

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE UNA SOLUCION NUTRITIVA Y  
MEZCLAS DE SUSTRATOS EN EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE ACELGA  
(*Beta vulgaris*, var. *cicla*) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

**JOHANA QUINTERO C.  
DANILO MARCILLO J**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2015**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE UNA SOLUCION NUTRITIVA Y  
MEZCLAS DE SUSTRATOS EN EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE ACELGA  
(*Beta vulgaris*, var. *cicla*) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

**JOHANA QUINTERO C.  
DANILO MARCILLO J**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Agrónomo**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2015**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2015.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
INTRODUCCIÓN.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	17
CONCLUSIONES.....	25
RECOMENDACIONES .....	26
BIBLIOGRAFÍA .....	26

## LISTA DE CUADROS

**Pág.**

Cuadro 1. Tratamientos en la evaluación de sustratos y dosis de fertilización en el cultivo de acelga ( <i>Beta vulgaris</i> , var. <i>cicla</i> ) bajo un sistema hidropónico.....	15
Cuadro 2. Rentabilidad por tratamiento. ....	24
Cuadro 3. Costos parciales de producción. ....	25

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Cuadrados medios de altura de hoja, longitud de hoja y peso total de planta en fresco evaluados en los sustratos cascarilla de arroz, ladrillo molido y grava en el cultivo de acelga bajo un sistema hidropónico..... 17

Tabla 2. Prueba de comparación de promedios de Tukey para las variables altura de hoja, longitud de hoja, numero de hojas y peso seco de planta evaluados en los sustratos cascarilla de arroz, ladrillo molido y grava en el cultivo de acelga *Beta vulgaris* bajo un sistema hidropónico..... 22

## LISTA DE GRAFICAS

**Pág.**

Grafica 1. Precio de venta por tratamiento ..... 24

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE UNA SOLUCION NUTRITIVA Y MEZCLAS DE SUSTRATOS EN EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE ACELGA (*Beta vulgaris*, var. *cicla*) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

**EVALUATION OF DIFFERENT DOSES OF A NUTRIENT SOLUTION AND SUBSTRATE MIXTURES IN HYDROPONICS OF CHARD (*Beta Vulgaris* var. *cicla*) UNDER GREENHOUSE CONDITIONS.**

Johana Quintero C. <sup>1</sup>, Danilo Marcillo J. <sup>1</sup>, Orlando Benavides.<sup>2</sup>

**RESUMEN**

La presente investigación se realizó en el invernadero de la Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo de acelga (*Beta vulgaris*, var. *cicla*) a tres sustratos y tres dosis de fertilizante bajo invernadero en un sistema hidropónico en el municipio de Pasto, los sustratos 1) 70 % de cascarilla de arroz y 30 % de ladrillo molido, 2) 70 % de cascarilla de arroz y 30 % de grava y 3) 100% cascarilla de arroz y dosis de la solución nutritiva comercial; dosis alta 3 gr/ 1 litro de agua, dosis media 2 gr/ 1 litro de agua y dosis baja 1 gr/ 1 litro de agua. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo factorial.

Como resultado el mejor tratamiento fue la interacción del sustrato cascarilla de arroz y ladrillo molido con la dosis media 2 gr/ 1 litro de agua para las variables evaluadas, rendimiento (RTO), longitud de la hoja (AH), altura de la planta (AP), número de hojas (NH), peso de la planta en fresco (PPF), peso de la planta en seco (PPS) y altura de raíz (AR); obteniendo un rendimiento de 11.63 kg por 1m<sup>2</sup>

**Palabras clave:** interacción, dosis, fertirrigacion, hidroponía.

---

Trabajo de grado para optar al título de ingenieros agrónomos 2015  
Facultad de ciencias agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto - Colombia

<sup>1</sup> Estudiantes ingeniería agronómica. Facultad de ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

E-mail: joha\_16ae@hotmail.com; danilo-fernando91@hotmail.com

<sup>2</sup> Profesor Asociado. I.A. M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. Colombia  
E-mail. Orlando.benavides2@gmail.com.

## ABSTRACT

The present investigation sold off in the greenhouse of the University of Nariño, Pasto, Colombia, for the sake of evaluating the answer of the cultivation from chard ( *Beta vulgaris*, var *cicla* ) to three substratums and three doses of fertilizer under greenhouse in a system hydroponic in the municipality of Pasto, the substrates 1) 70 % of rice husk and 30 % of ground brick, 2 ) 70 % of rice husk and 30 % of gravel and 3) 100 % rice husk and dose of the commercial nutrient solution; Tall dose 3 gr 1 liter of water, average dose 2 gr 1 liter of water and low dose 1 gr 1 liter of water. A design of blocks was used completely at random with a factorial repair.

As a result the best treatment was the interaction of the substratum rice husk and brick ground with the average dose 2 gr 1 liter of water for the evaluated variables, performance ( RTO ), length of the sheet ( AH ), plant height ( AP ), number of sheets ( NH ), weight of the plant in cool air ( PPF ), weight of the plant suddenly ( PPS ) and height by the roots ( AR ); Getting out a performance of 11,63 kg for 1m<sup>2</sup> .

**Keywords:** interaction, dose, fertigation, hydroponics.

## INTRODUCCIÓN

Del 2011 al 2013 la producción de acelga presento un comportamiento decreciente, paso de 6500 toneladas en el 2011 a tan solo 1000 para el 2012 y para el 2013 alcanzó un valor de 2500 toneladas . (Agronet, 2013).

Sin embargo el cultivo de acelga no es un cultivo de mucha relevancia en Colombia y a nivel departamental Nariño no tiene una gran producción de acelga con apenas 7 toneladas siendo el 0,3% de la producción nacional pero es uno de los departamentos más importantes en producción de hortalizas (Agronet 2013).

A nivel nacional el departamento de Nariño es considerado el más importante productor de hortalizas del sur occidente pero en cuanto acelga se refiere tan solo tiene sembrado el 5,4% y se encuentra lejos de Cundinamarca con 47,4% de área sembrada (Agronet 2013).

Los cultivos hidropónicos, surgen como una alternativa a la agricultura tradicional, cuyo principal objetivo es eliminar o disminuir los factores limitantes del crecimiento vegetal asociados a las características del suelo. (Fao, 2006).

Desde el punto de vista hortícola, la finalidad de cualquier medio de cultivo es conseguir una planta de calidad en el más corto período de tiempo, con costes de producción mínimo (Fao.2006).

Por otra parte, disminuyen los problemas relacionados con enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, y en su lugar se pueden utilizar sustancias orgánicas repelentes que le permiten al productor obtener cosechas de muy buena calidad y libres de residuos tóxicos; de esta forma la familia consumirá alimentos más frescos y sanos. (Guzmán, 2004).

Es importante resaltar en ese sentido la protección que también se le da al medio ambiente con el uso de esta técnica. (Guzmán, 2004); además por sus grandes ventajas de índole técnica y económica, ha motivado su empleo en grandes explotaciones comerciales en el mundo entero, en Colombia en pequeña escala (Secretaría de agricultura y medio ambiente, 2008).

Las ventajas del cultivo sin suelo frente al tradicional en suelo, son el mejor control de problemas fitosanitarios y nutricionales de la planta, ahorro de agua, mayores rendimientos, mayor calidad y respeto al medio ambiente (García y Urrestarazu, 1999; Baixauli y Aguilar, 2002; Pallares Y Duran, 2006).

No existe el sustrato ideal (Duran, 2009). La elección de un determinado material como sustrato hidropónico depende de la disponibilidad del mismo, de la finalidad de la producción, de la especie a cultivar, de sus propiedades físico químicas, del costo, de la experiencia de manejo, homogeneidad, entre otros factores (Ojodeagua et al., 2008).

El sustrato puede ser químicamente activo o inerte en el proceso de nutrición de la planta (Abad, et al., 2004), además de esto tiene doble función: anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración, y contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. (Domínguez, 2006)

El empleo de sustratos sólidos por los cuales circula la solución nutritiva es la base del cultivo hidropónico en América Latina. La granulación debe ser tal, que permita la circulación de la solución nutritiva y del aire. Un sustrato excesivamente fino se vuelve compacto, en especial cuando está húmedo e impide el paso del aire. En general la experiencia señala como mejores, aquellos sustratos que permiten la presencia del 15 al 35% de aire y del 20 al 60% de agua en relación con el volumen total (Domínguez, 2006).

El sustrato debe ser liviano, con cierto grado de porosidad, tamaño apropiado sin bordes cortantes y que sea químicamente inerte. Los sustratos pueden ser orgánicos como por ejemplo, turba o musgo, compost (de diferentes materiales), cascarilla de arroz, aserrín y viruta, fibra de coco; e inorgánicos como la arena de río, grava, cuarzo, ladrillo, perlita,

vermiculita, piedra pómez, (Morgan, 2007). Por otra parte para lograr un buen desarrollo, las plantas deben estar bajo apropiadas condiciones nutricionales y ambientales.

Los sustratos inorgánicos deben ser lavados antes de usarlos hasta que suelten agua clara, porque pueden contener limos, arcillas u otras sustancias que impiden la asimilación de los elementos nutritivos de la solución (Barbado. 2005).

De igual manera la capilaridad influye en el crecimiento del cultivo, ya que si un sustrato no tiene la capacidad de absorber el agua a través de los microporos y de transportarla en diferentes direcciones, el agua se mueve verticalmente a través del perfil y deja zonas secas en las cuales no se puede desarrollar el sistema radicular (Sapir, 2005).

Los ladrillos utilizados como sustratos son buenos retenedores de humedad dada su extraordinaria porosidad, sin embargo debe analizarse su origen en cuanto a la presencia de elementos calcáreos. Las partículas entre 0.5 y 2 cm conforman una buena granulometría, tiene buena capacidad de absorción, y al igual que las gravas tienden a degradarse físicamente por lo que no se recomienda utilizarlo por más de 2 años. (Rodríguez, 2006).

La cascarilla de arroz es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, dado su alto contenido de sílice. Es liviano y su principal costo es el transporte, dado que para los molineros es un desecho. Se presenta como material liviano, de buen drenaje, buena aireación, pero presenta una baja retención de humedad inicial y es difícil conservar la humedad homogéneamente cuando se usa como sustrato único en camas. A medida que envejece va aumentando su capacidad de retención de humedad. Tiene una buena inercia química inicial, aunque con el paso de los años, dos o más, se va descomponiendo. (Calderón, y Cevallos, 2002).

Las gravas o gravillas son pedazos de rocas trituradas artificialmente o encontradas en estado natural en los lechos de los ríos o en canteras en tamaños que van desde 5 mm hasta 25 mm. Las gravas, en general son buenos materiales para Hidroponía de subirrigación. Por el tamaño de las partículas no presentan buena distribución del agua horizontalmente, a la vez que su capilaridad es muy baja. Tienen magnífico drenaje, por lo que se pueden utilizar para cultivos en canaletas. Por lo afilado e irregular de las partículas, pueden presentar problemas a los cultivos de bulbos o raíces y a los tallos de las plantas. (Calderón y Cevallos 2002).

El empleo de sustratos caseros, bajo el sistema de cultivos hidropónicos es económico y de fácil manejo (Fuertes et al., 1990). De igual manera afirman que el control de plagas y enfermedades, en cultivos hidropónicos es eficiente, ya que su presencia es muy baja o nula.

La solución nutritiva es el elemento más delicado y más importante dentro de los sistemas hidropónicos, el buen resultado depende en gran parte de las características químicas de la solución nutritiva, las cuales están encaminadas a satisfacer plenamente las exigencias de la planta. (Resh, 2004)

Ésta debe contener los nutrientes esenciales para lograr un buen desarrollo del cultivo y su composición dependerá de la especie, variedad, estado de desarrollo y parte aprovechada de la planta. (Resh, 2004)

El control del pH de una solución es importante porque controla la disponibilidad de sales fertilizantes, un pH de 5.8 es considerado óptimo para el sistema de crecimiento de las hortalizas, aunque entre 5.6 y 6.0 es aceptable. La conductividad eléctrica CE es una mediada de las sales disueltas en una solución nutritiva, un ajuste recomendable es de 1150-1250 micro Siemens x cm-1 (Resh, 2004).

En trabajos realizados por Benavides et al., (2011), se evaluaron dos sustratos ladrillo molido y granzón de arena con dos dosis de fertilización bajo invernadero en lechuga (*Lactuca sativa L.*) donde el ladrillo molido fue el sustrato que presentó el mayor rendimiento.

Según Calderón (2001), en Colombia se ha venido utilizando el cultivo hidropónico en flores, aproximadamente desde 1992. Con anterioridad a esa fecha, fueron pocos los ensayos realizados con esta técnica en estas especies. Es necesario mencionar que para esa fecha, ya se habían empezado a utilizar en Colombia los cultivos hidropónicos aunque casi exclusivamente en hortalizas.

Por lo anterior el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta del cultivo de acelga (*Beta vulgaris, var. cicla*) a tres sustratos y tres dosis de fertilizante bajo invernadero en un sistema hidropónico en el municipio de Pasto, evaluando las variables de crecimiento: altura de la planta, longitud de hoja, número de hojas, peso fresco de la planta, peso seco de la planta, altura de raíz y rendimiento. Además de realizar un análisis económico utilizando el modelo económico del presupuesto parcial según Perrin (1976).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización.**

La evaluación se realizó en el invernadero de la Universidad de Nariño, ubicado en Torobajo al noroeste de la ciudad de Pasto a una altitud de 2.540 msnm, 01° 12'13" LN y 77° 15'23" LO, temperatura promedio anual de 18-20°C con un área de 90 m<sup>2</sup>, con diseño de capilla y orientación de oriente a occidente.

**Estructura.** Se construyeron camas de madera, de 1.20 m de largo por 74 cm de ancho y 15 cm de profundidad; elevadas del suelo 60cm y 1.20 m, con pendiente del 1%, forradas totalmente con plástico de polietileno negro calibre de 8 mm. La distancia de siembra fue de 20 cm entre plantas y 40 cm entre surco, obteniendo un total de 10 plantas por cama. En cada cama se sembraron dos surcos para un total de 270 plantas de acelga.

**Sustratos.**

Los sustratos utilizados para el ensayo fueron los siguientes: Cascarilla de arroz, ladrillo molido y grava.

Estos sustratos fueron previamente desinfectados con formol al 3% y se dejó en reposo, cubiertos por un plástico para la evaporación de residuos de formol.

Una vez estuvieron listos los sustratos se humedecieron hasta un punto de saturación y se mezclaron en la proporción 70% cascarilla de arroz y 30% ladrillo molido, 70% cascarilla de arroz y 30% grava, y 100% cascarilla de arroz.

**Fertirrigación.** La fertilización se realizó utilizando una regadera, la solución nutritiva se preparó con cristales solubles comerciales en un tanque de 27 litros durante el ciclo del cultivo y se entregó en forma diaria en cada planta aplicando directamente en el suelo, esta aplicación se hizo, 6 días aplicación de fertilizante y 1 día solo agua para evitar salinización.

En cuanto a la solución nutritiva se utilizó tres dosis de concentración de la solución nutritiva comercial, solución dosis alta cuyo grado de concentración fue de 3 gr en un litro de agua, solución dosis media cuyo grado de concentración fue de 2 gr en un litro de agua y la solución baja cuyo grado de concentración fue de 1 gr en un litro de agua.

**Riego.** Para el desarrollo del cultivo de acelga se manejó el riego por goteo el cual funciona para las necesidades hídricas del cultivo, formado por una cinta de goteo con 10 orificios autocompensados en un metro, la cinta de goteo funcionaba de 2 a 3 veces al día para evitar algún tipo de estrés hídrico; con un caudal de 2.16 litros/hora para un total de 700 litros/hora.

**Plantulación.** Las plántulas fueron obtenidas en un vivero comercial, las cuales se trasplantaron a las camas cuando cumplieron 25 días de emergidas, seleccionando las plántulas que presentaron el mejor desarrollo fisiológico y óptima sanidad.

**Siembra.** Las plantas fueron trasplantadas en las camas listas con el sustrato debidamente lavado, desinfectado con formol y humedecidos con anterioridad al trasplante. Se utilizó

como material acelga de la variedad verde penca blanca alargada, la cual presenta características de hojas abundantes, grandes y de color verde intenso, de pencas anchas muy carnosas y tiernas.

**Diseño experimental.** Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo factorial con tres repeticiones, donde el factor A correspondió al sustrato cascarilla de arroz, grava y ladrillo molido; el factor B a dosis alta con 3 gr de solución nutritiva, dosis media con 2 gr de solución nutritiva y dosis baja con 1 gr de solución nutritiva.

De la combinación de los factores resultaron 9 tratamientos por 3 repeticiones para un total de 27 unidades experimentales.

Cada tratamiento correspondió a una cama con 10 plantas, por 3 repeticiones; se obtuvo un total de 30 plantas por tratamiento, por los 9 tratamientos da un total de 270 plantas evaluadas en todo el ensayo.

La conformación de los tratamientos evaluados se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Tratamientos en la evaluación de sustratos y dosis de fertilización en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris*, var. *cicla*) bajo un sistema hidropónico.**

SUSTRATOS	DOSIS SOLUCION NUTRITIVA
Cascarilla de arroz 100%	3 gr
Cascarilla de arroz 70% Grava 30%	2 gr
Cascarilla de arroz 70% Ladrillo molido 30%	1 gr
Cascarilla de arroz 100%	2 gr
Cascarilla de arroz 70% Grava 30%	3 gr
Cascarilla de arroz 70% Ladrillo molido 30%	2 gr
Cascarilla de arroz 100%	1 gr
Cascarilla de arroz 70% Grava 30%	1 gr
Cascarilla de arroz 70% Ladrillo molido 30%	3 gr

Las variables evaluadas fueron analizadas con un análisis de varianza, y para establecer la comparación entre promedios para las variables que presentaron diferencias estadísticas para ello se utilizó la prueba de Tukey.

### **Variables evaluadas.**

**Ancho de hojas:** Se hizo 5 mediciones de la hoja más grande durante todo el ciclo del cultivo, las cuales se realizaron cada 15 días, esta medición se la hizo con una cinta métrica.

**Altura de plantas:** Se determinó al medir la altura de las plantas desde la base hasta la parte apical con una regla métrica.

**Numero de hojas por planta:** Se realizó en la cosecha y debidamente numeradas todas las plantas, se hizo un conteo del número de hojas producidas por planta.

**Peso fresco de la planta:** Se pesaron todas las plantas por tratamiento con la ayuda de una balanza común con capacidad de 5 kg.

**Peso seco de la planta:** Se colocaron las plantas en bolsas de papel y se llevaron un horno con una temperatura de 70°C por 24 horas.

**Altura de raíz:** Se realizó en el momento de la cosecha con una regla métrica.

**Rendimiento:** Las acelgas de cada cama se pesaron en una balanza, a cada una se le cortó la raíz y se determinó únicamente el peso de las hojas (parte comestible). Se sumó el peso obtenido en cada tratamiento y se obtuvo el peso en fresco y seco en gramos.

**Análisis Parcial de costos:** Se empleó el presupuesto parcial cuyo método se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y las utilidades de los tratamientos alternativos. El presupuesto parcial es una manera de calcular el total de los costos que varían y la utilidad neta de cada tratamiento. (Perrin et al., 1976)

El presupuesto parcial incluye los rendimientos promedios para cada tratamiento, los rendimientos y los ingresos, basados de acuerdo al precio de campo del cultivo. (Perrin et al., 1976)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza (Tab.1) nos indica que presento diferencias significativas y altamente significativas en la interacción para las variables altura de hoja, longitud de hoja, peso de la planta en fresco, tamaño de raíz, peso de la planta en seco y número de hojas, pero teniendo en cuenta que para la variable longitud de hoja en cuanto a fertilización no hubo diferencia significativa.

**Tabla 1. Cuadrados medios de altura de hoja, longitud de hoja y peso total de planta en fresco evaluados en los sustratos cascarilla de arroz, ladrillo molido y grava en el cultivo de acelga bajo un sistema hidropónico.**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	ALTURA DE HOJA	LONGITUD DE HOJA	PESO TOTAL FRESCO	TAMAÑO DE RAIZ	PESO SECO DE PLANTA	NUMERO DE HOJAS
MODELO	10	69,11	10,64	1003,12	58,34	14,57	79,84
BLOQUE	2	43,45	0,2	90,43	0,71	0,1	6,51
SUSTRATOS	2	186,7**	24,88**	3202,78**	62,24*	38,74**	223,77**
FERTILIZACION	2	38,82*	1,12	1219,64**	17,29*	7,2*	16,18*
FERTILIZACION*SUSTRATOS	4	38,28*	13,5**	251,35*	105,72**	13,41*	76,38**
ERROR	16	9,44	1,9	72,26	4,73	1,72	1,38
TOTAL	26						

\* < 0.005

\*\*< 0.01

### ALTURA DE HOJAS.

En la acelga como en otras hortalizas la calidad de producción se ve reflejada en las propiedades de la hoja como la altura y la longitud ya que estas son muy importantes al momento de calidad.

Se hizo una prueba de comparación de medias de Tukey (Tab.2) donde indica que para altura de hoja la combinación de cascarilla de arroz con ladrillo molido más dosis media de fertilizante obtuvo la mayor altura con un valor de media de 32,17 cm pero no hay diferencias estadísticas con respecto a los tratamientos cascarilla de arroz con grava dosis alta, cascarilla de arroz con ladrillo molido dosis baja, cascarilla de arroz ladrillo molido dosis alta y cascarilla de arroz dosis alta mientras que para los demás tratamientos cascarilla de arroz dosis baja, cascarilla de arroz con grava dosis media, cascarilla de arroz con grava dosis baja si hay diferencia significativa con respecto al tratamiento de mayor altura dando así con menor altura el tratamiento cascarilla de arroz dosis media con un valor de media 18,93 cm.

A nuestro criterio decidimos que el mejor tratamiento es cascarilla de arroz con ladrillo molido dosis media debido a que tiene una mayor altura de hoja y esto genera un valor adicional dando una mayor rentabilidad mostrado en el análisis parcial de costos.

El crecimiento de las plantas en altura es un indicador de que el medio proporcione las cantidades necesarias y adecuadas de elementos minerales lo que permitió el crecimiento vigoroso. (Guerrero y Revelo 2012)

Así podemos afirmar que la cascarilla de arroz con ladrillo molido más dosis media bajo invernadero proporcione las mejores condiciones para el buen desarrollo de la planta como lo afirma (Azcon-bieto y Talon, 2000) el crecimiento de la planta depende de varios factores que van desde la regulación génica hasta los factores edafoclimaticos.

Para una especie vegetal y en un ambiente determinado los factores de crecimiento más importantes son la luz, el agua, el CO<sub>2</sub> y los nutrientes minerales al aumentar cualquiera de estos factores se producen un incremento en la producción vegetal, siendo menor la respuesta conforme se sigue aumentando el factor aplicado. (Azcon-bieto y Talon, 2000).

### **LONGITUD DE HOJAS.**

Se hizo una prueba de comparación de medias de Tukey (Tab.2) donde indica que no hay diferencias significativas para los tratamientos cascarilla de arroz dosis media con un valor de media de 14,88 cm, cascarilla de arroz con grava dosis alta valor de media 12,19 cm y ladrillo dosis baja valor de media 11,89 cm, mientras que la combinación de cascarilla de arroz con grava más dosis media de fertilizante si fue estadísticamente diferente a las anteriores variables obteniendo la menor altura con un valor de media del 8,16 cm.

Mediante los datos obtenidos en el análisis parcial de costos tomamos la decisión de señalar que el mejor tratamiento es la combinación de cascarilla de arroz con ladrillo molido dosis media debido a los ingresos y los costos de producción.

Esto se debe a que posiblemente además de suministrar agua y aire, el sustrato debe proveer los nutrientes minerales necesarios para que a través de la raíz la planta los tome de la solución nutritiva y así garantizar mejores condiciones para el desarrollo de las plantas. (Guerrero y Revelo 2012).

Esto se debe probablemente a que según (Alvarado et al., 2001) la mezcla de sustratos es un complemento ideal en la circulación de agua y aire para la planta, así que las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones previamente preparadas en forma adecuada y sus elementos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis. Así que la combinación de cascarilla de arroz con ladrillo más dosis media de fertilizante es el medio más apropiado para el desarrollo de la acelga ya que según Singh y Sainju (1998), el crecimiento de las plantas en altura y diámetro, es dependiente del aporte

de agua, nutrientes, energía y aire que un medio pueda aportarle. Esto es posible gracias a que la mezcla de sustratos provee estas condiciones hacia la planta.

### **NUMERO DE HOJAS.**

La competitividad comercial de la acelga se ve reflejada en la cantidad y calidad de hojas que presente la planta ya que este es el producto a ofrecer.

Se hizo una prueba de comparación de medias de tukey (Tab.2) la cual indica que el tratamiento cascarilla de arroz con ladrillo molido dosis media fue el mejor con un valor de media de 23,42 mientras que el tratamiento cascarilla de arroz dosis alta fue el que menor número de hojas presentó con un valor de media de 6,57 de esta forma lo corrobora el análisis parcial de costos.

Esto se debe probablemente a que cada sustrato tiene unas propiedades físico-químicas particulares, las mezclas ayudan a brindar propiedades de un sustrato a otro, según los sustratos obtenidos no hay un sustrato ideal que cubra absolutamente las exigencias de las plantas (Guerrero y Revelo, 2012).

Según Ansonera, (1994) dice que los sustratos actúan como reserva de nutrientes a través de la capacidad de intercambio catiónico y esta a su vez depende en gran medida de la acidez o del pH del medio; de ahí radica la importancia de la caracterización química de los sustratos y los aspectos nutricionales de la planta.

### **PESO SECO DE PLANTA.**

Algunas de las plantas absorben una gran cantidad de agua más de lo requerido dejando así un bajo contenido de biomasa.

Se hizo una prueba de comparación de medias de tukey (Tab.2) la cual indica que los tratamientos con mayor altura son la combinación de cascarilla de arroz con ladrillo molido dosis media con un valor de media de 15,67 gr y cascarilla de arroz con ladrillo molido dosis alta con un valor de media de 13,79 gr sin embargo el análisis parcial de costos da como mejor tratamiento la combinación de cascarilla de arroz con ladrillo molido dosis media; mientras que el tratamiento con menor biomasa es cascarilla de arroz dosis media estadísticamente diferente a las anteriores tratamientos con un valor de media de 8,00 gr.

Esto se debe probablemente a que el sustrato permitió que el fertilizante llegase a la planta de mejor manera ya que la conversión de materia seca es la asimilación de nutrientes, así lo afirma Azcon-bieto y Talon, (2000) la producción de biomasa total de la planta (índice biológico) está directamente relacionado con el contenido de nutrientes, si bien en la agricultura la cosecha se determina por la producción de materia seca de determinados órganos o tejidos (índice de cosecha). Pero no tan solo es la asimilación de nutrientes si no también la edad fisiológica de la planta y las partes de la planta son después del aporte de

nutrientes los factores más importantes que afectan el contenido de nutrientes minerales en el tejido vegetal (Azcon-bieto y Talon, 2000).

### **TAMAÑO DE RAÍZ.**

La raíz es una de las partes más importantes que tiene la planta por lo tanto las cualidades físicas de esta es una variable indispensable para un buen desarrollo fisiológico de la planta.

Se hizo una prueba de comparación de medias de tukey (Tab.2) la cual indica que al final el mejor tratamiento fue la combinación de cascarilla de arroz con ladrillo molido más dosis media de fertilizante con un valor de media 24,83 cm en su orden le sigue el testigo dosis baja con un valor de media de 14,84 y con menor resultado fue el tratamiento cascarilla de arroz con grava más dosis media de fertilizante con un valor de media 7,98 cm.

Esto se debe a que probablemente el comportamiento de la raíz de la acelga es compatible a la mezcla del sustrato y permite explotar su potencial genético gracias a las características fisicoquímicas que tiene este sustrato conformado por cascarilla de arroz con ladrillo molido más dosis media de fertilizante.

Según la Fao (2011) se pueden diseñar mezclas artificiales que incluyan materiales abundantes de bajo costo, fácil consecución y buena calidad entre las que se destaquen las características físicas del tamaño de partículas, la porosidad y la retención de humedad.

El ladrillo molido presenta un buen porcentaje de aireación mayor al 40% (Guerrero y Revelo, 2012, esto hace que las raíces tengan una gran disponibilidad de oxígeno, lo que favorece los procesos de división celular, y por tanto el crecimiento de las raíces (Fonteno, 1996).

De las mejores características del sustrato es el intercambio de gases así como la humedad y esto optimiza el crecimiento de la raíz. (Cadahia, 2005).

Según Cadahia (2005) Las raíces requieren de oxígeno para mantener su actividad metabólica y su crecimiento. Un déficit temporal de oxígeno puede reducir el crecimiento de las raíces y la parte aérea, pero en condiciones de anaerobiosis mantenidos durante varios días pueden llegar a provocar la muerte de algunas raíces.

### **PESO TOTAL DE PLANTA EN FRESCO.**

El tamaño, el grosor, el color son atributos físicos que permiten identificar una hortaliza en buen estado pero hay una que no se tiene en cuenta como el peso, esta variable puede dar una noción de la cantidad de agua y nutrientes que posee dicha planta.

Se hizo una prueba de comparación de medias de tukey (Tab.2) la cual indica que los tratamientos con mejor peso fresco son cascarilla de arroz con ladrillo molido dosis media

con un valor de media de 85,51 gr y cascarilla de arroz con ladrillo molido dosis alta con un valor de media de 69,01 gr ya que entre estos no se encuentra diferencias significativas se toma la decisión de afirmar que el mejor tratamiento es cascarilla de arroz con ladrillo dosis media debido al análisis parcial de costos; mientras que el tratamiento con menor peso estadísticamente es cascarilla de arroz con grava dosis baja con un valor de media de 20,70 gr.

Esto se debe probablemente a que el tratamiento con la combinación de cascarilla de arroz con ladrillo molido más dosis media de fertilizante presento las mejores condiciones para el desarrollo óptimo de la planta, una de las mejores propiedades del sustrato combinado es la retención de humedad que es fundamental para este crecimiento; de esta forma lo corrobora Sustratos hidropónicos, (2010) Un buen sustrato hidropónico debe reunir un conjunto de características que lo hagan apto para el cultivo. No siempre un sustrato reúne todas las características deseables; por ello a veces, se recurre a mezclar diversos materiales, buscando que unos aporten lo que les falta a otros.

Al variar las proporciones entre estas varían también propiedades del sustrato como la capacidad de aireación y de retención de agua. (Astiz, *et al.*, 2010).

Según Reed (1999) existe una relación directa entre la cantidad de nutrientes absorbidos y el crecimiento de la planta. Cuando el contenido tisular de un nutriente es demasiado bajo, el crecimiento de la planta también lo es y el nutriente en cuestión es considerado deficiente; si dicha deficiencia es severa puede interferir claramente con el crecimiento y la planta puede incluso morir, al aumentar la absorción y la concentración tisular del nutriente el crecimiento de la planta también mejora; frecuentemente con síntomas débiles de deficiencia que desaparecen cuando la absorción se torna optima y el crecimiento alcanza el punto máximo; de ahí en adelante la planta gozara de amplia disponibilidad de este nutriente dentro de lo que se llama el rango de lujo; si la concentración de ese nutriente siguiera aumentando se puede llegar al punto en que se torna toxico causando desorden nuevamente.

**Tabla 2. Prueba de comparación de promedios de Tukey para las variables altura de hoja, longitud de hoja, número de hojas y peso seco de planta evaluados en los sustratos cascarilla de arroz, ladrillo molido y grava en el cultivo de acelga *Beta vulgaris* bajo un sistema hidropónico.**

FERTILIZACION	ALTURA HOJA	FERTILIZACION	LONGITUD HOJA	FERTILIZACION	PESO FRESCO
IRRICOL MEDIA ARROZ LADRILLO	32,17 A	IRRICOL MEDIA ARROZ LADRILLO	14,88 A	IRRICOL MEDIA ARROZ LADRILLO	85,51 A
IRRICOL ALTA ARROZ GRAVA	29,18 AB	IRRICOL ALTA ARROZ GRAVA	12,19 AB	IRRICOL ALTA ARROZ LADRILLO	69,01 AB
IRRICOL BAJA ARROZ LADRILLO	28,96 AB	IRRICOL BAJA ARROZ LADRILLO	11,89 ABC	IRRICOL BAJA ARROZ LADRILLO	57,30 BC
IRRICOL ALTA ARROZ LADRILLO	28,09 AB	IRRICOL ALTA ARROZ LADRILLO	10,48 BCD	IRRICO ALTA ARROZ GRAVA	56,27 BC
IRRICOL ALTA ARROZ	23,68 AB	IRRICOL ALTA ARROZ	9,63 BCD	IRRICOL MEDIA ARROZ GRAVA	45,55 BCD
IRRICOL BAJA ARROZ	20,47 BC	IRRICOL BAJA ARROZ GRAVA	9,48 BCD	IRRICOL ALTA ARROZ	41,29 CDE
IRRICOL MEDIA ARROZ GRAVA	20,16 CD	IRRICOL MEDIA ARROZ	9,11 CD	IRRICOL MEDIA ARROZ	36,88 CDE
IRRICOL BAJA ARROZ GRAVA	19,89 DE	IRRICOL BAJA ARROZ	9,02 CD	IRRICOL BAJA ARROZ	28,77 DE
IRRICOL MEDIA ARROZ	18,93 E	IRRICOL MEDIA ARROZ GRAVA	8,16 D	IRRICOL BAJA ARROZ GRAVA	20,70 E

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

FERTILIZACION	TAMAÑO DE RAIZ	FERTILIZACION	PESO SECO	FERTILIZACION	NUMERO HOJAS
IRRICOL MEDIA ARROZ LADRILLO	24,83 A	IRRICOL MEDIA ARROZ LADRILLO	15,67 A	IRRICOL MEDIA ARROZ LADRILLO	23,42 A
IRRICOL BAJA ARROZ	14,84 B	IRRICOL ALTA ARROZ LADRILLO	13,79 AB	IRRICOL ALTA ARROZ LADRILLO	19,14 B
IRRICOL ALTA ARROZ	12,92 BC	IRRICO ALTA ARROZ GRAVA	11,36 BC	IRRICOL BAJA ARROZ	11,54 C
IRRICOL BAJA ARROZ GRAVA	11,74 BC	IRRICOL BAJA ARROZ LADRILLO	10,00 BC	IRRICOL ALTA ARROZ GRAVA	10,64 C
IRRICOL BAJA ARROZ LADRILLO	11,67 BC	IRRICOL ALTA ARROZ	9,93 C	IRRICOL BAJA ARROZ LADRILLO	9,95 CD
IRRICOL ALTA ARROZ GRAVA	11,17 BC	IRRICOL BAJA ARROZ GRAVA	9,87 C	IRRICOL BAJA ARROZ GRAVA	9,49 CD
IRRICOL ALTA ARROZ LADRILLO	10,10 BC	IRRICOL BAJA ARROZ	9,84 C	IRRICOL MEDIA ARROZ GRAVA	8,72 CD
IRRICOL MEDIA ARROZ	9,70 BC	IRRICOL MEDIA ARROZ GRAVA	8,67 C	IRRICOL MEDIA ARROZ	6,71 D
IRRICOL MEDIA ARROZ GRAVA	7,98 C	IRRICOL MEDIA ARROZ	8,00 C	IRRICOL ALTA ARROZ	6,57 D

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

## **Análisis Parcial de Costos**

### **Rendimientos:**

Como se puede evidenciar en el cuadro 3, los índices de mayor rendimiento/ha de acelga corresponden al tratamiento cascarilla de arroz con ladrillo molido más dosis media con 391.800 k/ha/año<sup>1</sup>, mientras que la producción más baja es el tratamiento cascarilla de arroz más dosis media con 9.384 k/ha.

Vallejo, 2007 indico que, la producción hortícola nacional es muy heterogénea y dispersa, se cultivan aproximadamente 42 especies en los diferentes pisos térmico del país, en el año 2004 se sembraron 119.500 hectáreas y se obtuvo una producción de 1.350.000 toneladas. Cabe anotar que, el consumo de hortalizas en Colombia es de aproximadamente 38/kg/persona/año, cifra que es muy distante del consumo mínimo.

El área y producción de acelga a nivel nacional para el 2013 fue de 120 ha cultivadas produciendo unas 2.200 toneladas con un rendimiento de casi 18 ton/ha. (Agronet 2013)

Al comparar los datos nacionales obtenidos con los de la investigación el mejor tratamiento supera considerablemente el rendimiento nacional, con un rendimiento de 130 ton/ha mientras que a nivel nacional solo se obtuvo para el 2013 18 ton/ha sin embargo el tratamiento con menor rendimiento obtuvo 9 ton/ha siendo menor al rendimiento nacional.

### **Precios de venta:**

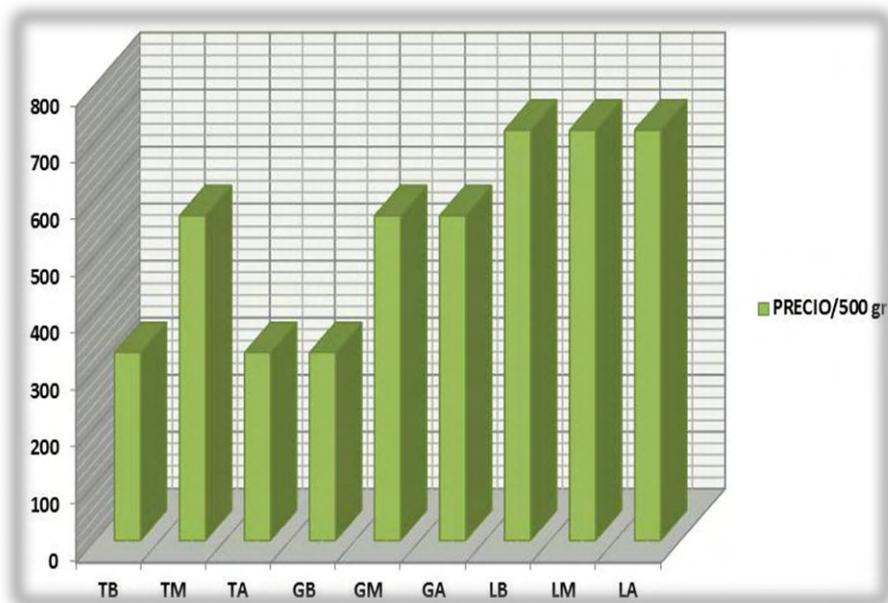
Otra variable importante que destaca el estudio, corresponde a la calidad del producto obtenido en cada uno de los tratamientos y que permite precios de venta diferenciados, o sea, que el consumidor está dispuesto a pagar un mayor precio de acuerdo a las características de la acelga como, el color, la forma, el tamaño y la apariencia.

Como se puede apreciar en el cuadro 3, los precios tienen variaciones importantes, por ejemplo el mayor precio de venta de \$720/libra de 500 gr. corresponden a los tratamientos de cascarilla de arroz con ladrillo molido más dosis baja, media y alta del estudio, en tanto, para los tratamientos cascarilla de arroz dosis baja, cascarilla de arroz dosis alta y grava dosis baja, los precios que están dispuestos a pagar los consumidores son menores en un 100% aproximadamente.

---

<sup>1</sup> Los datos obtenidos corresponde 3 siembras /Ha/año.

**Grafica 1. Precio de venta por tratamiento.**



**Cuadro 2. Rentabilidad por tratamiento.**

	Testigo Dosis Baja	Testigo Dosis Media	Testigo Dosis Alta	Grava Dosis Baja	Grava Dosis Media	Grava Dosis Alta	Ladrillo Dosis Baja	Ladrillo Dosis Media	Ladrillo Dosis Alta
<b>Producción kg/ha</b>	119.160	9.384	9.423	106.860	125.220	134.800	238.440	391.800	307.980
<b>Precio \$ / 500 gr</b>	\$ 330	\$ 570	\$ 330	\$ 330	\$ 570	\$570	\$ 720	\$ 720	\$ 720
<b>Ingreso (PxP)</b>	78.645.600	106.977.600	62.191.800	70.527.600	142.730.800	176.472.000	343.353.600	564.192.000	443.491.200
<b>Cto. producción</b>	73.557.752	82.917.752	85.077.752	220.771.236	230.131.236	235.891.236	128.195.955	133.955.955	139.715.955
<b>Ingreso neto (I-C)</b>	5.087.848	24.059.848	-22.885.952	-150.243.636	-87.400.436	-59.419.236	215.157.645	430.236.045	303.775.245
<b>Rentabilidad/Cto. producción</b>	1.06	1.29	0.73	0.31	0.62	0.74	2.67	4.21	3.17
<b>% Rentabilidad = IN/ccto. producción</b>	6,9%	29%	-26,9%	-68%	-37%	25%	167%	321%	217%

**Ingresos:**

Como resultado de lo anterior, se puede comprobar de manera contundente, que el mayor ingreso corresponde al tratamiento cascarilla de arroz con ladrillo molido más dosis media, ya sea por rendimiento como por precio de venta, situación que permitió identificar el

mejor tratamiento en las variables altura de planta, longitud de hoja y peso seco en las cuales no se encontró diferencias significativas.

### Cuadro 3. Costos parciales de producción.

	Testigo Dosis Baja	Testigo Dosis Media	Testigo Dosis Alta	Grava Dosis Baja	Grava Dosis Media	Grava Dosis Alta	Ladrillo Dosis Baja	Ladrillo Dosis Media	Ladrillo Dosis Alta
<b>SUSTRATO</b>	49.797.752	49.797.752	49.797.752	197.011.236	197.011.236	197.011.236	97.235.955	97.235.955	97.235.955
<b>FERTILIZACION</b>	5.760.000	11.520.000	17.280.000	5.760.000	11.520.000	17.280.000	5.760.000	11.520.000	17.280.000
<b>MANO DE OBRA</b>	18.000.000	21.600.000	18.000.000	18.000.000	21.600.000	21.600.000	25.200.000	25.200.000	25.200.000

#### Costos de producción:

El análisis del presupuesto parcial<sup>2</sup> permite al productor agrícola organizar los datos experimentales con otra información sobre los costos y (Perrin et al., 1976), para elegir el más adecuado; y con relación a los costos parciales, no cabe duda que el más bajo es cascarilla de arroz, no obstante. El cuadro 4 muestra la variación de los costos en cada caso, reportando los más bajos para el tratamiento cascarilla de arroz más dosis baja y el más alto para el tratamiento cascarilla de arroz con grava más dosis alta de fertilizante.

## CONCLUSIONES

La mezcla de los sustratos cascarilla de arroz y ladrillo molido más dosis media de fertilizante presento la mejor respuesta para las variables diámetro de hoja, altura de planta, peso fresco de planta, peso seco de planta, número de hojas, tamaño de raíz y rendimiento.

Económicamente la mezcla de los sustratos cascarilla de arroz y ladrillo molido con dosis media de fertilizante presento la mejor rentabilidad debido a los mayores rendimientos obtenidos.

<sup>2</sup> El presupuesto parcial corresponde a aquellos costos que varían con la elección, o sea, los costos variables de cada uno de los tratamientos y que ayudan a tomar una decisión en el campo. Ver: Periin, et al (1976). Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo, México.

## RECOMENDACIONES

La presente investigación nos permitió dar el primer paso en la cadena productiva de la acelga, esta tiene una demanda de consumidores muy amplia por su contenido nutricional y su precio accesible, además de ser un cultivo muy rentable con un potencial industrial muy amplio (compotas, sopas, harinas, etc.), por lo anterior es fundamental continuar en estudios más específicos de pos cosecha e industrialización.

## BIBLIOGRAFÍA

AGRONET. 2013. Área, producción y rendimiento. En: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/estad%C3%ADsticas.aspx>. Consulta: abril 2015.

ALVARADO, D.; CHAVEZ, F. y ANNA, K. 2001. Seminario de Agronegocios. Lechugas Hidropónicas .Universidad del Pacífico. Quibdó, Chocó. 10 p.

Ansonera, J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Madrid: Ediciones Mundi-prensa, pp. 105 p.

ASTIZ, M., DEL CASTILLO, J., URIBAR, A., AGUADO, G., APESTEGUIA, M. Y SÁDABA, S. 2010, Tomate hidropónico, Ed. Navarra agropecuaria. 42 p.

ANSONERA, J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Madrid: Ediciones Mundi-prensa, pp. 105 p.

ABAD-BERJON M, NOGUERA-MURRAY P, CARRIÓN-BENEDITO C. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu-Gavilán. Cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa, 2004. 113-158.

AZCON-BIETO, J. Y TALON, M. 2000. Fundamentos de la fisiología vegetal, Edicions universitat de Barcelona.

BARBADO, J, 2005. Hidroponía. Primera Edición, Albatros, Argentina. 190p.

BENAVIDES, L. ARCOS, B y BENAVIDES, O. 2011. Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga *Lactuca sativa* L. Revista de ciencias agrícolas. 28(2): 95-108.

CALDERÓN, F. Y CEVALLOS, F. 2002. Los sustratos. En: [http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los\\_Sustratos.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm) . 1 p. Consulta: febrero 2015.

CALDERÓN, F. 2001. Los sustratos. Bogotá D.C., Colombia S.A. Disponible en: [http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los\\_Sustratos.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm); consulta: febrero 2015.

DOMINGUEZ, A. 2006. Fertirrigación. 4da. Editorial Mundi-Prensa Madrid. España. 200p.

FAO.2006. Lechuga (*Lactuca sativa* L.). Fichas técnicas productos frescos y procesados. En: [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/LECHUGA.HTM#a3](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/LECHUGA.HTM#a3) Consulta: agosto de 2013.

FAO. 2011. Manual de hidroponía popular. En: <http://www.elmejorguia.com/hidroponia/sustratos.htm>. 36 p.; consulta: mayo 2015.

FONTENO, W. 1996. Growing media: types and physical/chemical properties. En: Reed, D. (ed). Water, media, and nutrition for Green house crops. Ball Publishing Inc; 93-122 p.

FUERTES E., CHAMORRO C. Respuesta de la lechuga (*Lactuca sativa*) ante la mezcla de tres sustratos caseros. Trabajo de investigación. Universidad de Nariño. 1990.

GUERRERO, E. Y REVELO, J. 2012. Evaluación de los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico en la finca Lope Sena en el municipio de Pasto. Tesis de grado ingeniero agrónomo, Facultad de ciencias agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 27 p.

GUZMÁN, G. 2004. HIDROPONÍA EN CASA: Una actividad familiar, 25 p. En: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/Hidroponia.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf)

GARCÍA L., M.; URRESTARAZU G., M. 1999. Recirculación de la Disolución Nutritiva en las Condiciones de los Invernaderos de La Europa del Sur. Edición Caja Rural de Granada. Granada, España. 171 p. Consulta: enero 2015

CADAHIA LOPEZ, C. 2005. Fertirrigación cultivos hortícolas, frutales y ornamentales, Tercera edición ampliada, ediciones Mundi-prensa, Madrid, 681p.

MORGAN, L. 2007. El cultivo hidropónico de lechugas. Casper Publication Pty.Ltd.Australia 84p.

OJODEAGUA A., J.L.; CASTELLANOS R., J.Z.; MUÑOZ R., J.J.; ALCANTAR G., G.; TIJERINA, C.; L.; VARGAS T., P.; ENRIQUEZ R., S. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. Fitotecnia Mexicana. 31 (4) 367-374.

PERRIN, R. K., D. L. WINKELMAN, E. R. MOSCARDI, J. R. ANDERSON (1976) Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual

metodológico de evaluación económica. Folleto de Información No. 27, México, CIMMYT.

RESH, H.M. 2004. Cultivos hidropónicos: Nuevas técnicas de producción. 4ª Ed. Ediciones Mundiprensa. Madrid. 509 p.

RODRIGUEZ de la ROCHA, S. 2006. Hidroponía: Agricultura y bienestar. Universidad Autónoma de Chihuahua, Mexico.175p.

SAPIR. 2005. Diseño de riego a presión. Estado de Israel. MASHAV 124p.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE 2008. Medellin. Informe anual agropecuario. 120 p.

Sustratos hidropónicos, 2010. <http://www.sustratos-hidroponicos/931553.html>. Consulta: abril 2015.

SINGH, B. Y SAINJU, U. 1998. Soil physical and morphological propieties and root growth. HortScience. 33(6), 966-971 p.

VALLEJO CABRERA FRANCO ALIRIO. Las hortalizas en Colombia. Palmira (V): Revista Horticultura Brasileira, 2007. Vol. 25 No. 1. [www.abhorticultura.com.br](http://www.abhorticultura.com.br)