

SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA, PARA LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE CILANTRO *Coriandrum sativum* L.

SUBSTRATES AND NITROGENATED FERTILIZATION, FOR THE HYDROPONIC
PRODUCTION OF CILANTRO *Coriandrum sativum* L.

Juan Carlos Palacios-Peñañiel^{1*}, Diana Molina-Hidrovo¹, Ramón Raúl Macías-Chila²

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Av. Circunvalación, Vía a San Mateo, Manta, Manabí, Ecuador. Correo electrónico: jpalaciosregion4@gmail.com, diianamh93@hotmail.com

²Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Campus Pedernales. Correo electrónico: raramch@hotmail.com

*Autor para correspondencia

RESUMEN

Considerando las tendencias de la horticultura actual, se decidió desarrollar un modelo investigativo en cual se analiza la factibilidad para desarrollar cultivos mediante sistemas hidropónicos, tomando como referente a la especie del cilantro (*Coriandrum sativum* L.), para lo que se utilizaron sustratos como medios de hidratación y nutrición del cultivo. Se consideró además este estudio como una herramienta de gran utilidad, al plantear nuevas técnicas que impulsen al desarrollo agrícola y económico de las familias afectadas por el terremoto del pasado 16 de abril de 2016. El objetivo principal de la

investigación se centró en generar información técnica para el manejo hidropónico del cultivo de cilantro, contando con la disponibilidad de sustratos que se tiene en la provincia de Manabí.

Palabras claves: *Sustratos, fertilización nitrogenada, hidroponía, cilantro.*

ABSTRACT

Considering the current trends in horticulture, it has been decided to develop a research model within which the feasibility of developing crops using hydroponic systems was analyzed, taking as a reference the

coriander crop (*Coriandrum sativum* L.), and for which substrates will be used as means of hydration and nutrition of the crop. This study was also considered as a very useful tool, when proposing new techniques that promote the agricultural and economic development of families affected by the earthquake of April 16, 2016. The main objective of the research was focused on generating technical information for the hydroponic management of the coriander crop, counting on the availability of substrates in the province of Manabí.

Keywords: *Substrates, nitrogen fertilization, hydroponics, coriander crop.*

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se origina en base al análisis de la situación actual de la horticultura en la localidad y el destino que se da a los desechos vegetales originados especialmente en las zonas rurales, es por ello que a fin de efectivizar los recursos agrícolas con los que se dispone, se ha planteado el desarrollo de un modelo investigativo orientado al estudio del cultivo hidropónico en una especie de gran uso culinario como lo es el cilantro (*Coriandrum sativum*); lo cual se muestra como una alternativa para incentivar al desarrollo técnico y económico de las familias afectadas por el terremoto del pasado 16 de abril de 2016.

Además, considerando el aumento del consumo de hortalizas en los habitantes, de tal manera que en la actualidad cerca del 98% de las personas en el Ecuador adquieren este tipo de alimentos, por lo que su consumo per cápita según los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011), alcanza los 25 kilogramos por año, es decir un poco más de 69 gramos al día.

La hidroponía es una técnica mediante la cual se puede controlar la nutrición de las plantas y optimizar el

espacio disponible, puede ser utilizada en pequeños espacios como: traspatios o terrazas siempre y cuando exista la disponibilidad de luz y agua para el proceso fotosintético (Grupo XAXENI 2015).

En Manabí existen una gran cantidad de sustratos que se pueden utilizar para los cultivos hidropónicos, los cuales pueden ser empleados solos o en mezclas, con la finalidad de obtener las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas y asimilación de solución nutritiva. Los sustratos se pueden clasificar en tres grupos: sustratos inorgánicos, sustratos orgánicos y sustratos sintéticos (Hydro Environment 2016). Los sustratos (fibras naturales) tienen una capacidad de retención mucho mayor a la capa vegetal (Tierra), por ello se puede llegar a ahorrar hasta un 60% de agua y por lo tanto de nutrientes (Romero *et al.*, 2014).

El estudio correspondiente al uso de los sustratos y fertilización nitrogenada, para la producción hidropónica del cilantro, nace por el interés del investigador que mediante previa observación del entorno detectó una problemática basada en la escasa aplicabilidad de nuevas tecnologías de producción para evitar el desecho en grandes dimensiones de los productos hortícolas.

De esta manera se percibe que, al contar con nuevos sistemas y técnicas probadas mediante la experimentación, se podrán generar beneficios para quienes desarrollan este tipo de cultivos a nivel local y regional, sirviendo como un eje del desarrollo del sector agrícola de la zona.

Por tanto, este representa un tema de gran novedad, debido a que se abarca un tipo de cultivo poco estudiado a pesar de su amplio uso y comercialización en el medio. Por ello al presentar una propuesta de esta naturaleza se genera un cambio en las técnicas de plantación y se efectiviza un cultivo de alta calidad. Como punto esencial de este proyecto se ha tomado como

referente el uso de sustratos, funcionando como reemplazo del suelo, lo cual podría disminuir en gran medida la aparición de maleza o algún microorganismo que podría afectar el cultivo. Por otra parte, se someterá a la especie *C. sativum* a varias pruebas nutritivas, recurriendo en este caso al uso de la fertilización nitrogenada en diferentes dosis, midiendo al final la efectividad de cada dosis en los diferentes cultivos en combinación con los sustratos.

El impacto que se espera generar mediante la aplicabilidad del proyecto es el índole social y económico, pues con este se pretende dar oportunidades de desarrollo a varias de las familias afectadas por los últimos acontecimientos naturales ocurridos en la ciudad de Manta, siendo esta una oportunidad para incentivar a una producción agronómica sistémica y de altos beneficios para quienes la ejecuten.

Parámetros para el estudio del comportamiento agronómico del cilantro

Para efectuar un estudio eficiente del comportamiento agronómico del cilantro deben tomarse en cuenta varios aspectos fundamentales, de los cuales dependen los resultados con mayor fiabilidad para determinar el o los tratamientos idóneos para el cultivo del cilantro. Por ende, se detallan los siguientes puntos fijados por Estrada *et al.* (2004):

- Preparación de suelos y/o sustratos. Para este primer paso se debe considerar el uso de suelos o sustratos sueltos y bien drenados; si fuere el caso de utilizar sustratos orgánicos se debe tomar en cuenta que estos deben estar compostados, sin la presencia de olores o altas temperaturas. Por otro lado, al utilizar sustratos minerales se debe prestar atención a que estén libres de contaminación ferrosa o alta concentración de sales.

- Siembra. La siembra se ejecuta depositando directamente las semillas en el suelo o sustrato de crecimiento, en forma

lineal y distribuidas uniformemente, con una profundidad no mayor a 5 mm.

- Riegos. El cilantro es una especie que requiere de alta humedad durante los primeros cinco o seis días que es cuando se da inicio a la germinación. Es recomendable un riego diario con una recurrencia de dos veces, pasados los 18 días se deben dar riegos cada día por medio o pasando dos días.

- Abonamiento y fertilización. El cilantro presenta un óptimo crecimiento en suelos y sustratos que contengan un alto contenido de materia orgánica natural o incorporada. Para este caso la fertilización con fuentes minerales completas se debe realizar durante la preparación de los sustratos, se estima que una producción promedio de 2.0 kg/m² extrae aproximadamente 100 kg de fertilización nitrogenada.

- Manejo de malezas. La presencia de malezas suele darse de manera recurrente en el cultivo de cilantro, especialmente la conocida como “coquito” (*Cyperus rotundus*), para contrarrestar esta situación y asegurar el correcto crecimiento de la planta es necesario utilizar semillas de buena calidad, la siembra debe ser uniforme, con la dosis justa de humedad. Otro de los mecanismos corresponde al uso de coberturas tempranas y el uso de herbicidas de pre-siembra, preemergencia y pos-emergencia (Estrada *et al.*, 2004).

Conceptos generales sobre el cilantro

Según los preceptos de Morales (1995), el cilantro es considerado una especie herbácea anual, de crecimiento rápido y erecto, del que su nombre científico es *Coriandrum sativum* L., perteneciente a la familia botánica *Apiaceae* (*Umbelliferae*). Dentro de sus características sobresale el hecho de contar con un sistema radicular delicado al inicio, pero una vez establecido, provee un buen anclaje y

capacidad de extracción de agua y nutrientes para la planta.

De acuerdo a un informe desarrollado por Joystick (2006), se explica que el cilantro es una hierba anual de la familia de las Apiáceas. Su nombre genérico *Coriandrum* viene del griego *Korios* que quiere decir chinche (el insecto), en alusión al desagradable olor que producen sus frutos aun verdes, y su nombre específico *sativum*, quiere decir que es una planta cultivada. Hasta la actualidad se desconoce el origen real de esta planta, aunque se dice que proviene del norte de África y el sur de Europa. En lo que respecta a su uso se conoce que es indispensable en recetas tradicionales de muchas culturas alrededor del mundo desde hace miles de años. Por ejemplo, sus semillas secas son un ingrediente fundamental de preparaciones como el curry de la cocina india, y sus hojas frescas enteras o picadas, se consumen en muchos países latinoamericanos, así como en Chipre, Grecia, China o Japón, entre otros.

Por su parte Morales *et al.* (2011), dan a conocer que se trata de una planta herbácea, con un crecimiento inicial lento que luego se vuelve acelerado. Sus hojas tienen la lámina prácticamente plana, de color verde claro u oscuro. En casi todas las variedades el pecíolo es verde, aunque algunas lo tienen de color púrpura. El tallo es erguido y ramificado, llegando a medir hasta 35 pulgadas (90 cm) de alto, cuando la planta entra en su etapa de reproducción. Presenta florecimiento por etapas y de acuerdo a la variedad, éstas pueden ser de color blancuzco, rosa o morado.

En relación a lo antes expuesto se puede mencionar que el cilantro es una planta anual, herbácea, que alcanza una longitud de entre 40 a 60 cm, posee tallos erectos, lisos y cilíndricos, ramificados en la parte superior. Las hojas inferiores son pecioladas, pinnadas, con segmentos ovales en forma de cuña; mientras que las superiores son bi-tripinnadas, con

segmentos agudos. Las flores son pequeñas, blancas o ligeramente rosadas, dispuestas en umbelas terminales. Los frutos son diaquenos, globosos, con diez costillas primarias longitudinales y ocho secundarias, constituidas por mericarpios fuertemente unidos, de color amarillo-marrón. Contiene dos semillas, una por cada aquenio. Las raíces son delgadas y muy ramificadas (InfoAgro, 2013).

Importancia agronómica del cilantro

El cilantro es una especie vegetal muy apreciada en diversas partes del mundo, sobre todo por su variado uso y destino, a nivel industrial su siembra se debe principalmente a la utilización de sus frutos (semillas) para la elaboración de aceites esenciales de los cuales se obtienen fragancias saborizantes y para la obtención de productos farmacéuticos.

Por otra parte, su siembra y cosecha ha podido suplir la demanda del sector culinario, que frecuentemente solicita este producto como una hortaliza fresca para la preparación de diversa gastronomía. En este sentido el cilantro verde es ampliamente utilizado en Siria, India, China, sureste de Asia, sur y centro América. Se estima que a nivel mundial se siembra una superficie aproximada de 550, 000 hectáreas de cilantro y la producción de semillas se centra en alrededor de 660, 000 toneladas anuales (Chicangana, 2014).

Importancia económica del cultivo de cilantro

En términos económicos, el cilantro representa una fuente de dinamismo para muchos países, tomando en cuenta que los principales productores de esta especie son: India, Marruecos, Canadá, Rumania, Rusia, Irán, Turquía, Israel, Egipto, China, Pakistán, Sudáfrica, Australia, Estados Unidos, Argentina y México.

En regiones como Rusia, países del Cáucaso, Asia central, China, India y el

sureste de Asia, Siria, América latina y el Caribe, se producen grandes cantidades de cilantro para la industria aromática. Para tomar un ejemplo en este aspecto, se considera el caso de Puerto Rico, territorio donde el cilantro representa un cultivo de gran importancia comercial y culinaria, que solamente entre el periodo 2009-2010 generó aproximadamente \$ 3,4 millones de dólares en ingresos, ocupando de esta manera el tercer lugar de importancia económica en la producción de hortalizas (Morales *et al.*, 2011).

Morfología del cilantro

Según indica Infoagro (2013), el cilantro corresponde a una planta anual, herbácea, de 40 a 60 cm de altura, de tallos erectos, lisos y cilíndricos, ramificados en la parte superior. Las hojas inferiores son pecioladas, pinnadas, poseen segmentos ovales en forma de cuña; por otra parte, las superiores son bi-tripinnadas, con segmentos agudos. Las flores son pequeñas, de color blanco y ligeros tonos rosa, dispuestas en umbelas terminales. Los frutos son diaquenios, globosos, con diez costillas primarias longitudinales y ocho secundarias, constituidas por mericarpios fuertemente unidos, de color amarillo-marrón. Tienen un olor suave y agradable y un sabor fuerte y picante. Contiene dos semillas, una por cada aquenio. Las raíces son delgadas y muy ramificadas.

Requerimientos climáticos para el cultivo de cilantro

En lo concerniente a la temperatura, el cilantro se adecúa mejor a las temperaturas cálidas, es decir sobre los 20 °C, son embargo puede resultar una buena cosecha en climas frescos, aunque su crecimiento será más lento. Se debe puntualizar además, que podría sobrevivir a heladas ligeras, con reducción de la productividad. Cabe recalcar que el crecimiento óptimo se logra con temperaturas que bordean los 20 y 30 °C, tomando en cuenta que las temperaturas

más altas conllevan a la floración temprana (Morales, 1995).

En cuanto a la luz, esta planta prefiere una intensidad lumínica para un mejor crecimiento. Al cultivarse bajo la luz solar y cuando se remueve el ápice de la planta, ésta ramifica y tiende a producir mayor cantidad de masa foliar. Los días largos y cálidos acentúan la floración temprana, lo cual reduciría la productividad en cuanto a follaje, pero resulta ventajoso si se desea producir semillas (Morales, 1995).

Al hacer referencia a la humedad, se debe tomar en cuenta que el cultivo de cilantro requiere de humedad en el suelo para alcanzar así un mayor rendimiento de productividad. La sequía reduce la cantidad de hojas y semillas producidas; por otra parte, la alta humedad puede desencadenar al ataque de hongos tales como *Alternaria* y *Erysiphe* (Morales, 1995). En torno al suelo esta especie es poco exigente en este sentido, puesto que se puede cultivar en suelo arcilloso, areno-arcilloso, con bajo a elevado contenido de materia orgánica. Se obtienen buenos resultados en suelos francos, algo calcáreos, ligeros, frescos, permeables, profundos. No se recomienda el uso de suelos fríos e impermeables (Benavides, 2007).

Nutrición del cilantro

Según Morales (1995), el cultivo de cilantro prospera satisfactoriamente con aplicaciones de una fórmula completa, al sembrar o al ralea y con aplicaciones subsecuentes de nitrógeno y fertilizantes foliares. Tomando a consideración este principio, se consideran como ejemplo dos casos de éxito llevados a cabo en diferentes países.

Usos y propiedades del cilantro

En el ámbito culinario, el cilantro se utiliza en salsas, pastas y sofritos en las cocinas asiática y americana (Morales *et al.*, 2011). De igual forma, el cilantro es utilizado

en recetas tradicionales de muchas culturas alrededor del mundo desde hace miles de años.

Las semillas por ejemplo son el ingrediente principal para la preparación de curry en la India y sus hojas frescas enteras o picadas, se consumen en muchos países latinoamericanos, así como en Chipre, Grecia, China o Japón, entre otros (Joystick, 2006). Estas hojas además son altamente apreciadas para elaborar ensaladas, salsas y platos de carne, contando además de su aporte al sabor del reconocido omelet. Las semillas por su sabor distintivo similar a la naranja suelen ser utilizadas en repostería, embutidos y fruta cocida (Masabni & Lillard, 2013).

En cuanto a las propiedades se ha detectado que el cilantro es fuente de calcio y vitaminas A, B2 y C (Morales *et al.*, 2011). Se conoce además por medio de la literatura que esta planta es rica en antioxidantes, aceites esenciales, vitaminas y fibra dietética, asimismo, tiene un alto contenido de bioflavonoides, es rica en potasio, manganeso, hierro y magnesio. Concentra vitaminas A, C, B1, B2 y K, ácido fólico, riboflavina, niacina y betacaroteno (Diario de la hora, 2016).

Acerca de los sustratos

Corresponde a Gallardo (2003), para quien el término sustrato aplica para todo tipo de material sólido que no sea el suelo, de origen natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, desempeñando, por lo tanto, un papel de soporte para la planta.

De manera más metodológica la plataforma Horticom (2010), describe como sustrato al medio material en el que se desarrollan las raíces de las plantas, el cual presenta características como limitación física en su volumen, aislamiento del suelo para impedir el desarrollo de las raíces en el

mismo y capacidad de proporcionar a la planta el agua y los elementos nutritivos que demande, y a las raíces el oxígeno necesario para su respiración. A modo más explicativo y basado en su funcionamiento Benavides (2013), menciona que son medios sólidos útiles para el cultivo de alimentos de consumo humano, cuyas funciones se basan en: a) anclar y aferrar las raíces de las plantas protegiéndolas de la luz y permitiendo su respiración, y b) retener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. Del porcentaje o nivel en que estas funciones se cumplan en las distintas clases de sustrato, tomando en cuenta su interacción con el lugar y el clima, dependerá la efectividad del cultivo.

El sitio de especialización agrícola Hydro Environment (2016), define al sustrato como un medio sólido e inerte, que protege y da soporte a la planta para el desarrollo de la raíz especialmente en cultivos de hortalizas y flores, permitiendo que la mezcla de nutrientes se encuentre disponible para su desarrollo.

Ventajas del uso de sustratos en los cultivos

Quizá una de las mayores ventajas y por la cual se opta por el uso de sustratos es el menor riesgo de presencia de plagas y enfermedades de la raíz, siendo estas más comunes en los cultivos convencionales donde se utiliza el suelo como medio de crecimiento, lo cual requiere acarreo, preparación, curación, mayor control y por lo consiguiente mayores gastos (Cruz *et al.*, 2012).

Otra de las ventajas se centra en el bajo impacto que se genera al medio ambiente, todo lo contrario, a lo que ocurre con el uso de suelos, que en últimos años ha causado preocupación en consumidores debido a la utilización de productos tóxicos en los procesos de desinfección. Por otra parte debido a la presencia de suelos improductivos por sobreexplotación, heterogeneidad, así como por carecer de

características físicas y químicas apropiadas para la agricultura, se ha optado por desarrollar y fortalecer las técnicas de cultivo de plantas en maceta o contenedor (Cruz et al., 2012).

Un factor sobresaliente a mencionar es que el uso de sustratos ayuda en la optimización de desechos sólidos generados en el ambiente, los cuales son transformados en sustratos que posteriormente serán utilizados en procesos hortícolas, surgiendo de esta manera una alternativa viable, técnica y económica que mejora la capacidad de aireación, lo cual depende del tipo o naturaleza de materiales a utilizar (Cruz et al., 2012).

Funciones de los sustratos

La funcionalidad de los sustratos se mide en base al cumplimiento que estos ejercen al mantener un buen crecimiento de las plantas:

- Se encargan de proporcionar un anclaje y soporte para la planta.
- Retienen la humedad de modo que esté disponible para la planta.
- Permiten el intercambio de gases entre las raíces y la atmósfera; y
- Sirven como depósito para los nutrientes de la planta (OIRSA, 2002).

Hidroponía

Oasis Floral Latinoamérica (2014) define a la hidroponía como la técnica de producción o cultivo sin suelo, en la cual se abastece de agua y nutrientes a través de una solución nutritiva completa y brindándole las condiciones necesarias para un mejor crecimiento y desarrollo de la planta. Barros (2015) considera a la hidroponía como un sistema de cultivo sin tierra, que provee los alimentos que requieren las plantas para su perfecto desarrollo, no por intermedio de su vía natural, el suelo, sino que por intermedio de una solución sintética de agua y sales minerales diversas.

Ventajas de la hidroponía

De acuerdo a la FAO (2003), la hidroponía permite, con reducido consumo de agua, poca inversión de tiempo y esfuerzos, producir hortalizas frescas, sanas y abundantes en pequeños espacios de las viviendas, aprovechando en muchas ocasiones elementos desechados, que de no ser utilizados causarían contaminación. Cabe acotar que las productividades potenciales de los cultivos hidropónicos, cuando son realizados en condiciones tecnológicas óptimas, son superiores a las obtenidas mediante el sistema tradicional de cultivo hortícola (FAO, 2003).

Criterios para la instalación de un cultivo hidropónico

Al optarse por un sistema de cultivo hidropónico, el primer criterio a tomar en cuenta es el lugar donde se va a instalar el sistema, mismo que debido a su versatilidad se pueden localizar en varios lugares tales como: paredes, techos, patios, ventanas, terrazas, etc, lo más importante a resaltar en este aspecto, es que el lugar donde vaya a ubicarse el cultivo debe contar con espacios abiertos que permitan al cultivo recibir al menos seis horas de luz solar diariamente. En este caso se recomienda utilizar espacios con buena iluminación, y cuyo eje longitudinal mayor esté orientado hacia el norte (FAO, 2003).

La mayoría de los cultivos hidropónicos se llevan a cabo a libre exposición, pero en zonas caracterizadas por excesivas lluvias se deberá optar por la instalación de algún tipo de techo plástico transparente, de uso agrícola. Es fundamental también que exista proximidad a una fuente de agua, a fin de facilitar los riegos (FAO, 2003). Se suele utilizar un tipo de cubierta plástica o de vidrio en caso de que se cultiven hortalizas, a fin de evitar los riesgos de infecciones y ataques de algunos de sus enemigos naturales. Existen diversos tipos de hortalizas que se adaptan a las diferentes condiciones climáticas de la

mayor parte de las regiones habitadas del mundo, una de ellas es el cilantro (FAO, 2003).

HIPOTESIS

La química bajo hidroponía en sustratos potenciales mediante fertilización nitrogenada producirá la biomasa del cilantro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el barrio San Pedro, parroquia Tarqui, cantón Manta, provincia de Manabí, Ecuador. Coordenadas: Latitud= -0.971082; Longitud= -80.706009.

Datos Agroecológicos

Clima: Tropical, cálido, seco, frescos (Manta360, 2016).

Altura: 6 msnm (TurismoManta.com, 2016).

Precipitación: 200 a 250 mm anuales (TurismoManta.com, 2016).

Humedad Relativa: 77% (ecuale.com, 2016).

Heliofanía: 10 horas de sol/día (SNI, 2011).

Procedimientos:

Tipo de diseño: Arreglo bifactorial 3x4 en Diseño de Bloques Completos al Azar.

Número de repeticiones o bloques: 3

Número de unidades experimentales: 36

Factores en estudio	
Tipos de Sustrato (S)	Dosis de Fertilizante (F)
Arena de río lavada	0 mg/l
Espuma Flex	100 mg/l
Piedra Pómez	200 mg/l
	300 mg/l

Tratamientos			
No.	C	Sustratos	DFN
1	A1B1	Arena de río	0 mg/l
2	A1B2	Arena de río	100 mg/l
3	A1B3	Arena de río	200 mg/l
4	A1B4	Arena de río	300 mg/l
5	A2B1	Espuma Flex	0 mg/l
6	A2B2	Espuma Flex	100 mg/l
7	A2B3	Espuma Flex	200 mg/l
8	A2B4	Espuma Flex	300 mg/l
9	A3B1	Piedra Pómez	0 mg/l
10	A3B2	Piedra Pómez	100 mg/l
11	A3B3	Piedra Pómez	200 mg/l
12	A3B4	Piedra Pómez	300 mg/l

C = Codificación; DFN= Dosis de fertilizante nitrogenado (NO_3^+ , NH_4^+).

Esquema del ADEVA	
Factores de Variación (F de V)	Grados de libertad (gL)
TOTAL	35
REPETICIONES	2
TRATAMIENTOS	11
FACTOR A	2
FACTOR B	3
INTERACCION (AxB)	6
ERROR EXPERIMENTAL	22



Instalación del sistema



Preparación de los sustratos



Peso de la biomasa

RESULTADOS

La prueba de Tukey ($P < 0.01$) encontró tres rangos diferentes en donde el mayor porcentaje de germinación fue de 88.18% resultado de la utilización del sustrato Piedra Pómez, siendo diferente de la germinación obtenido con los otros sustratos con 69.24% para arena de río que fue distinto a lo obtenido con espuma Flex en donde se obtiene 63.76% con los promedios más bajos de germinación. En cuanto a los niveles de fertilización nitrogenada se comprobó que la utilización de 100 y 200 g de nitrato de amonio no obtuvo diferencias,

pero muy distantes de los resultados obtenidos con 300 g y sin nitrato de amonio (Cuadro 1).

Los valores de la altura por planta en los 10 días de crecimiento se obtuvo el promedio más alto, con el sustrato de piedra pómez con un resultado de 10.65 cm, con alta diferencia en comparación con el sustrato de arena de río y de espuma Flex con resultados de 7.07 y 5.41 cm respectivamente (Cuadro 2).

Los valores promedio de la altura por planta en los 20 días son diferentes ya que existen tres tipos de sustratos con varias dosis de nitrógeno, dando así como resultado, el sustrato de piedra pómez con un promedio de 21.02 cm, también encontrándose alta diferencia en la comparación de medias respecto al sustrato arena de río con 17.14 cm y de espuma Flex con promedio de 12.43 cm según la prueba de Tukey ($P < 0.01$) (Cuadro 3).

Según los promedios de la altura de la planta a los 35 días de crecimiento, en la prueba Tukey se comprobó resultados esperados para la cosecha como promedio mayor 37.68 cm, lo que se demuestra una alta diferencia en la comparación de medias de Tukey ($P < 0.01$) donde el segundo mejor promedio lo obtuvo el sustrato de arena de río con 34.54 cm y la espuma Flex con 31.08 cm consecutivamente (Cuadro 4).

En la comparación de medias según Tukey ($P < 0.01$) se obtuvieron tres valores de peso en (g) con alta diferencia, por lo que se evidenció que en los 10 días de crecimiento el sustrato de piedra pómez obtuvo un resultado de 3.97 g por 25 plantas seleccionadas para la altura. Siguiendo el sustrato de arena río con 3.47 g y también con alta diferencia el sustrato de espuma Flex con 2.47 g (Cuadro 5).

Cuadro 1. Valores promedio para la germinación (%) del cilantro (*Coriandrum sativum*).

Niveles de fertilización N	SUSTRATOS			Promedios
	Arena de río	Espuma Flex	Piedra Pómez	
0	66.43 efg*	63.80 g	83.78 c	71.34 C**
100	71.59 d	63.63 g	85.70 bc	73.64 B
200	70.64 de	64.23 fg	93.67 a	76.18 A
300	68.30 def	63.37 g	89.57 ab	73.75 B
Promedios	69.24 B**	63.76 C	88.18 A	
Tukey 5%:	Niveles de fertilización nitrogenada (FN)			1.97
	Sustratos (S)			1.54
	FNxS			4.48

*Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos; **Letras diferentes indican diferencias entre factores.

Cuadro 2. Valores promedio para la altura de planta (cm) a los 10 días después de la siembra de cilantro (*Coriandrum sativum*).

Niveles de fertilización N	SUSTRATOS			Promedios
	Arena de río	Espuma Flex	Piedra Pómez	
0	4.67 g*	5.10 fg	8.03 cd	5.93 C**
100	7.00 cdef	5.20 fg	11.27 a	7.82 B
200	9.00 bc	5.93 defg	12.40 a	9.11 A
300	7.60 cde	5.40 efg	10.90 ab	7.97 B
Promedios	7.07 B**	5.41 C	10.65 A	
Tukey 5%:	Niveles de fertilización nitrogenada (FN)			0.99
	Sustratos (S)			0.78
	FNxS			2.26

*Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos; **Letras diferentes indican diferencias entre factores.

Cuadro 3. Valores promedios para la altura de planta (cm) de cilantro (*Coriandrum sativum*) a los 20 días después de la siembra.

Niveles de fertilización N	SUSTRATOS			Promedios
	Arena de río	Espuma Flex	Piedra Pómez	
0	16.00 cd*	11.73 e	20.57 ab	16.10 B**
100	18.03 bc	11.77 e	20.73 ab	16.84 AB
200	18.23 bc	13.30 de	22.53 a	18.02 A
300	16.30 c	12.93 e	20.23 ab	16.49 B
Promedios	17.14 B**	12.43 C	21.02 A	
Tukey 5%:	Niveles de fertilización nitrogenada (FN)			1.27
	Sustratos (S)			0.99
	FNxS			2.87

*Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos; **Letras diferentes indican diferencias entre factores.

Cuadro 4. Valores promedio para la altura de planta (cm) de cilantro (*Coriandrum sativum*) a los 20 días después de la siembra.

Niveles de fertilización N	SUSTRATOS			Promedios
	Arena de río	Espuma Flex	Piedra Pómez	
0	33.13 c*	28.50 d	37.20 ab	32.94 B**
100	33.70 c	29.20 d	37.30 ab	33.40 B
200	36.53 ab	33.50 c	38.67 a	36.23 A
300	34.80 bc	33.10 c	37.53 a	35.14 A
Promedios	34.54 B**	31.08 C	37.68 A	
Tukey 5%:	Niveles de fertilización nitrogenada (FN)			1.16
	Sustratos (S)			0.91
	FNxS			2.63

*Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos; **Letras diferentes indican diferencias entre factores.

Cuadro 5. Valores promedio para el peso (g) de cilantro (*Coriandrum sativum*) a los 10 días después de la siembra.

Niveles de fertilización N	SUSTRATOS			Promedios
	Arena de río	Espuma Flex	Piedra Pómez	
0	3.43 bcde*	2.33 de	3.30 bcde	3.02 B**
100	3.50 abcd	2.43 cde	4.17 ab	3.37 AB
200	3.77 abcd	2.43 cde	4.67 a	3.62 AB
300	3.17 bcde	2.67 e	3.73 abc	3.19 AB
Promedios	3.47 B**	2.47 C	3.97 A	
Tukey 5%:	Niveles de fertilización nitrogenada (FN)			0.57
	Sustratos (S)			0.45
	FNxS			1.29

*Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos; **Letras diferentes indican diferencias entre factores.

El comportamiento de los sustratos se repite a los veinte días y treinta y cinco días, cuando se realiza la comparación de medias según Tukey ($P < 0.01$), donde igualmente se obtuvieron tres valores de peso en (g) con alta diferencia, donde el sustrato de piedra pómez obtuvo un resultado de 9.83 g a los veinte días y 30.33 g a los treinta y cinco días después de la siembra. Siguiendo el sustrato de arena de

río con 8.88 g a los veinte días y 34.54 g a los treinta y cinco días después de la siembra, también con alta diferencia el sustrato de espuma Flex con 6.63 g a los veinte días y 31.08 g a los treinta y cinco días después de la siembra, tiempo de cosecha del cilantro, de igual manera como indica la metodología para la medición de peso de utilizaron las mismas 25 plantas en las que se valoró la altura (Cuadros 6 y 7).

Cuadro 6. Valores promedio para el peso (g) de cilantro (*Coriandrum sativum*) a los 20 días después de la siembra.

Niveles de fertilización N	SUSTRATOS			Promedios
	Arena de río	Espuma Flex	Piedra Pómez	
0	8.50 bcd*	6.67 cd	7.67 bcd	7.61 B**
100	9.00 abcd	7.00 cd	10.33 ab	8.78 AB
200	9.67 abc	6.83 cd	12.00 a	9.50 A
300	8.33 bcd	6.00 d	9.33 abc	7.89 B
Promedios	8.88 A**	6,63 B	9.83 A	
Tukey 5%:	Niveles de fertilización nitrogenada (FN)			1.47
	Sustratos (S)			1.15
	FNxS			3.32

*Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos; **Letras diferentes indican diferencias entre factores.

Cuadro 7. Valores promedio para el peso (g) de cilantro (*Coriandrum sativum*) a los 35 días después de la siembra.

Niveles de fertilización N	SUSTRATOS			Promedios
	Arena de río	Espuma Flex	Piedra Pómez	
0	23.70 bcd*	17.97 cd	25.80 abc	22.49 B**
100	25.67 abc	19.87 cd	31.43 ab	25.66 AB
200	27.70 abc	20.00 cd	35.67 a	27.79 A
300	22.90 bcd	14.70 d	28.43 abc	22.01 B
Promedios	24.99 A**	18.14 C	30.33 A	
Tukey 5%:	Niveles de fertilización nitrogenada (FN)			4.62
	Sustratos (S)			3.62
	FNxS			10.46

*Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos; **Letras diferentes indican diferencias entre factores.

La prueba de Tukey ($P < 0.01$) encontró tres rangos diferentes en el análisis combinado en donde la altura media de 23.11 cm fue el más alto, obtenido como resultado de la utilización del sustrato Piedra Pómez, obteniendo altas diferencias en la comparación de medias con los otros sustratos, arena de río con 19.59 cm que fue distinto a lo obtenido con espuma Flex en donde se obtiene 16.31 con los promedios más bajos de altura. En cuanto a los niveles de fertilización nitrogenada se comprobó que

la utilización de 200 g de nitrato de amonio obtuvo el mejor comportamiento (Cuadro 8).

Mediante el análisis combinado del peso en gramos comprobamos que el promedio mayor sigue siendo el del sustrato piedra pómez con 14.71 g obteniendo igualmente alta diferencia con el resto de los sustratos de arena de río con 12.45 g y espuma Flex con 9.08 g consecutivamente (Cuadro 9).

Cuadro 8. Valores de análisis combinado para la altura de planta (cm) de cilantro (*Coriandrum sativum*).

Niveles de fertilización N	SUSTRATOS			Promedios
	Arena de río	Espuma Flex	Piedra Pómez	
0	17.93 de*	15.11 g	21.93 b	18.32 C**
100	19.58 cd	15.39 fg	23.10 ab	19.36 B
200	21.26 bc	17.58 de	24.53 a	21.12 A
300	19.57 cd	17.14 ef	22.89 ab	19.87 B
Promedios	19.59 B**	16.31 C	23.11 A	
Tukey 5%:	Niveles de fertilización nitrogenada (FN)			0.90
	Sustratos (S)			0.71
	FNxS			2.01

*Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos; **Letras diferentes indican diferencias entre factores.

Cuadro 9. Valores promedios de análisis combinado para el peso (g) de cilantro (*Coriandrum sativum*).

Niveles de fertilización N	SUSTRATOS			Promedios
	Arena de río	Espuma Flex	Piedra Pómez	
0	11.88 bcde*	8.99 de	12.26 bcde	11.04 B**
100	12.72 abcd	9.77 cde	15.31 ab	12.60 AB
200	13.71 abc	9.76 cde	17.44 a	13.64 A
300	11.47 bcde	7.79 e	13.83 abc	11.03 B
Promedios	12.45 B**	9.08 C	14.71 A	
Tukey 5%:	Niveles de fertilización nitrogenada (FN)			2.13
	Sustratos (S)			1.68
	FNxS			4.74

*Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos; **Letras diferentes indican diferencias entre factores.

Análisis económico.

Los cálculos del presupuesto parcial, análisis de dominancia, marginal, de los tratamientos probados en este estudio. En el análisis marginal de los tratamientos no dominados, se consideró solo a los que tuvieron como sustrato a la "Piedra Pómez" y que recibieron la fertilización de 0, 100 y 200 mg/l, una vez hechos los cálculos, de estos tratamientos únicamente los que recibieron 100 y 200 mg/l obtuvieron tasas de retorno marginal de 432% y 211% que superaron a la tasa mínima de retorno (100%).

CONCLUSIONES

En los tratamientos con fertilización química nitrogenada del sustrato de piedra pómez fueron los que tienen 100 y 200 mg/l que reflejaron resultados similares y de mayor rendimiento, que se comprobaron en las pruebas (Tukey 5%).

En los tratamientos del sustrato Espuma Flex se consideró que no es conveniente ya que sus resultados fueron bajos.

LITERATURA CITADA

- Barros, P. 2015. *La Hidroponía*. Buenos Aires, Argentina. 1 pp.
- Benavides, M. 2013. *Conoce los tipos de sustratos para tu cultivo hidropónico*. Obtenido de <http://www.ecosiglos.com/2013/07/tipos-de-sustratos-para-cultivo-hidroponico.html>. Consultado: Junio 12 del 2016. 1, 6 pp.
- Benavides, N. 2007. *Cilantro: Guía práctica para la exportación a EE.UU.* Managua, Nicaragua: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 4 pp.
- Chicangana, D. 2014. *Evaluación de densidades de siembra en dos cultivares de cilantro*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 3, 4, 5 pp.
- Cruz, E., A. Can, M. Sandoval, R. Bugarín, A. Robles, & P. Juárez. 2012. *Sustratos en la Horticultura*. Nayarit, México: Universidad Autónoma de Nayarit. 17, 18, 19 pp.
- Diario La Hora. 2016. *lahora.com.ec*. Obtenido de Los beneficios del cilantro: <http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101917601#.WAAcVySrZQo>. Consultado: Agosto 20 de 2016.
- Ecuale.com*. 2016. Obtenido de Manta: <http://www.ecuale.com/manabi/manta.php>. Consultado: Junio 22 de 2016. 6 pp.
- Estrada, E., M. García, C. Cardozo, A. Gutierrez, D. Baena, M. Sánchez, & F. Vallejo. 2004. *Cultivo de Cilantro*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 8-16 pp.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. *La huerta hidropónica popular*. Santiago, Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 8, 16, 17 pp.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. *Consumo aparente per-cápita de frutas y hortalizas*. Obtenido de <http://www.edualimentaria.com/frutas-hortalizas-frutos-secos-composicion-propiedades#anchor>. Consultado; Junio 12 de 2016. 6 pp.
- Gallardo, C. 2003. *Sustratos para plantas, tipos y principales características*. Entre Ríos, Argentina: Universidad Nacional de Entre Ríos. 1 pp.
- Grupo XAXENI. 2015. *¿Qué es Hidroponía?* Obtenido de: https://www.cosechando-natural.com.mx/que_es_hidroponia_articulo_2.html. Consultado: Junio 15 de 2016. 2, 3 pp.
- Horticom. 2010. *Sustratos*. Obtenido de <http://www.horticom.com/tematicas/cultivos/insuelo/pdf/sustratos.pdf>. Consultado: Junio 15 de 2016. 19 pp.
- Hydro Environment. 2016. *¿Qué es un sustrato?* Obtenido de http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=31. Consultado: Junio 16 de 2016. 2, 3, 13 pp.
- InfoAgro. 2013. *El cultivo del cilantro*. Obtenido de <http://www.infoagro.com/aromaticas/cilantro.htm>. Consultado: Junio 18 de 2016. 4 pp.
- Joystick . 2006. *Manual de siembra y aprovechamiento del cilantro*. Barcelona, España. 2, 3 pp.
- Manta360. 2016. *Geografía y clima de Manta*. Obtenido de <http://www.manta360.com/verguia.php?id=112&gid=48>. Consultado: Junio 18 de 2016. 3 pp.
- Masabni, J. & P. Lillard. 2013. *Jardinería fácil: Cilantro*. Texas, Estados Unidos: Texas A&M University. 1 pp.
- Morales, J. 1995. *Cultivo de Cilantro, cilantro ancho y perejil*. Santo Domingo, República

Dominicana: Fundación de Desarrollo Agropecuario. 1, 2, 4, 6, 8, 9, 11, 12 pp.

Morales, J., B. Brunner, L. Flores, & S. Martínez. 2011. *Cilantro orgánico*. Lajas, Puerto Rico: Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. 1, 2, 4, 5, 6 pp.

Oasis Floral Latinoamérica. 2014. *Manual de hidroponía*. México DF, México: Easy Plant. 4, 5 pp.

OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). 2002. *Producción de sustratos para viveros*. Costa Rica: VIFINEX. 4, 7, 9 pp.

Romero, C., E. Minaya, & A. Estrada. 2014. *Cultivo en raíz flotante de cilantro y lechuga, técnica hidropónica*. Obtenido de <http://muciza.com.mx/project/cultivo-en-raiz-flotante-de-cilantro-y-lechuga-tecnica-hidroponica/>. Consultado: Junio 20 de 2016. 7 pp.

Sistema Nacional de Información (SNI). 2011. *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional*. Manta, Ecuador: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. 20 pp.

TurismoManta.com. 2016. Obtenido de Manta: <http://turismomanta.com/conoce-manta/>. Consultado: Junio 22 de 2016. 3, 4 pp.