



Evaluación de sustratos en un cultivo de lechuga bajo un sistema hidropónico en el municipio de Pasto como alternativa productiva para la región

Elizabeth Marcela Guerrero¹

RESUMEN

En el Centro Internacional de Producción Limpia Lope - SENA - Regional Nariño, se realizó la evaluación de los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz con sus respectivas mezclas bajo un sistema hidropónico para brindar una alternativa productiva a la región, en el proyecto se evaluaron las variables altura, diámetro, peso y rendimiento. Se realizaron 5 tratamientos y 4 repeticiones, con los siguientes tratamientos; sustrato 100% cascarilla de arroz, mezcla de 70% cascarilla de arroz y 30% fibra de coco, mezcla del 50% de cada uno de los sustratos utilizados, mezcla 70% fibra de coco y 30% cascarilla de arroz y el tratamiento de sustrato 100% fibra de coco. Las mezclas de los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz obtuvieron mejor respuesta para las variables evaluadas que los sustratos individuales, los cuales dieron plantas con mejor desarrollo fisiológico en las variables altura, diámetro, peso y rendimiento, el ensayo se utilizó para el montaje de un cultivo comercial de lechuga en el municipio de Pasto.

Palabras clave— Cascarilla de arroz, estructura en A, Fibra de coco.

ABSTRACT

At the International Center for Clean Production Lope, SENA Regional Nariño, was made the evaluation of coconut fiber substrates and rice husks with their mixtures under a hydroponic system for give an alternative productive to the region, in the project was evaluated the variables plant height, diameter and total weight. Was realized with 5 treatments and 4 repetitions, where the treatment1 corresponded to the substrate 100% rice husks, treatment 2 a mixture of 70% rice husks and 30% coconut fiber, treatment 3 a mixture of 50% of each of the substrates, in treatment 4 a mixture of 70% coconut fiber and 30% of rice husks and treatment 5 the substrate 100% coconut fiber. The result showed that the treatments with the mixture of coconut fiber and rice husks was better, that the individualized treatments which gave to the plants the best physiological development in the variables, diameter, weight, and performance. The project was used for the commercial cultive of lettuce in the Pasto city.

Keywords—: Coconut fiber, rice husks, structure A.

¹ Ingeniería Agronómica, Maestría En Ciencias Agrarias Con Diferentes Énfasis , ARAPAIMA SENA Putumayo, angelicamaria_a@misena.edu.co.

I. INTRODUCCIÓN

Fortalecer la sostenibilidad productiva agropecuaria, forestal, pesca y acuicultura es lo más eficaz para reducir la pobreza y lograr la seguridad alimentaria en un mundo cuya población crece día a día. Las buenas prácticas utilizadas en la agricultura, ganadería, actividad forestal y pesca son más eficientes cuando se desarrollan de manera integral y complementaria, lo que favorece el acceso a alimentos de alto valor nutricional y reduce los índices de malnutrición. En América Latina y el Caribe, FAO ha trabajado enfoques innovadores para aumentar la productividad de forma sostenible, de manera de facilitar la adopción y el intercambio de buenas prácticas agrícolas (BPA), con énfasis en la Agricultura Familiar y participación comunitaria. Los recursos naturales y sus servicios son esenciales para producir alimentos y proveer medios de vida sostenibles. En el ámbito del fortalecimiento de capacidades, para aplicar herramientas de gestión de recursos naturales (FAO, 2015)

Actualmente el departamento de Nariño está encaminado hacia un moderno y seguro desarrollo económico donde la estrategia de productividad y competitividad está en las cadenas productivas en el sector agroindustrial y la incorporación de tecnologías sostenibles de producción. (PROEXPORT). (012).

La horticultura en el departamento de Nariño, Colombia, ocupa un renglón muy importante en la producción y la comercialización de hortalizas, sin embargo, es necesario tecnificarla para obtener mayores cosechas y de mejor calidad. Por lo anterior la horticultura en el departamento de Nariño ha tomado

mucha importancia, no obstante, es necesario emplear diferentes alternativas que permitan una constante y mayor producción durante todo el año, como el uso de la hidroponía a nivel comercial.

Por lo anterior es necesario mejorar las técnicas de manejo del cultivo como la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas, o el uso de técnicas como la agricultura urbana que se convierten en unas estrategias para el desarrollo socio- económico de esta región.

Los cultivos hidropónicos tienen algunas ventajas sobre los cultivos tradicionales, como mejorar el control de factores externos como clima, malezas, plagas, enfermedades, deficiencia o exceso de nutrientes, mejorar la calidad de los productos a cosechar, mayor precocidad en la obtención del producto, aumento de la productividad, mejorar el aprovechamiento del área disponible, ya que por medio de este sistema podemos cultivar en varios pisos, aprovechamiento de áreas infértiles, mayor densidad de plantación que nos conduce a un incremento en la producción por unidad de área, además de ser independiente del factor suelo (Llanos, 1988).

En este sistema no es necesaria la rotación de cultivos, no existe la competencia por nutrientes, las raíces se desarrollan en mejores condiciones de crecimiento, mínima pérdida de agua, mínimo problema con malezas, reducción de la aplicación de agroquímicos, se ajusta a áreas de producción no tradicionales, igualmente los cultivos hidropónicos pueden tener algunas desventajas como son el costo inicial alto, se requiere conocimientos de fisiología y nutrición, pueden ocurrir desbalances nutricionales que

causen efecto inmediato en el cultivo y es necesario disponer de agua de buena calidad (Gilsanz, 2007).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente ensayo se realizó en el Centro Internacional de Producción Limpia LOPE-SENA ubicada en el Oriente de la Ciudad de Pasto, departamento de Nariño, república de Colombia, el cual se encuentra a una altitud de 2630 msnm, con temperatura promedio de 12oC y precipitación de 800 mm por año.

Para cultivar las lechugas se construyó una estructura en "A" en madera rolliza con las siguientes dimensiones: 1,50 metros de largo, 3,0 metros de ancho y 1,50 metros de alto; sobre ella se distribuyeron a cada lado 5 tubos de PVC de 4 pulgadas con un largo de 2 metros cada uno. Estos tubos fueron perforados cada 20 cm dejando a cada lado 10 cm, para un total de 10 plantas por cada tubo.

Los sustratos utilizados para el ensayo fueron:

- A. Fibra de coco: Procedente del mesocarpo del fruto de coco, se caracteriza por tener buena capacidad de retención de la humedad, ser liviano y poroso, la cual fue sometida a varios lavados y posteriormente se solarizo el material durante 8 días.
- B. Cascarilla de arroz: Este material es un subproducto de la industria molinera, para su utilización se debió realizar un lavado, se colocó la cascarilla de arroz a fermentar en un tanque con agua durante 15 días, después se retiró el agua y se colocó en un plástico color negro para su solarización

durante 8 días, con el objetivo de eliminar taninos, residuos de plaguicidas, desinfectar y quitar algunas impurezas; este material se caracteriza por ser un sustrato liviano y con buen drenaje.

Una vez estuvieron listos los sustratos se humedecieron hasta un punto de saturación y se combinaron en proporciones de acuerdo a volumen, por ejemplo, se mezcló para la proporción 50% fibra de coco y 50% cascarilla de arroz, se toma de un total de 100 partes iguales, 50 partes de fibra de coco y 50 partes de cascarilla de arroz, de esta manera se realizó las demás mezclas para los diferentes tratamientos propuestos según el diseño experimental.

Se utilizó manguera para riego por goteo con emisores de 4 litros/hora, lo que permitió controlar la humedad en el sistema de manera adecuada; la lámina de riego aplicada se ajustó de acuerdo a los datos proporcionados por la estación meteorológica.

El fertirriego se realizó utilizando una electrobomba, que impulsa la solución de los fertilizantes comerciales desde un tanque de 50 litros durante el ciclo del cultivo y se entregó en forma diaria, además en cada entrega se monitoreo el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura de la solución para el buen desarrollo del cultivo.

Las plántulas fueron obtenidas en un vivero comercial, las cuales se trasplantaron a los contenedores cuando cumplieron 25 días. Se utilizó como material lechuga Batavia. (Romero et al., 2003).

Teniendo en cuenta que las plantas presentaron excelentes condiciones de sanidad en el cultivo, la fertilización se realizó de acuerdo a un plan de fertilización y riego según los estados fenológicos del cultivo.

Se realizaron 5 tratamientos y 4 repeticiones.

Tabla 1.

Resultados de la evaluación sensorial del olor.

Tratamiento	Sustratos
T1	Cascarilla de arroz 100%
T2	Cascarilla de arroz 70% - Fibra de coco 30%
T3	Cascarilla de arroz 50% - Fibra de coco 50%
T4	Cascarilla de arroz 30% - Fibra de coco 70%
T5	Fibra de coco 100%

Fuente: Autores

Variables evaluadas

Altura de la planta. Una vez finalizado los 90 días correspondiente al ciclo del cultivo se procedió a medir la altura de las plantas desde la base hasta el extremo superior de la cabeza con una regla métrica (Benavides et al., 2010).

Tabla 2.

Análisis de varianza de altura, diámetro, peso y rendimientos evaluados en los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico

F.V	ALTURA	DIAMETRO	PESO	RTO
MODELO	27,7**	17,09**	57071,4**	2282,86**
SUSTRATO	27,7**	17,09**	57071,4**	2282,86**
ERROR	5,79	2,43	2792,24	111,69
CV	19,85	21,78	15,71	15,71

** Altamente significativo

Fuente: Autores

Diámetro. En cuanto se realizó la cosecha de las lechugas, se procedió a medir su perímetro (contorno de la cabeza) con una cinta métrica flexible y se calculó el diámetro por medio de la siguiente ecuación (Bravo y Paspur, 2009).

$$D=C \pi$$

Donde;

D= Diámetro

C= Contorno de cabeza

$$\pi= 3,1416$$

Peso: Una vez realizada la cosecha, se pesaron cada una de las cabezas con sus raíces utilizando una balanza analítica (Bravo y Paspur, 2009).

Rendimiento. Se calculó teniendo en cuenta el peso fresco total de las plantas cosechadas para los diferentes tratamientos (Álvarez y Lasso, 2011).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un análisis de varianza para las variables altura, diámetro, peso y rendimiento que permitió establecer diferencias significativas entre los tratamientos realizados entre la fibra de coco y cascarilla de arroz en el cultivo de lechuga bajo condiciones hidropónicas. (Tab. 2).

Tabla 3.

Prueba de comparación de promedios de Tukey para las variables altura, diámetro, peso y rendimiento evaluados en los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico.

TRATAMIENTO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	PESO (gr)	RENDIMIENTO (ton .ha-1)
TRAT. 1 100% C	7.75 b	5.05 b	141.23 c	28.25 c
TRAT. 2 70%C30%F	14.28 a	8.73 a	435.13 a	76.26 ab
TRAT. 3 50%C50%F	13.53 a	8.18 ab	416.43 ab	83.29 ab
TRAT. 4 70%F30%C	13.45 a	9.06 a	381.28 ab	87.03 a
TRAT. 5 100%F	11.65 ab	4.80 b	307.90 b	61.58 b
DMS	5,26	3,40	115,37	23,07

Fuente: Autores

Altura de la planta: Según la prueba comparación de promedios de Tukey (Tab. 3), mostró que utilizando los sustratos de cascarilla de arroz y fibra de coco en mezclas se obtiene mayores alturas de planta, comparado con la utilización de sustratos individuales o que no tengan mezclas.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), C: Cascarilla de arroz, F: Fibra de coco.

Los sustratos mezclados en diferentes proporciones, además de suministrar agua y aire, proveen en 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. De igual manera, Ansonera (1994), señala 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 pH del medio, se obtuvo una buena

adaptación de la lechuga a medios ácidos con pH de 3,5. Además, el crecimiento de las plantas en altura, es un indicador de que el medio proporcionó las cantidades necesarias y adecuadas de elementos minerales, permitiendo el crecimiento vigoroso de las lechugas. En este sentido, se observó que el tratamiento 2 (70% cascarilla de arroz y 30% fibra de coco) fue el que ofreció mejores resultados, sin embargo, no difiere de los demás tratamientos excepto del tratamiento 1 (100% cascarilla de arroz).

Ansonera (1994), manifiesta que la fibra de coco y la cascarilla de arroz posiblemente generaron propiedades diferentes al estar en mezcla, brindando mejores condiciones para el desarrollo de la planta, por el contrario, los sustratos 100% fibra de coco y 100% cascarilla de arroz de manera individual poseen diferentes propiedades. Según Calderón (2001), el principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad.

Diámetro: El diámetro constituye uno de los más importantes atributos morfológicos para estimar el crecimiento de las plantas de lechuga después del establecimiento (Carneiro, 1995). En la tabla 3, se puede apreciar que el mayor diámetro ecuatorial se presentó en los tratamientos T4 y T2, donde se utiliza la mezcla de los sustratos a excepción de tratamiento T3 que fue igual a los tratamientos donde se utilizó solamente un sustrato.

Las diferentes mezclas de sustratos con fibra de coco y cascarilla de arroz se destacaron posiblemente a que se generó un medio adecuado para el desarrollo de la planta, no obstante, para 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.

La fertilización fue ajustada según la absorción de nutrientes de la lechuga de acuerdo a su estado fenológico, donde se brindó una solución nutritiva adecuada con elementos mayores y menores, que de acuerdo a los resultados presentados por Quesada y Méndez (2005), permitieron mostrar una respuesta a mayores dosis de macronutrientes N,P,K, al observar una tendencia al aumento del diámetro al final del ciclo productivo, siendo más notorio para el fósforo y el potasio. De igual manera, los micronutrientes están presentes en los sustratos principalmente óxidos o hidróxidos y otras sales insolubles y cuya solubilidad es mínima a pH básicos (Cadahia et al., 2005). Esta condición puede generar en los sustratos mayores contenidos y así permitir su lenta liberación al medio.

El boro es un microelemento importante para el acogollado de la lechuga, el cual funciona

muy bien al ser puesto en contacto con sustratos orgánicos como es el caso de la fibra de coco y la cascarilla de arroz. Según Cadahia et al., (2005) una vez que el boro se encuentra en el sustrato no es muy reactivo y se podrá perder por lixiviación, entre tanto, los materiales orgánicos lo pueden retener mejor. En el sustrato, el boro podría formar uniones con otras moléculas orgánicas de forma más estable fijándose más al sustrato de naturaleza orgánica. Este comportamiento se aprecia especialmente en el sustrato con mayor contenido de fibra de coco (Botero y Flórez, 2006).

Peso: Según la comparación de promedios de Tukey realizada para esta variable (Tab. 3), mostró que las mezclas de los sustratos cascarilla de arroz y fibra de coco se obtuvieron los mayores valores comparado con los tratamientos donde no se utilizó mezclas. La cascarilla de arroz favoreció la porosidad y oxigenación del sustrato y la fibra de coco aportó su alta capacidad de retención de humedad. Según HidroEnvironment (2011), la cascarilla de arroz es un sustrato muy liviano y su capacidad de retención de humedad del 40% es baja. Por otro lado, la fibra de coco tiene una alta relación carbono/nitrógeno que le permite mantenerse químicamente estable; además, la retención de humedad del 57% es muy buena.

Con respecto a los tratamientos 100% fibra de coco y 100% cascarilla de arroz (T1 y T5, respectivamente), se obtienen los resultados de peso más bajos posiblemente debido a la falta de equilibrio de retención de humedad, provocando que la planta no tenga un ambiente propicio en la parte radicular para la acumulación de biomasa, por esta razón se debe mantener la humedad del suelo a un nivel determinado de agua

utilizable, evitando las situaciones extremas (Fueyo, 1998), es decir un exceso de humedad en el caso del tratamiento 5 (100% fibra) y una deficiencia para el caso del tratamiento 1 (100% cascarilla de arroz). Por lo anterior, 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 (Alvarado et al., 2001).

Otro factor importante a tener en cuenta y que favoreció la acumulación de biomasa, es la forma como está ubicada la estructura en “A” para el aprovechamiento de la luz, desde el punto de vista interno de la planta. Morgan (2000), señala que luego de la absorción de nitrato, las plantas deben utilizar energía para desarrollar sus procesos fisiológicos, la cual se obtiene de la luz y la fotosíntesis, por lo tanto, la asimilación y reducción del nitrato está estrechamente relacionado con la tasa de fotosíntesis. Bajo condiciones de alta luminosidad, donde la planta tiene una alta tasa de fotosíntesis, el nitrato es rápidamente asimilado y convertido, lo que sucede en forma contraria bajo condiciones de baja luminosidad, donde las plantas están forzadas a producir suficiente energía para la conversión de nitratos y se tiende a reducir la energía disponible para el crecimiento.

Para Marulanda (2003), el criterio más importante es que se tengan como mínimo 6 horas de luz al día, para esto es recomendable utilizar espacios con buena iluminación y cuyo eje longitudinal mayor esté orientado hacia el norte.

Existe una relación directamente proporcional en los valores de los promedios de la variable peso de cabeza con la variable diámetro de cabeza (Tab.3), ya que, a mayor diámetro, mayor cantidad de biomasa acumulada. Lo anterior coincide con lo reportado por Melgares et al. (2004) quienes señalan que a mayor peso comercial el diámetro de la cabeza se incrementa, evidenciándose así que la mezcla de sustratos utilizados en diferentes proporciones en este ensayo aumenta la acumulación de biomasa en la parte aérea de la planta.

El valor de temperatura de acuerdo con Resh (2006), es equilibrado y no puede perjudicar el crecimiento de las plantas, pues ésta no deberá exceder los 30 °C. Las condiciones ambientales de la finca Lope-SENA son favorables para su normal desarrollo fisiológico ya que esta variedad prefiere una altitud de 1800 a 2800 msnm, una precipitación promedio de 1200 a 1500 mm.y temperaturas en el día entre 13° C a 27°C y durante la noche entre 3 y 8° C (Suquilandia, 2003).

Otro indicador que se tuvo en cuenta en este ensayo, es la conductividad eléctrica la cual determina el contenido de sales totales en la solución nutritiva y es uno de los parámetros más útiles para determinar la cantidad de fertilizante a aplicar; se midió la conductividad eléctrica con un multiparamétrico cada vez que se aplicaba la solución, donde el valor promedio fue de 1,8 mS/cm, valor favorable para el adecuado desarrollo de la planta ya que, según Soto (2006), se debe reemplazar la solución cuando la conductividad eléctrica tenga un valor menor a 1,5 mS/cm.

Rendimiento: Los valores más altos se obtuvieron con el tratamiento 4 (70 % fibra de coco - 30% cascarilla de arroz), seguido del tratamiento 3 (50 % cascarilla de arroz- 50% fibra de coco) y el tratamiento 2 (70% cascarilla de arroz - 30% fibra de coco) en los cuales no se presentaron diferencias; los valores más bajos se obtuvieron con el tratamiento 5 (100% fibra de coco) y el tratamiento 1 (100% cascarilla de arroz) que a su vez difieren de los demás tratamientos, evidenciándose así, que los mejores promedios de rendimiento se obtuvieron en las mezclas de sustratos los que conformaron iguales características fisicoquímicas en retención de humedad, está directamente ligado a las condiciones de aireación y contenido de agua en el sustrato, estas interacciones se reflejan positiva o negativamente en la presentación comercial final de las especies cultivadas (Bunt, 1992).

En este sentido, la cascarilla de arroz por su porosidad pudo haber proporcionado el ambiente propicio de aireación en la raíz y la fibra de coco por su gran retención de humedad proporcionó el ambiente perfecto para la absorción y circulación de agua y nutrientes necesarios para el correcto desarrollo fisiológico de las plantas.

Otra labor favorable para el adecuado rendimiento de las plantas cultivadas en el desarrollo de este cultivo hidropónico es la humedad ya que como se utilizó un sistema de irrigación que estaba directamente en contacto con la raíz lo que posiblemente permitió obtener un mejor rendimiento. Según Devia (1991), la condición de humedad constante, independiente del clima o de la etapa de crecimiento del cultivo y asegurando una irrigación en toda el área radicular, evita el gasto inútil de

agua y fertilizantes y reduce los problemas de enfermedades producidas por patógenos del suelo aumentando el rendimiento de las hortalizas.

Alternativa productiva: La escasez de alimentos, la malnutrición y la pobreza rural son problemas de consideración en América Latina. Estos problemas han sido generalmente percibidos como el resultado de un alto crecimiento demográfico y una baja productividad agrícola. Consecuentemente se implementaron una serie de proyectos internacionales y nacionales de investigación y desarrollo, destinados a mejorar la producción de alimentos y generar excedentes económicos. Después de más de dos décadas de innovaciones tecnológicas e institucionales en la agricultura, la pobreza rural y la baja productividad aún persisten en América Latina. (CEPAL, 1992)

En el año 2012 el presente ensayo fue el primer trabajo en hidroponía con sustratos orgánicos en la Universidad de Nariño se había realizado solo un estudio previo en cultivos hidropónicos en lechuga con sustratos inorgánico, donde 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 (Benavides et al., 2010).

A nivel nacional trabajos realizados por Nieto y Flórez (2006) donde se utilizaron los sustratos cascarilla de arroz quemada, fibra de coco, sus mezclas y un cultivo en suelo en clavel no se observaron diferencias en producción y calidad de los tallos florales, en rosa se observó mayor producción de tallos florales en las plantas del tratamiento 100% cascarilla de arroz quemada.

El cultivo en hidroponía es una modalidad en el manejo de plantas, mediante esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vistas las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. En el sistema hidropónico los elementos minerales esenciales son aportados por la solución nutritiva. El rendimiento de los cultivos hidropónicos puede duplicar o más los de los cultivos en suelo. La disponibilidad de agua y nutrientes, los niveles de radiación y temperatura del ambiente, la densidad de siembra o disposición de las plantas en el sistema hidropónico, la acción de patógenos o plagas, incidirán fuertemente en el rendimiento del cultivo. El modernismo permitió la introducción de los avances de la informática para el control y ejecución de actividades, que han hecho de la automatización del cultivo hidropónico una realidad. Un cultivo hidropónico realizado en un área confinada y climatizada es un sistema altamente repetible, en consecuencia, se ha constituido en una herramienta valiosa para la investigación y la enseñanza. Hoy la hidroponía se vislumbra como una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas, producto de la contaminación, la desertización, el cambio climático y el crecimiento desproporcionado de las ciudades. Además, de ser una de las más fascinantes ramas de la ciencia agronómica. El suministro de energía o de agua, el transporte, la gestión de los residuos o los propios sistemas constructivos deberán cambiar para acercarse a un modelo más sostenible, para dar forma a lo que se ha dado en llamar “ciudades inteligentes” y las granjas verticales (“Vertical Farm”). La idea del huerto hidropónico familiar, el huerto hidropónico urbano, las Vertical farm, son ideas

muy innovadoras y conducen a un sistema diferente, en un paisaje en el que cada uno de los participantes deberá contemplar desde una óptica sistémica, este nuevo paisaje, luego la producción de alimentos y la sustentabilidad del sistema deberán estar bajo evaluación permanente. (Beltrano y Gimenez, 2016)

IV. CONCLUSIONES

Las mezclas de los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz obtuvieron mejor respuesta para las variables evaluadas que los sustratos individuales, los cuales dieron plantas con mejor desarrollo fisiológico en las variables diámetro, peso y rendimiento.

Por lo anterior, los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz en mezcla en el cultivo de lechuga para producción bajo el sistema hidropónico sobre una estructura en forma de “A”, son una alternativa de producción rentable para los agricultores minifundistas ya que les permite tener una opción para mejorar sus ingresos y competir a nivel comercial, por lo tanto, la adopción de este tipo de tecnologías hidropónicas es una alternativa eficiente para la seguridad alimentaria, así como el uso responsable del recurso hídrico en la producción de plantas bajo sistemas hidropónicos.

V. REFERENCIAS

- ALVARADO, D.; CHAVEZ, F. y ANNA, K. 2001. Seminario de Agronegocios. Lechugas Hidropónicas. Universidad del Pacífico. Quibdó, Chocó. 10p.
- ÁLVAREZ, M y LASSO, A. 2011. Fertilización con azufre y magnesio en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) var. Itálica sobre suelos VitricHaplustand y Typicdistrandep del

- Altiplano de Pasto. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto. 23p
- ANSONERA, J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 172 p.
- ASTIZ, M. DEL CASTILLO; J. URIBARRI; A. AGUADO; G. APESTEGUÍA, M. y SÁDABA, S. 2010, Tomate hidropónico, Ed. Navarra Agropecuaria. Lima, Perú. 42p.
- BENAVIDES, L. ARCOS, B y BENAVIDES O. 2010. Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto. 16p.
- BELTRANO, J y GIMENEZ, D. 2016. Libro cultivo en hidroponía. Editorial Universidad de la Plata. 181p. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1
- BOTERO, A. y FLOREZ, V. 2006. Cambios en la composición química de los sustratos en el cultivo de clavel. Ed: Universidad Nacional de Colombia Unibiblos. Bogotá, Colombia. 231p
- BRAVO, S y PASPUR, J. 2009. Evaluación de la fertilización con fósforo en lechuga (*Lactuca Sativa* L.) en el Altiplano de Pasto, Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto. 20 p.
- BUNT, A.C 1992 Media and mixes for container - grown plants. Unwin hyman. London, Great Britain Ltd. 288p.
- CADAHIA L. C.; E. EYMAR A. y J.J. LUCENA. M. 2005. Materiales fertilizantes utilizados en fertirrigación. En: Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales, 3ª. Ed. Madrid: Mundi - Prensa, 94 – 132 p.
- CALDERÓN, F. 2001. Los sustratos. Bogotá D.C., Colombia S.A. Disponible en: http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm; consulta: octubre 2012.
- CARNEIRO, J.G.A. 1995. Producción y control de las cualidades de las plántulas forestales. Curitiba UFPR-FUPEF/Campos: UNEF. Brasil. 451 p.
- CEPAL. Comisión económica para América Latina y el Caribe. 1992. La agroecología y el desarrollo sostenible rural en América Latina. 16p.
- DEVIA, J. 1991. Cultivo Hidropónico. Chile Hortofrutícola .4 (23):8 - 10.
- ECO AGRICULTOR. 2012. El Sustrato con fibra de coco. Disponible en: <http://www.ecoagricultor.com/2012/08/el-sustrato-con-fibra-de-coco/>. Consulta: Octubre, 2012.
- FAO. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. 2015. Agricultura sostenible, una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en America Latian y el Caribe. 48p.
- FUEYO M. 1998. Producción de Lechuga. Tecnología Agroalimentaria. CIATA. Edición especial. Madrid España. 3 - 6 p.
- GILSANZ, J. 2007. Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Ed Andes. 31p.
- HIDRO ENVIRONMENT, 2011. Productos para Hidroponía, tipos de sustratos para Hidroponía Disponible en: http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32&chapter=1. Consulta: marzo, 2013.
- LLANOS, P. 1988. Manual hidropónico. Ed. Diario del Agro. Bogotá. 30 p

- MARULANDA, C. 2003. Manual técnico: La Huerta Hidropónica Popular. 3ª ed. Santiago, Chile. 132 p.
- MELGARES, A.; GONZALES, D.; GUTIERREZ, A.; HORNUVIA, N y MORTE, A. 2004. Efectos del hongo endomicorrítico *Glomus intradices* en el cultivo ecológico de lechuga tipo Iceberg. España comunicaciones al VI Congreso de la SEASA. 1589 - 1596 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). 2009. Proyecto de alianzas productivas. Disponible en: <http://www.potosi-narino.gov.co/apc-aa>. Consulta: Octubre, 2012.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). 2008. Guía Ambiental Hortofrutícola de Colombia. Disponible en: [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_GUIAhortofruticultura\[1\].pdf](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_GUIAhortofruticultura[1].pdf). Consulta: Octubre, 2012.
- MORGAN, L. 2000. El gran debate: Amonio vs Nitrato. In: Red hidroponía, La Molina. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin9.htm>. Consulta: Octubre, 2012.
- NIETO, D y FLÓREZ, V. 2006. Producción y calidad de rosa y clavel cultivados en cascarilla de arroz y fibra de coco. Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana. Universidad Nacional de Colombia, Asocolflores. 129 p.
- PERRIN, R., WIKELMAN, D., MOSCARDI, E y ANDERSON, J. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México. CYMMIT. 54 p.
- PROMOCIÓN DEL TURISMO INTERNACIONAL, LA INVERSIÓN EXTRANJERA Y LAS EXPORTACIONES NO TRADICIONALES EN COLOMBIA. PROEXPORT. 2012. Revista de las oportunidades. Exportaciones Nariño. 5 p.
- Disponible en: http://www.proexport.com.co/sites/default/files/cartilla_narino_exportaciones.pdf. Consulta: Octubre, 2012.
- QUESADA G. y MENDEZ C. 2005. Análisis físicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. Revista de Agricultura Tropical 35:01 – 13 p.
- QUINTERO C, M.F, GONZALEZ M, C.A. y GUZMAN P, J.M. 2011. Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. En: Flórez R., V.J. (Ed.). Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. 79 -108 p.
- ROMERO, M; RAMIREZ, A; PULIDO, S; UBAQUE, L; FUENTES, L; GOMEZ, S; MEJIA, J; LEE, R; CURE, J; MENDEZ, H; HERRERA, J; ESCOBAR, H y PRIETO, G. 2003. Producción Ecológica De Hortalizas de Clima frío. Ficha técnica lechuga batavia. 2003. Bogotá. Colombia. 135 p.
- RED DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN ESTRATÉGICA DEL SECTOR AGROPECUARIO (AGRONET). 2010. Sistema de Información de Precios e Insumos y Factores Asociados a la Producción. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co>. Consulta: Octubre, 2012.
- RESH, H. 2006. Cultivos hidropónicos. Madrid. Ed 5ta. MundoPrensa. 364 p.
- SINGH, B. y SAINJU, U. 1998. Soil physical and morphological properties and root growth. HortScience. 33(6):966 - 971 p.
- SOTO, F. 2006. Producción de lechuga con la técnica de lámina de nutrientes modificada (NFT). San José (CR): INA, 38 p.