

EVALUACION 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 DEL MUNICIPIO DE PASTO

ELIZABETH MARCELA GUERRERO GUERRERO

JUAN CAMILO REVELO MARTINEZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA

PASTO

2012

EVALUACION 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 DEL MUNICIPIO DE PASTO

ELIZABETH MARCELA GUERRERO GUERRERO

JUAN CAMILO REVELO MARTINEZ

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

Presidente de Tesis

ORLANDO BENAVIDES BENAVIDES I.A., M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA

PASTO

2012

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva de los autores.

Artículo 1^{ro} del acuerdo No 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de Tesis

Firma Jurado Delegado

Firma Jurado

San Juan de Pasto, Noviembre de 2012

Agradecimientos

Elizabeth Marcela Guerrero Guerrero

GRACIAS

A Dios por ser mi guía, por bendecir cada uno de mis proyectos, por iluminar mi camino, por protegerme, amarme y cuidarme en cada paso de mi vida

A mi madre Luz Alba por apoyarme en todas mis metas, por sus oraciones, por su amor incondicional, por estar ahí en todo momento.

A mi padre Oscar por ser esa fortaleza que todos los días me impulsa a salir adelante, por su amor y comprensión.

A mi hermana Claudia por ser ese modelo a seguir, por aconsejarme y acompañarme siempre incondicionalmente

A mi hermana Patricia por su amor, por escucharme, por brindarme todo su apoyo, su ternura y comprensión

A mi cuñado Mauricio por enseñarme cada día como salir adelante y por sus palabras de aliento

A mi compañero Juan Camilo por acompañarme en este camino, por su amor, comprensión, tolerancia, por todo su apoyo y a su familia por todo el cariño brindado

A mi presidente de tesis Orlando Benavides y a mis jurados Germán Chaves y Álvaro Moncayo por creer, apoyar y colaborar en este proyecto

A la I.A Milena Tello por ser mi amiga incondicional y estar ahí siempre

Al I.A Alexis Guerrero por su colaboración y su conocimiento

Al I.A Marino Rodríguez por sus enseñanzas y su apoyo

Al Tec. Camilo Navarro por su colaboración en este proyecto

A la Universidad de Nariño y al SENA

A todas las personas que formaron parte de este proyecto Muchas Gracias

Agradecimientos

Juan Camilo Revelo

Esta tesis de grado, que me engrandece hoy como profesional así como a mi equipo de trabajo y a mi familia no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas e instituciones que a continuación citaré.

En virtud de los principios y valores que se gestan en mi seno familiar, es indiscutible que el principal Agradecimiento está dirigido a Dios, por haberme dado la capacidad intelectual y el valor para poder culminar satisfactoriamente este proyecto.

A mis padres que en forma permanentemente me han apoyado incondicionalmente, para lograr los fines propuestos en la culminación de esta carrera y brindarme con su ejemplo diario, perseverante, cumplidor del deber y darme la fuerza que me impulsó a conseguir tan anhelada profesión.

A mis hermanos que me acompañaron en todo el transcurso de elaboración y ejecución de este proyecto gracias a su tiempo y colaboración hoy es una realidad; A mis abuelos, tíos y primos que a lo largo del camino, me brindaron la fuerza necesaria para continuar, dándome animo, apoyo, consejos y orientación que indiscutiblemente han servido en mi formación.

A la Universidad de Nariño Primero por permitirme estudiar en su alma mater, enriquecerme como persona y estudiante ayer, y hoy como nuevo profesional. En este proyecto un Agradecimiento muy especial al Doctor Germán Chaves Jurado, al Doctor Orlando Benavides y al Doctor Marino Rodríguez ya que gracias a su bondad y apoyo incondicional me brindaron el acompañamiento científico para la construcción elaboración y desarrollo de todo este proyecto; Además un agradecimiento muy especial a mi compañera de Pregrado la Ingeniera Milena Tello por su contribución de conocimientos, Valores, y comprensión; A todos los docentes en general de la facultad de Ciencias Agrícolas que de una u otra manera han contribuido en la formación profesional de un Ingeniero Agrónomo competente al servicio de la sociedad, quienes suministraron siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos los cuales se van a ver reflejados en el campo de acción enalteciendo nuestra alma mater.

Al Centro Internacional de Agricultura Lope, Sena un agradecimiento muy especial al Doctor Álvaro Moncayo por haber creído en este proyecto y permitirme gestionar las instalaciones para la realización de este proyecto que me dio la seguridad, el apoyo y todo el soporte humano y técnico para su realización; y todas aquellas personas que en cada momento dan lo mejor de ellos a la educación.

A la persona que ha formado parte de mi vida profesional, hoy mi compañera de Tesis, Elizabeth Marcela Guerrero un agradecimiento muy especial por haber compartido esta experiencia tan gratificante, que tuvo sus altos y bajos, pero que en su compañía las cosas malas se convirtieron en buenas, agradezco su amistad, apoyo y su innumerable colaboración. A su Madre que acompañó este proceso con sus concejos, ánimos, que me dio ese empujón para iniciarlo gracias por todo lo que me ha brindado y por todas sus bendiciones.

En general quiero agradecer a todas y cada una de las personas que compartieron conmigo la realización del presente proyecto de Tesis, desde lo más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCION.....	10
MATERIALES Y METODOS.....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
CONCLUSIONES.....	29
RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFIA.....	31
CIBERGRAFIA.....	35

EVALUACION 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 DEL MUNICIPIO DE PASTO¹

EVALUATION OF SUBSTRATES COCONUT FIBER AND RICE HULL IN LETTUCE CULTIVE (*Lactuca sativa* L.) UNDER HYDROPONIC SYSTEM IN THE LOPE SENA FARM IN THE PASTO CITY

ELIZABETH MARCELA GUERRERO GUERRERO² JUAN CAMILO REVELO MARTINEZ²

ORLANDO BENAVIDES BENAVIDES³ GERMAN CHAVES JURADO⁴ CARLOS ALVARO MONCAYO MONCAYO⁵

RESUMEN

En el Centro Internacional de Producción Limpia Lope, SENA Regional Nariño, de la ciudad de Pasto, se realizó la evaluación de dos sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz con sus respectivas mezclas bajo un sistema hidropónico sobre una estructura en forma de “A” para la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L), la estructura se realizó con madera y se utilizó como contenedores tubos de PVC, estos se colocaron sobre la estructura a 45 cm, en un área de 10 metros cuadrados para un total de 200 plantas de lechuga, donde se

¹ Artículo científico presentado a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño para optar al título de Ingeniero Agrónomo. 2012.

² Estudiantes de Ingeniería Agronómica .Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas, Pasto, Colombia. 2012. E- mail marcelitag2@yahoo.es/ juancarevelo.2006@yahoo.es

³ I.A., M.Sc. Presidente de Tesis. Profesor Asociado Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.2012. E-mail Orlando. benavides2@gmail.com

⁴ I.A., Esp. M.Sc. Profesor Asociado Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.2012. E-mail g-ch-j@hotmail.com

⁵ I.A., Esp. Profesor Asociado Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño., Instructor SENA. Pasto Colombia.2012. E-mail camoncayo@gmail.com

evaluaron las variables altura de la planta, diámetro, peso total de la planta, peso de la cabeza, peso de raíz y se realizó el análisis económico; se utilizó un Diseño Irrestringido al Azar (DIA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones, donde el tratamiento 1 correspondió al sustrato individualizado 100% cascarilla de arroz, tratamiento 2 mezcla 70% cascarilla de arroz con 30% fibra de coco, el tratamiento 3 mezcla 50% de cada uno de los sustratos mencionados, tratamiento 4 mezcla 70% fibra de coco y 30% cascarilla de arroz y el tratamiento 5 correspondiente al sustrato individualizado 100% fibra de coco. Obteniendo como resultado que el mejor tratamiento es el 4 correspondiente a la mezcla 70% fibra de coco con 30% cascarilla de arroz, el cual le brindó a la planta el mejor desarrollo fisiológico en las variables altura, diámetro, peso de la cabeza, peso de raíz y rendimiento.

Palabras claves: Estructura en A, mezcla, fisiológico

ABSTRACT

In the international center clean production Lope, SENA Nariño regional, Pasto city, was the assessment of two substrates coconut fiber and rice hulls with their mixtures under a hydroponic system on a structure in "A" for production of lettuce *Lactuca sativa* L, the structure was made with wood and PVC tubing, located at an angle of 45 °, in an area of 10 square meters for a total of 200 plants of lettuce. Where were evaluated variables plant height, diameter, total plant weight, head weight, root weight and economic utilized a analysis random unrestrictedly, with 5 treatments and 4 repetitions, where the 1 corresponded to the substrate treatment individualized 100% rice hulls, 70% treatment 2 mixing rice hulls with 30% coconut fiber, treatment 3 mixes 50% of each of the substrates mentioned, treatment 4 70% mixture of coconut fiber and 30% rice hulls and treatment individualized 5 substrate corresponding to 100% coconut fiber. The result being that the best treatment is 4 for the mixture 70% coconut fiber with 30% rice hull, which gave the best development plant physiological variables height, diameter, head weight, weight root and performance.

Key words: structure A, mixture, physiological

INTRODUCCION

La horticultura en el departamento de Nariño ocupa un renglón muy importante en la producción y la comercialización de hortalizas, la cual se hace necesario tecnificar para obtener una producción constante y de mejor calidad. Por lo tanto se plantea una alternativa de cultivo hidropónico donde se utilizó como sustrato cascarilla de arroz y fibra de coco.

La constante problemática que atraviesa el departamento de Nariño con su agricultura tradicional de las pequeñas áreas dedicadas a la explotación agrícola, sumado al uso inadecuado de agroquímicos, conlleva a una menor producción de baja calidad que hace que los ingresos sean menores, ya que este producto pierde su valor comercial y competitividad en los mercados de cadena.

La adopción de tecnologías de producción como el cultivo hidropónico desarrollado en estructuras en “A”, permite obtener un mayor rendimiento por unidad de área, produciendo cultivos más limpios y sanos mejor aceptados en el mercado, aplicando buenas prácticas agrícolas, así como el mínimo uso de plaguicidas o la no utilización de los mismos y cero costos de labranza.

En este sentido el presente trabajo se realizó cumpliendo como objetivos evaluar los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz en diferentes proporciones en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) bajo un sistema hidropónico

MATERIALES Y METODOS

El presente ensayo se realizó en el Centro Internacional de Producción Limpia LOPE - SENA ubicada en el Oriente de la Ciudad de Pasto a una Altitud de 2630 msnm con una temperatura promedio de 12° C y una precipitación de 800 mm por año (Estación meteorológica SENA,2012)

CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA

Se realizo una estructura en "A" o también llamada un sistema de producción escalonada, para lo cual se utilizo madera rolliza, para su elaboración, 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, con una pendiente del 2% para facilitar el riego y el drenaje. Estos tubos fueron perforados cada 20 cm dejando a cada lado 10 cm, para un total de 10 plantas por cada tubo. (Figura 1-2)



Figura 1 Estructura en "A" Siembra Figura 2 Estructura en "A" Cosecha

SUSTRATOS Se utilizaron dos sustratos la fibra de coco y la cascarilla de arroz

FIBRA DE COCO Procedente del mesocarpo del coco o la parte no comestible del coco, la cual fue molida para la obtención de partículas más pequeñas; la fibra de coco tiene una buena capacidad de retención de la humedad, es liviano y poroso, además, fue sometida a

varios lavados para eliminar taninos, sales como sodio y cloruros y se procedió a solarizar el material durante 8 días.

CASCARILLA DE ARROZ La cascarilla de arroz es un subproducto de la industria molinera, para su utilización se debió realizar varios lavados para eliminar taninos, residuos de plaguicidas, así desinfectar y quitar algunas impurezas; es un sustrato liviano y con buen drenaje.

Una vez los sustratos se encontraban listos se humedecieron y se combinaron en proporciones según los diferentes tratamientos acorde a los propuestos según el diseño experimental

RIEGO

Se aplicó el riego de acuerdo a pruebas de retención de humedad realizadas para cada sustrato en forma previa al montaje del ensayo. Se utilizó manguera para riego por goteo con emisores de 4 litros/hora ubicados cada 20 cm, se colocó internamente dentro de cada contenedor (tubo de PVC) lo que permitió controlar la humedad en el sistema de manera adecuada, la lamina de riego que se aplicó según los requerimientos hídricos del cultivo de acuerdo a su desarrollo fisiológico.

FERTILIZACION

El fertirriego se realizó utilizando una electrobomba de 0,75 HP, que impulsaba la solución del fertilizante hacia los contenedores (tubo de PVC) a través de la manguera para riego por goteo. La nutrición se calculó con base a los requerimientos del cultivo según su desarrollo fisiológico, la solución nutritiva se preparó con sales solubles en un tanque de 50 litros durante el ciclo del cultivo y se entregó en forma diaria, además en cada entrega se monitoreó el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura de la solución para el buen desarrollo del cultivo.

PLANTULACION

Las plántulas fueron obtenidas en un vivero comercial, con una edad de 25 días al momento del trasplante, con buenas condiciones de crecimiento, desarrollo fisiológico y de sanidad.

SIEMBRA

Las plantas fueron trasplantadas en el contenedor (tubo de PVC), en el cual estaba el sustrato debidamente lavado, desinfectado con fungicidas comerciales y humedecidos con anterioridad al trasplante.

MANEJO AGRONOMICO

Teniendo en cuenta que las plantas tuvieron excelentes condiciones de sanidad en el cultivo no fue necesario realizar aplicaciones de plaguicidas, reduciendo así costos de producción, favoreciendo al medio ambiente y a la seguridad alimentaria de los consumidores, se realizo un plan de fertilización y riego de acuerdo a los estados fenológicos del cultivo.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizo un Diseño Irrestrictamente al Azar (DIA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones.

CUADRO 1 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS EN LA EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L) BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO

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%

Cada unidad experimental correspondió a un contenedor con 10 plantas para un total de 200 plantas en todo el ensayo

EVALUACIONES

ALTURA DE LA PLANTA

Una vez finalizado el ciclo del cultivo, 90 días se procedió a medir la altura de las plantas desde la base hasta el extremo superior de la cabeza con ayuda de una regla. (Benavides y Arcos, 2010)

DIAMETRO

Una vez cosechadas las lechugas se procedió a medir su perímetro (contorno de la cabeza) con ayuda de una cinta métrica flexible y se calculo 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 TOTAL

Una vez realizada la cosecha, cuando la cabeza de la lechuga estuvo compactada su cabeza (Sañudo *et al.*, 2002), se pesaron cada una de las cabezas (Bravo y Paspur, 2009), con sus raíces utilizando una balanza analítica.

PESO RAIZ

Se peso cada una de las raíces después de realizada la cosecha con una balanza analítica

PESO DE LA CABEZA

Se pesó cada una de las cabezas utilizando una balanza analítica (Bravo y Paspur, 2009).

RENDIMIENTO

Se calculó teniendo en cuenta el peso fresco total de las plantas cosechadas por tratamiento y se proyectaron los resultados del rendimiento en $t\cdot ha^{-1}$ para los diferentes tratamientos (Alvarez y Lasso, 2011)

ANALISIS ECONOMICO

Para la realización del análisis económico del rendimiento obtenido, se tuvo en cuenta el precio de venta de la lechuga para la época de la cosecha y los costos de producción por hectárea (Perrin, *et al.*, 1976)

ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó un Análisis de Varianza y una Prueba de F, para establecer la diferencia entre promedios de las variables evaluadas que presentaron diferencias estadísticas para las cuales se utilizó la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Análisis de Varianza permitió establecer diferencias significativas indicando el efecto diferencial entre los tratamientos calculados (fibra de coco y cascarilla de arroz) en el cultivo de lechuga bajo condiciones hidropónicas.

TABLA 1. ANDEVA de las variables altura, diámetro, peso total, peso raíz, peso cabeza 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

F.V	ALTURA	DIAMETRO	PESO TOTAL	PESO RAIZ	PESO CABEZA	RENDIMIENTO
MODELO	27,7**	17,09**	57071,4**	308,73**	21210,74**	2282,86**
SUSTRATO	27,7**	17,09**	57071,4**	308,73**	21210,74**	2282,86**
ERROR	5,79	2,43	2792,24	17,06	1441,95	111,69
CV	19,85	21,78	15,71	13,92	25,23	15,71

Donde ** Altamente significativo

TABLA 2. Prueba de Tukey de las variables altura, diámetro, peso total, peso raíz, peso cabeza 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	DESCRIPCION	ALTURA cm	DIAMETRO cm	PESO TOTAL gr	PESO RAIZ gr	PESO CABEZA gr	RENDIMIENTO Ton .Ha-1
T1	100% C	7.75 b	5.05 b	141.23 c	15.65 c	68.68 b	28.25 c
T2	70%C30%F	14.28 a	8.73 a	435.13 a	26.35 b	218.85 a	76.26 ab
T3	50%C50%F	13.53 a	8.18 ab	416.43 ab	34.73 ab	122.85 b	83.29 ab
T4	70%F30%C	13.45 a	9.06 a	381.28 ab	35.55 a	235.25 a	87.03 a
T5	100%F	11.65 ab	4.80 b	307.90 b	36.08 a	106.95 b	61.58 b
DMS		5,26	3,40	115,37	9,01	82,92	23,07

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

ALTURA DE LA PLANTA: Al realizar la prueba de comparación (Tabla 2) mostró que los sustratos cascarilla de arroz y fibra de coco mezclados en diferentes proporciones obtuvieron los mayores valores, el T2 (70% cascarilla de arroz - 30% fibra de coco) con un valor de 14.28 cm, T3 (50% cascarilla de arroz - 50% fibra de coco) con un valor de 13,53 cm y T4 (70% fibra de coco - 30% cascarilla de arroz) con un valor de 13,45 cm y las plantas de menor tamaño fueron presentadas por los tratamientos sin mezcla T5 100% fibra de coco y T1 100% cascarilla de arroz, con valores de 11,65 cm y de 7,75 cm, respectivamente.

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. De igual manera Ansonera, (1994) dice que los sustratos actúan como reserva de nutrientes a través de la capacidad de intercambio cationico y esta a su vez depende en gran medida de la acides o pH del medio; de ahí radica la importancia de la caracterización química de los sustratos y los aspectos nutricionales de la planta. Por consiguiente, se obtuvo una buena adaptación de la planta a medios ácidos con pH de 3,5 en el cultivo de lechuga bajo condiciones hidropónicas. Además, el crecimiento de las plantas en altura es un indicador de que el medio proporciono las cantidades necesarias y adecuadas de elementos minerales lo que permitió el crecimiento vigoroso de las lechugas. En este sentido se observo que el tratamiento 2 (70% cascarilla de arroz con 30% fibra de coco) fue el que ofreció mejores resultados.

Cabe resaltar que no todos los sustratos que existen en la actualidad son mezclas de uno o dos componentes y las propiedades físicas y químicas del medio resultante no siempre son iguales a la suma de sus partes, pues al mezclar diferentes sustratos las propiedades químicas y físicas de los componentes cambian y forman nuevas propiedades que son diferentes a las de los componentes individuales. (Ansonera, 1994), es decir que la fibra de coco y la cascarilla de arroz posiblemente generaron propiedades físico - químicas 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, lo que posiblemente genero que en la variable altura este tratamiento tuviera el valor más bajo.

DIAMETRO 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 2 se puede apreciar que el mayor diámetro ecuatorial se presento en los tratamientos T4 (70% fibra de coco - 30% cascarilla de arroz) con un valor

de 9.06 cm y T2 (70% cascarilla de arroz - 30% fibra de coco) con un valor de 8,73 cm, el menor diámetro ecuatorial se presentó en los tratamientos T1 (100% cascarilla de arroz) con un valor de 5,05 cm y T5 (100% fibra de coco), con un valor de 4,80 cm.

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 aportar.

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 a aumentar el 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. (Cadaña *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 Cadaña *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).

Cabe resaltar, que se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante

el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12°C por el día y 3-5°C por la noche. (Casaca, 2005), 12°C es la temperatura adecuada que fue reportada por la estación meteorológica SENA (2012) lugar donde se encontraba desarrollándose el cultivo.

PESO TOTAL: Dentro de los Cinco tratamientos evaluados se presentaron, un efecto altamente significativo en los Análisis de Varianza aplicados sobre el peso fresco promedio de la lechuga; El Peso total en la comparación de medias a través de Tukey (tabla 2) indicó que las mezclas de sustrato cascarilla de arroz y fibra de Coco obtuvieron los mayores valores destacándose el Tratamiento 2 (70% Cascarilla con 30% Fibra de Coco, respectivamente) con un peso promedio de 435.13 gramos, el Tratamiento 3 (50% Cascarilla de Arroz con 50% Fibra de coco) con un peso total promedio de 416.43 gramos y el Tratamiento 4 (70% Fibra de coco con 30% Cascarilla de Arroz) con un peso total promedio de 381.28 gramos; estas mezclas de sustratos le proporcionaron el mejor desarrollo a la raíz y a la parte aérea de las plantas de lechuga; los menores valores de peso total se obtuvieron en el Tratamiento 5 (100% Fibra de Coco) con un peso promedio de 307.90 gramos y en el Tratamiento 1 (100% cascarilla de Arroz), donde se obtuvo el menor peso total correspondiente a 141.23 gramos.

Cada sustrato tiene unas propiedades físico – químicas particulares, las mezclas ayudan a brindar propiedades de un sustrato a otro, según los resultados obtenidos no hay un sustrato ideal que cubra absolutamente las exigencias de las plantas, 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, por lo anterior la mezcla de sustratos cascarilla de arroz y fibra de coco con diferentes proporciones crearon un ambiente favorable, hecho que se debe a la adecuada relación entre aire, agua y disponibilidad de nutrientes lo que se vio reflejado en una mayor acumulación de biomasa (Cárdenas 1999). Lo que le permitió a las plantas de lechuga pertenecientes a las mezclas de sustratos para el tratamiento 2 (70% Cascarilla con 30% Fibra de Coco), el Tratamiento 3 (50% Cascarilla de Arroz con 50% Fibra de coco) y el Tratamiento 4 (70% Fibra de coco

con 30% Cascarilla de Arroz) adquirir mayor peso fresco. Así que 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 (Sustratos hidropónicos, 2010).

En el presente ensayo la mezcla de cascarilla de arroz y fibra de coco presentaron los promedios más altos en el peso total de la planta ya que 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 Hidro Environment (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 al no 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 el objetivo debe ser 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 de humedad para el 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.

PESO DE LA RAIZ: Al realizar la prueba de comparación se destacan los mayores promedios de peso fresco de raíz, el Tratamiento 5 (100% Fibra de coco) con un promedio de 36,08 gramos y el Tratamiento 4 (30% fibra de coco - 70% cascarilla de arroz) con un peso promedio de raíz de 35,55 gramos; se debió posiblemente a que un sustrato de fibra de coco suele estar compuesto por diferentes tamaños de partículas, desde fibras largas hasta polvo de coco. Al variar las proporciones entre éstas varían también propiedades del sustrato como la capacidad de aireación y de retención de agua. (Astiz, *et al.*, 2010), además es uno de los mejores sustratos orgánicos actuales para conjugar en él la economía del recurso agua y las propiedades de este producto, puesto que sus condiciones naturales ayudan, principalmente, al buen crecimiento radicular (EcoAgricultor, 2012). La fibra de coco es un sustrato con mayor capacidad de retención de agua, además de cierta amortiguación en caso de falta de suministro, aunque se debe evitar situaciones de exceso de humedad que puedan causar problemas de aireación y de CE del medio demasiado elevado que dificulten la absorción de agua y nutriente (Astiz, *et al.*, 2010)

El peso intermedio de los cinco tratamientos esta en el Tratamiento T3 (50% Cascarilla con 50% Fibra de coco) con un valor de 34,73 gramos; los menores valores de peso de Raíz fresca correspondiente al Tratamiento 2 (70% Cascarilla – 30% Fibra de coco) con un valor de 26,35 y el Tratamiento 1 (100% Cascarilla de arroz) con un peso de 15.65 gramos. Según Calderón (2001) el principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad, además los sustratos principalmente deben retener humedad, permitir buena aireación, tener buena estabilidad física, inerte químicamente y biológicamente, buen drenaje, capilaridad, liviano, de bajo costo y estar disponible.

Según Abad y Noguera (2000) un sustrato es todo material sólido distinto del suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor en forma pura o mezcla, permite el anclaje del sistema radical y desempeña por tanto un papel de soporte para la planta, y no debería provocar un impacto medio ambiental de importancia. Por consiguiente el principal propósito de los sustratos es el que aclaran Giaconi y Escaff (1999), quienes manifiestan que se trata de cultivar una planta con un medio que le brinde la absorción de la solución quien le entrega los distintos nutrientes, bajo condiciones adecuadas para una máxima absorción y un adecuado desarrollo radicular y vegetativo. Además, los sustratos hidropónicos son un medio sólido inerte que cumple 2 funciones esenciales, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz permitiéndoles respirar, contener el agua y los nutrientes necesarios para las plantas (Santander, 2011).

PESO CABEZA: Entre las diferentes variedades de lechuga *Lactuca sativa* L. existen las que forman cabeza; ésta comienza cuando las hojas de la roseta crecen en dirección vertical, siendo las del centro las que tienen un crecimiento más pronunciado, por lo tanto se van imbricando una con otra de tal forma que da como resultado lo que comúnmente se conoce como cabeza (Galván y Rodríguez, 2011). La prueba de comparación de promedios de Tukey en el presente ensayo para los 5 Tratamientos demostró que los valores más altos de peso fresco en gramos de la cabeza de lechuga son el Tratamiento 4 (70% Fibra de coco – 30% cascarilla de arroz) con un valor de 235.25 gramos y el Tratamiento 2 (70% cascarilla de arroz- 30 % fibra de coco) con un valor de 218.85 gramos, el tratamiento 3 (50% Fibra de coco – 50 % Cascarilla de arroz) con un peso promedio de 122.85 gramos y el tratamiento 5 (100% fibra de coco) con un valor de 106.95 gramos, y finalmente el tratamiento 1 (100% cascarilla de arroz) con un valor de 68.68 gramos presento el valor más bajo, por consiguiente se observa que existe una relación directamente proporcional con los valores de los promedios de la variable peso de cabeza con la variable diámetro de cabeza (Tabla 2) debido a que a mayor diámetro mayor biomasa acumulada, lo anterior coincide con lo reportado por Melgares *et al* (2004) a mayor peso comercial el diámetro de la cabeza 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.

Además de la combinación de sustratos la Temperatura de la solución también favoreció el desarrollo de la planta de lechuga, debido a que en los días más calurosos, la temperatura de la solución nutritiva alcanzó 18 °C entre las 11 de la mañana y las 2 de la tarde. Este 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. La temperatura mínima registrada en el presente ensayo fue de 12 °C, que de acuerdo con el mismo autor, es favorable también para el desarrollo de la cabeza de la planta de lechuga, obteniendo así buen peso y por consiguiente una buena calidad.

Según Pennigsfeld y Kurzmann, (1983) las temperaturas en el sustrato tiene bastante influencia sobre el desarrollo de la planta, como por ejemplo temperaturas muy bajas causan una baja absorción del agua y por consiguiente de nutrientes, causando marchitamiento y clorosis, así como altas temperaturas pueden ocasionar el desarrollo normal de las plantas; además se debe tener presente que las temperaturas del sustrato, dependen del origen de las plantas, así como para plantas de origen tropical, una baja en la temperatura del sustrato es beneficioso, para las especies de clima frío sucede lo contrario, manteniendo en ambos casos que las temperaturas no aptas para el cultivo ocasionan alteraciones en el normal desarrollo fisiológico de la planta.

En el presente ensayo se utilizo plantas de lechuga variedad Batavia teniendo en cuenta que 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, con climas templados y fríos, una precipitación promedio de 1200 a 1500 mm, y unas temperaturas óptimas en el día con un rango de 13° C a 27°C, y durante la noche temperaturas entre 3 y 8° C grados centígrados (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.

Para determinar la madurez de cosecha de la lechuga variedad Batavia se tuvo en cuenta la compactación de la cabeza; una cabeza compactada es la que requiere de una fuerza manual moderada para ser comprimida, una cabeza muy suelta esta inmadura y una muy firme o extremadamente dura es considerada sobre madura (Cantwell y Suslow, 2002).

RENDIMIENTO: Los mejores valores para esta variable los presentaron las mezclas de sustratos donde se destaca por su valor promedio en la prueba de Tukey el Tratamiento 4 (70 % fibra de coco – 30% cascarilla de arroz), seguidamente del tratamiento 3 (50 % cascarilla de arroz- 50% fibra de coco) y el tratamiento 2 (70 % cascarilla de arroz – 30% fibra de coco), los valores más bajos obtenidos de rendimiento corresponden al tratamiento 5 (100% fibra de coco) y el tratamiento 1 (100% cascarilla de arroz). Evidenciándose así que los mejores promedios de rendimiento se obtuvieron en las mezclas de sustratos los que conformaron idóneas características fisicoquímicas en retención de humedad, nutrientes y circulación de aire; debido a que el desarrollo y normal funcionamiento de la planta está directamente ligado a las condiciones de aireación y contenido de agua en el sustrato. Todas 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 la utilización de un sistema de irrigación el cual está directamente en la raíz 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.

Giaconi y Escaff (1999) indican que con sistemas hidropónicos se tienen ventajas de rendimiento comparados con sistemas de siembra tradicionales que utilizan el riego, ya que una aplicación automática de los nutrientes, permiten que las plantas lo reciban de igual cantidad y calidad. Además no existe la necesidad de esterilizar el medio de crecimiento de las raíces ya que se encuentran aisladas del medio natural que es el suelo.

El sistema hidropónico del presente ensayo se realizó en estructura en “A” las cuales se ubicaron en dirección a la orientación del sol para obtener el máximo de aprovechamiento de luz día sin tener en el contorno de las estructuras ningún obstáculo que impida el aprovechamiento de este factor; la ventaja notoria con este tipo de estructura dispuesta en una pendiente es el máximo aprovechamiento de la luz ya que el ángulo de inclinación de la pendiente es de 45° mejorando así el rendimiento de las plantas, y según Alvarado *et al* (2001) las plantas que crecen en un sistema de producción vertical deben estar bien iluminadas por la luz del sol, de lo contrario tendrían una menor tasa fotosintética, afectando el rendimiento de las plantas.

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. Se deben evitar aquellos espacios sombreados por árboles, los lugares inmediatos a casas u otras construcciones y los sitios expuestos a vientos fuertes.

En este orden la densidad de plantas utilizadas en el presente ensayo la luz no fue una limitante para el rendimiento de cada tratamiento y según los mismos autores señalan que la densidad de plantas está sólo limitada por la luminosidad, la cual se puede manejar adecuadamente para obtener una mayor cantidad de plantas por unidad de superficie.

Por consiguiente con la producción hidropónica se obtienen hortalizas de excelente calidad y sanidad y se asegura un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada productividad por planta; actualmente la hidroponía es el método más intensivo de producción hortícola; generalmente es de alta tecnología lo que implica altos costos de establecimiento (DICTA, 2002).

ANALISIS ECONOMICO: En el Cuadro 2 se presentan los costos de producción de la lechuga en los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz en condiciones hidropónicas, donde se muestra que para producir en $10m^2$, el costo para el tratamiento 1 (cascarilla de arroz) 100% es \$770000, tratamiento 2 (70% cascarilla de arroz 30% fibra de coco) es \$767000, tratamiento 3 (50% cascarilla de arroz 50% fibra de coco) es \$ 7650000, el tratamiento 4 (70% fibra de coco 30% cascarilla de arroz) es \$763000, tratamiento 5 (100% fibra) es \$760000 pesos. Existe un costo mayor en el tratamiento T1 y T2, esto debido a que a que tienen mayor porcentaje de cascarilla y tiene un precio mayor que la fibra de coco.

En la Cuadro 3 se presenta la rentabilidad obtenida para cada tratamiento calculado con un costo promedio por kilo de lechuga de \$1000 pesos. Se observa que el tratamiento T1 es el de más baja rentabilidad con el -66%, es decir el cultivo no es rentable para este tratamiento, seguido del tratamiento T5 con un valor de -21% y el tratamiento 2 con un valor de -3%; las pérdidas producidas en el cultivo ocurrieron en los T1 y T2.

Por otro lado el tratamiento T4 es el más rentable con un porcentaje del 12% con un ingreso bruto por 10 ciclos de \$860000 seguida del tratamiento T3 con un porcentaje del 7%.con un ingreso bruto por 10 ciclos de \$820000, esto también depende del costo variable de la lechuga, así que es muy importante tenerlo en cuenta durante cada ciclo de cultivo

CUADRO 2. COSTOS DE PRODUCCION DE LECHUGA BAJO CULTIVO HIDROPONICO PARA 10m2

DETALLE	PRECIO	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	T1 10m2	T2 10m2	T3 10m2	T4 10m2	T5 10m2
ESTRUCTURA EN A	300000	2	Estructuras	600000	600000	600000	600000	600000	600000
SUSTRATO FIBRA DE COCO	15000	2	Bultos	30000	0	9000	15000	21000	30000
CASCARILLA DE ARROZ	20000	2	Bultos	40000	40000	28000	20000	12000	0
MANO DE OBRA	15000	6	Jornales	90000	90000	90000	90000	90000	90000
FERTILIZANTE	4000	10	Kilogramos	40000	40000	40000	40000	40000	40000
COSTOS TOTALES					770000	767000	765000	763000	760000

CUADRO 3 RESUMEN DE LA RENTABILIDAD OBTENIDA EN CADA CULTIVO

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	COSTOS DE PRODUCCION	RENDIMIENTO kg/10m2	PRECIO Kg DE LECHUGA \$	INGRESO BRUTO \$/10m2	INGRESO BRUTO POR 10 CICLOS	UTILIDAD \$/kg	RENTABILIDAD %	PERDIDAS	RENTABILIDAD TOTAL
T1	100%C	770000	0,14	1000	28000	280000	-490000	-64	2,5	-66,14
T2	70%C30%F	767000	0,38	1000	76000	760000	-7000	-1	2,5	-3,41
T3	50%C50%F	765000	0,41	1000	82000	820000	55000	7	0	7,19
T4	70%F30%C	763000	0,43	1000	86000	860000	97000	13	0	12,71
T5	100%F	760000	0,3	1000	60000	600000	-160000	-21	0	-21,05

C =Cascarilla F=Fibra

CONCLUSIONES

El tratamiento 4 (70% fibra de coco con 30% cascarilla de arroz) es el más promisorio bajo este sistema, ya que presentó los mayores valores para las variables evaluadas, altura, diámetro, peso de raíz, peso cabeza y rendimiento mostrando así, mejores características que los otros tratamientos evaluados.

Los tratamientos con mayores contenidos de fibra como el Tratamiento 4 (70% fibra de coco 30% cascarilla de arroz) y T5 100% fibra de coco, permiten un mejor desarrollo de las raíces debido a sus propiedades físico – químicas

El tratamiento 4 (70% fibra de coco 30% cascarilla de arroz) presentó la mayor rentabilidad con un porcentaje del 12.71% debido a que las condiciones que el sustrato presentó para el cultivo de la lechuga hidropónica (*Lactuca sativa* L) fueron las mejores.

Los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz en mezcla en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) para producción bajo el sistema hidropónico en estructura en forma de “A” es una alternativa de producción rentable para los agricultores minifundistas ya que les permitirá tener una alternativa para mejorar sus ingresos y competir a nivel comercial con productos más saludables para el consumo humano.

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

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el mismo experimento con otro tipo de Hortalizas como fresa, Brócoli y Acelga.

Se recomienda realizar este ensayo utilizando cuatro tubos en cada lado del modular para facilitar las labores Agronómicas.

BIBLIOGRAFIA

ABAD M. y P. NOGUERA. 2000. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigacion. En: Cadahia, C Fertirrigacion. Cultivos Hortícolas y ornamentales. Madrid: Ediciones Mundi – Prensa, pp. 287-342

ALVARADO, D., CHAVEZ, F. y ANNA, K. 2001. Seminario de Agronegocios. Lechugas Hidropónicas. Universidad del Pacífico.

ALVAREZ, M y LASSO, A. 2011. Fertilización con azufre y magnesio en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) VAR. itálica sobre suelos Vitric Haplustand y Typic distrandep 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,pp.105p.

ASTIZ, M, DEL CASTILLO,J, URIBARRIA, AGUADO,G, APESTEGUÍA,M y SÁDABA,S. 2010, Tomate hidropónico, Ed. Navarra agropecuaria. 42p

BENAVIDES, L, ARCOS, B, 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.

BOTERO, A y FLOREZ. V, 2006. Cambios en la composición química de los sustratos en el cultivo de clavel. Ed: Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia 231p

BRAVO, S y PASPUR, J. 2009. Evaluación de la fertilización con fosforo en lechuga (*Lactuca Sativa* L) en el Altiplano de Pasto, Nariño. Tesis de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto. 7p.

BUNT, A.C 1992 Media and mixes for container – grown plants. Unwin hyman. London, Great Britain. 13p.

CADAHIA L., C.; E. EYMAR A. y J.J. Lucena. M. 2005. Materiales fertilizantes utilizados en fertirrigacion. En: Fertirrigacion. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales, 3ª. Ed. Madrid: Mundi – Prensa, pp. 94-132.

CALDERON, F. 2001. Los sustratos. Bogotá D.C., Colombia S.A.

CANTWELL M. Y SUSLOW T. 2002. Departament of vegetable crops, University of California, Davis CA 95616 Traducido por Reinaldo Campos Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, hile. Produce/produce facts/Espanol/Lechuga.shtml updated june 10.

CARDENAS, M 1999 manual de plantas económicas de Bolivia. Segunda edición. Editorial los Amigos del Libro, Bolivia. 333p.

CARNEIRO, JGA. 1995. Produccion y control de las cualidades de las plántulas forestales. Curitiba. Brasil FUPEB. 451p.

CASACA, A. 2005. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Proyecto de modernización de los servicios de tecnología agrícola, PROMOSTA. Costa Rica, 3p

DEVIA, J. 1991. Cultivo Hidropónico. Chile Hortofrutícola (Chile) 4 (23): 8-10.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA SENA, 2012

FUEYO M. 1998. Producción De Lechuga. Tecnología Agroalimentaria. CIATA. Madrid España Edición especial 6p

GALVAN, G y RODRIGUEZ, J.2011, Lechuga generalidades y ecofisiología. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomía centro regional sur unidad de horticultura. 8p.

GIACONI, V y ESCAFF, M. 1999. Cultivos de Hortalizas. 14ª ed. Santiago, Chile. Universitaria. 337 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.1589-1596P.

PENNIGSFELD, F. y KURZMANN, P. 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. 2ª ed.

PERRIN, R; WIKELMAN.D; MOSCARDIE Y ANDERSON, J. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México. CYMMIT. 54p.

QUESADA G., MENDEZ C. 2005. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. Revista de Agricultura Tropical 35:01-13p

RESH, H. 2006. Cultivos hidropónicos. Madrid. Ed 5ta, Mundo prensa,. 364p.

SAÑUDO,B, ARTEAGA, G.,CHAVEZ,G., VALLEJO,W y AREVALO,R. 2002. Introducción al manejo técnico de cultivos hortícolas en la zona cerealista de Nariño. UNIGRAF Litografía, Universidad de Nariño 85-95p.

SINGH, B y SAINJU, U. 1998. Soil physical and morphological propieties and root gruth. Hoit scences 33(6),966-971p.

SOTO, F. 2006. Producción de lechuga con la técnica de lámina de nutrientes modificada (NFT). San José (CR) : INA,. 38 p..

SUQUILANDIA, M.2003 Producción Orgánica de cinco hortalizas en la cierra centro norte de Ecuador. Editorial Universidad central. Quito Ecuador. Pag 147-164. Universitaria. 337 p

CIBERGRAFIA

DIRECCION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGROPECUARIA (DICTA). 2002.
Innovación tecnológica. Guía de producción de lechuga: Sistema raíz flotante.
<http://www.sag.gob.hn/dicta/Paginas/lechuga_hidroponica.html>.

ECO AGRICULTOR . 2012. El Sustrato con fibra de coco
<http://www.ecoagricultor.com/2012/08/el-sustrato-con-fibra-de-coco/>

FAO, 2011 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1374s/a1374s03.pdf>),
Santander, Francisco. 2011. Manual de hidroponía popular.
<http://www.elmejorguia.com/hidroponia/Sustratos.htm>

HIDRO ENVIRONMENT, 2011. Productos para Hidroponía, tipos de sustratos para Hidroponía
http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32&chapter=1

MORGAN, L. 2000. El gran debate: Amonio vs Nitrato. In: Red hidroponía, La Molina.
<Http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin9.htm>

Santander, Francisco. 2011. Manual de hidroponía popular.
<http://www.elmejorguia.com/hidroponia/Sustratos.htm>

SUSTRATOS HIDROPONICOS, 2010 <http://www.Sustratos-Hidroponicos/931553.html>