2</sup>				% Desperdicios
	Tipo 1 <sup>β</sup>	Tipo 2 <sup>θ</sup>	Comercial	Desperdicios	
Perlita	25.7	8.0	33.7	1.9	5.7
Red Cedar	23.3	8.6	31.9	2.4	7.4

Basado en 5.3 plantas.m<sup>-2</sup>

<sup>β</sup> Tipo 1. Frutos con un diámetro mayor o igual a 6 cm y totalmente erguidos

<sup>θ</sup> Tipo 2. Frutos con un diámetro menor a 6 cm y con ligera curvatura

La diferencia de los resultados obtenidos en Kentucky comparados con los resultados obtenidos en México, se puede deber a varios factores, uno de ellos es la variedad de pepino usada, en México fue Monarch, mientras que la variedad usada en Kentucky fue Verdon.

Verdon es una variedad cuyos frutos tienden a ser más grandes, asegurando una mayor producción debido al peso obtenido por fruto, mientras que Monarch presenta frutos de menor tamaño (Robles SF).

El análisis financiero resultó favorable a los residuos picados del árbol maderable Eastern Red Cedar ya que se apreciaron los costos variables y los costos de producción fueron iguales (Cuadro 5 y 6), siendo menores al usar el sustrato a base de residuos picados de Eastern Red Cedar (Cuadro 7).

Cuadro 5. Costos de producción de pepino en hidroponía en invernadero.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Ácido sulfúrico galón	1.0	17.5	17.5
Análisis foliar	1.0	22.0	22.0
Bolsas de 3g	48.0	0.2	7.7
Fertilizante 5-11-26 ( lb)	100.0	1.6	164.0
Semillas de pepino	200.0	0.2	44.0
<b>Total costos fijos</b>			<b>255.2</b>
<b>Total costos fijos unitarios</b>			<b>2.7</b>

Cuadro 6. Costos fijos depreciados de equipo y materiales usados para la producción de pepino en hidroponía en invernadero en la Universidad de Kentucky, EE.UU.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario/\$</b>	<b>Costo total/\$</b>	<b>Ciclo/año</b>	<b>Años</b>	<b>Cosechas</b>	<b>\$/ciclo</b>	<b>\$/ciclo/pl<sup>a</sup></b>
Irritol MC- 4E	1.0	354.3	354.3	3.0	3.0	9.0	39.4	0.4
Válvulas de medición de agua	2.0	89.9	179.9	3.0	3.0	9.0	20.0	0.2
Emisores de 0.5 gpm	48.0	0.7	34.6	3.0	3.0	9.0	3.8	0.0
Manguera para riego	1.0	37.0	37.0	3.0	3.0	9.0	4.1	0.0
Inyectores	1.0	15.0	15.0	3.0	3.0	9.0	1.7	0.0
Sujetadores para tutoreo	48.0	0.4	20.3	3.0	1.0	3.0	6.8	0.1
Clips para tutoreo (100)	1.0	8.5	25.5	3.0	1.0	3.0	8.5	0.1
Tijera para podar	1.0	19.8	19.8	3.0	1.0	3.0	6.6	0.1
Cuerda (carrete)	1.0	24.0	24.0	3.0	1.0	3.0	8.0	0.1
Bandejas para germinación	2.0	6.0	12.0	3.0	1.0	3.0	4.0	0.0
<b>Total</b>								<b>1.1</b>

pl<sup>a</sup> se refiere a planta

El costo de producción de un m<sup>2</sup> de pepino en hidroponía en perlita, basado en costos variables es de 28.7 dólares m<sup>-2</sup>, mientras que el de residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) es de 23.1 dólares m<sup>-2</sup>. Es decir el costo de producción de pepino con residuos picados de Eastern Red Cedar es menor que el de la perlita.

La rentabilidad obtenida en el sustrato perlita es de 138% mientras que en el sustrato de residuos picados de Eastern Red Cedar fue de 184%, presentando una mayor rentabilidad la producción de pepino en hidroponía.

Cuadro 7. Análisis financiero basado en costos variables de la producción de pepino en hidroponía con el uso de los sustratos perlita y residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) en la granja experimental en la Universidad de Kentucky EE.UU.

Sustrato	Costos (\$·pl <sup>-1a</sup> )				Producción		Precio de venta			Ganancia	Rentabilidad		
	Fijos	Variables	Total	\$·m <sup>-2</sup>	(\$·kg <sup>-1</sup> )		(\$·pl <sup>-1a</sup> )						
					Tipo 1 <sup>b</sup>	Tipo 2 <sup>c</sup>	Tipo 1 <sup>b</sup>	Tipo 2 <sup>c</sup>	Tipo 1 <sup>b</sup>	Tipo 2 <sup>c</sup>	Total		
Perlita	3.7	1.7	5.4	28.7	8.5	2.7	1.2	1.0	10.3	2.6	12.9	7.5	138.0
Red Cedar	3.7	0.6	4.4	23.1	7.9	3.0	1.2	1.0	9.6	2.9	12.4	8.1	185.6

<sup>a</sup> pl se refiere a planta

<sup>b</sup> Tipo 1. Frutos con un diámetro mayor o igual a 6 cm y totalmente erguidos

<sup>c</sup> Tipo 2. Frutos con un diámetro menor a 6 cm y con ligera curvatura

La ganancia neta al usar como sustrato perlita fue de 39.6 dólares  $m^{-2}$ , mientras que con los residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) fue de 42.8 dólares  $m^{-2}$ .

La diferencia entre producir con residuos picados de Eastern Red Cedar en lugar de perlita fue de 3.2 dólares  $m^{-2}$ , lo cual durante un año, con tres ciclos de producción se espera una ganancia de 96,922.7 dólares hectárea<sup>-1</sup> (Cuadro 8).

Cuadro 8. Ganancia neta comparativa en la producción de pepino en hidroponía, usando residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) como sustrato sustituto a la perlita.

Sustrato	\$.m <sup>-2</sup>	Diferencia entre sustratos		
		\$.m <sup>-2</sup>	\$.ha. ciclo	\$.ha <sup>-1</sup> .año
Perlita	39.6			
Red Cedar	42.8	3.2	32,307.6	96,922.7

Basado en 5.3 plantas.m<sup>-2</sup>

## 4. CONCLUSIONES

- El sustrato a base de residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) puede ser usado como sustrato sustituto a la perlita, como una iniciativa para reducir la problemática ambiental generada por el uso de sustratos no biodegradables.
- La retención de humedad de la perlita fue ligeramente inferior en comparación a la retención de humedad en el sustrato de residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*).
- No se encontró diferencia significativa en la producción de pepino en hidroponía, la perlita puede ser reemplazada por el sustrato de residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) sin variación en la producción.
- El análisis financiero muestra que es rentable usar los residuos picados de Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*) debido a que el costo del sustrato es menor, basado en los costos variables debido a que los costos fijos se mantuvieron en *ceteris paribus*.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar el mismo estudio con densidades comerciales con el fin de obtener valores de producción comercial directos, esto con el fin de evaluar la rentabilidad del sustrato en altas densidades.
- Realizar un estudio económico en el cual se involucren los costos de invernadero, consumo de energía, mano de obra.
- Realizar el mismo experimento con otros cultivos.
- Realizar el mismo experimento en otras épocas del año.

## 6. LITERATURA CITADA

- Ceceres, J., Sánchez, F., Mendoza, M., Torres, A., 2009. Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. México: Revista Fitotecnia. 32 (4): 289-294.
- Chong, C. 2005. Experience with waste and compost in nursery industry. Ontario: American society for Horticulture Science. Horticulture Technology Publications. 15:10 p.
- Espinosa, M. 2006. Evaluación del crecimiento de tres especies de árboles de navidad y análisis de sus costos de producción. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. México. 130 p.
- Hall, D. A. SF. Perlite Plant Guide. United Kingdom: The Perlite Institute Inc. Horticulture and Technology Publications. 7 p.
- Hochmunth. G.J. 2011b. Production Systems. Gainesville : University of Florida. Report of the Agriculture and Environment Department. 5 p.
- Hochmuth, R. C. 2011a. Greenhouse Cucumber Production. Gainesville: University of Florida. Department of Agriculture Journal. 6 p .
- Jensen, M. H. SF. Hydroponics woldwide- A Technical overview. Tucson, Arizona: University of Arizona. Department of Agriculture Reports. 12 p.
- Robles, P. E., & Espinosa, L. M. SF. *Hidroponía rústica*. México : Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 4p.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., de León, J. P., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas, Montevideo, Uruguay. Montevideo, Uruguay.
- Samadi, A. 2011. Effect of particle size distribution of Perlite and its mixture with Organic substrates on Cucumbers in hydroponic systems. (p 121-128). Urmia, Islamic Republic of Iran: Department of soil science, Collegue of Agriculture.
- Schon, M., M. Compton. 1997. Comparison of cucumbers grown in Rockwool and Perlite at two Leaching fractions. (p 30-34). ND: American Society for Horticultural science.

Shaw, N. L., Cantliffe, D. J., Funes, J. 2004. Successful Beit Alpha Cucumber production in the greenhouse using Pine Batk as an alternative soilless media. *HortTechnology*, 14:289-294.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de las propiedades físicas del Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana* L.).



Horticultural Substrates Laboratory  
 North Carolina State University  
 152 Kilgore Hall, Box 7609  
 Raleigh, NC 27695-7609  
 Phone (919) 515-5368  
 FAX (919) 513-3192



### Physical Property Analysis Using the NCSU Porometer

Sample ID	Date Run
Substrate Description	4/10/2014
Cedar chips	Client
	University of Kentucky

Rep	Total Porosity % vol	Container Capacity % vol	Air Space % vol	Bulk Density g/cc	Bulk Density lbs/cu ft	Initial Moisture Content %
1	82.7	18.0	64.7	0.14	8.7	15.9
2	78.6	18.2	60.4	0.14	8.9	
3	85.9	16.5	69.4	0.13	8.4	
Mean	82.4	17.6	64.8	0.14	8.7	
±	3.0	0.7	3.6	0.00	0.2	

  

Additional data useful for replicating analysis using the NCSU Porometer™								
Rep	Pack Wt.	Drainage	Wet Wt.	Dry Wt.	Dish Wt.	Core Wt.	Testing Mass Wetness	Testing Moisture Content
1	95.19	225	329.99	267.50	55.90	163.07	0.96	49.02
2	96.56	210	333.23	270.06	57.42	163.30	0.96	48.90
3	91.08	241	321.66	264.28	54.62	163.07	0.95	48.85
Mean	94.28	225.33	328.29	267.28			0.96	48.92
±	2.33	12.66	4.87	2.36				

Comments

All analyses using the NCSU Porometer™ were performed on a 28.3 cubic inch (347.5 cubic centimeter) sample in a three inch (7.6 cm) aluminum cylinder.

Anexo 2. Análisis de pH y sales solubles del Eastern Red Cedar (*Juniperus virginiana L.*)



Horticultural Substrates Laboratory  
North Carolina State University

152 Kilgore Hall, Box 7609

Raleigh, NC 27695-7609

Phone (919) 515-5368

FAX (919) 513-3192



pH and Soluble Salts

Substrate Description	Sample ID	Date Run	Rep.	pH	Soluble Salts (mmhos/cm)
Cedar chips		4/10/2014	1	5.6	0.03
			2	5.3	0.03
			3	5.4	0.04
			<b>Mean</b>	<b>5.43</b>	<b>0.03</b>
Biochar		4/10/2014	1	8.2	0.10
			2	8.1	0.11
			3	7.9	0.12
			<b>Mean</b>	<b>8.07</b>	<b>0.11</b>

All analyses were performed on 100 ml samples and extracted with 200 ml distilled water (1:2 extraction, by volume).

### Anexo 3. Análisis de las propiedades físicas de la perlita

Physical property <sup>z</sup>	Media type			
	Coarse perlite	Medium perlite	Pine bark	Sphagnum peat mix <sup>y</sup>
Bulk density <sup>x</sup>				
Dry (g·cm <sup>-3</sup> )	0.17	0.12	0.22	0.11
Wet (g·cm <sup>-3</sup> )	0.34	0.58	0.39	0.61
Moisture capacity (% vol.)	17.2	45.9	16.9	50.0
Gravimetric content (% dry wt)	102.3	387.6	75.3	443.5
Total porosity (%)	57.8	62.9	63.6	61.9
Air porosity (%)	40.6	17.0	46.7	11.9
pH	6.9	7.0	5.2	5.8
EC (μS·cm <sup>-1</sup> ) <sup>w</sup>	0.06	0.04	0.06	0.62

<sup>x</sup>Media depth = 17 cm (6.7 inches).

<sup>y</sup>3 sphagnum peat:1 coarse perlite:1vermiculite by volume (Cantliffe et al., 2003)

<sup>z</sup>1 g cm<sup>-3</sup> = 0.036 lb/inch<sup>3</sup>.

<sup>w</sup>1.0 μS·cm<sup>-1</sup> = 0.67 ppm total dissolved salts.

Fuente: (Shaw *et al.* 2004).