

Evaluación Agronómica de Fresa *Fragaria vesca* y Albahaca *Ocimum basilicum*, bajo tres métodos de siembra en un sistema acuapónico



Yudy Paola Valencia Flórez
Yeraldin Caldon Miranda

Fundación Universitaria de Popayán
Facultad de Ciencias Económicas, Contables y Administrativas
Administración de Empresas Agropecuarias
Popayán
2021

Evaluación Agronómica de Fresa *Fragaria vesca* y Albahaca *Ocimum basilicum*, bajo tres métodos de siembra en un sistema acuapónico

Yudy Paola Valencia Flórez
Yeraldin Caldon Miranda

Proyecto de trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Administradora de Empresas Agropecuarias

Director
Mg. Edwin Rivera Gómez

Fundación Universitaria de Popayán
Facultad de Ciencias Económicas, Contables y Administrativas
Administración de Empresas Agropecuarias
Popayán
2021

Dedicatoria

A mis padres Juan Camilo Valencia Rodríguez y Gladiz María Flórez Castro, por ser mi fuente de motivación e inspiración en este proceso de formación académica y sobre todo por su apoyo incondicional en algunos de mis propósitos.

A mis hermanos Karen Camila, Bárbara Jhoana, Juan Carlos y Adriana Liceth, por animarme a cumplir mis objetivos y porque son mi sostén al momento de afrontar los obstáculos.

Yudy Paola Valencia Flórez

Dedicatoria

A mis padres Cruz María Caldono y Margarita Miranda Grueso por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis objetivos.

Yeraldin Caldono Miranda

Agradecimientos

Al docente Edwin Rivera Gómez, por darme la oportunidad de ser partícipe en la construcción y ejecución de este proyecto.

Al estudiante de Ecología Alexander Medina, por su compromiso y colaboración en el desarrollo de actividades relacionadas con la investigación.

A los docentes del programa de Administración de Empresas Agropecuarias, por inculcarme valores y compartir sus conocimientos, experiencias y anécdotas, con el fin de contribuir a mi formación personal y profesional.

A todas las personas que estuvieron involucradas directa e indirectamente en la realización de este trabajo de investigación.

Yudy Paola Valencia Flórez

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a mis padres Cruz María Caldono y Margarita Miranda Grueso, quienes confían plenamente en mis capacidades y son el motor de mi vida.

Agradezco también a mi asesor de tesis el Mg Edwin Rivera por haberme brindado la oportunidad de trabajar con él durante este proceso de formación.

Yeraldin Caldono Miranda

Contenido

Resumen	xiv
Abstract	xvi
Introducción	1
1. Objetivos	4
1.1. Objetivo General	4
1.2. Objetivos Específicos	4
2. Antecedentes	5
3. Hipótesis	11
3.1. Hipótesis Nula (H_0):	11
3.2. Hipótesis Alternativa (H_a):	11
4. Marco Teórico	12
4.1. Sistema acuapónico	12
4.2. Métodos de siembra	13
4.2.1. Sistema NFT (Nutrient Film Technique).	13
4.2.2. Sistema Raíz flotante.	14
4.2.3. Cama con sustrato sólido.	15
4.3. Fresa	15
4.3.1. Clasificación botánica.	16
4.3.2. Morfología.	16

4.3.3. Fenología.	17
4.3.4. Condiciones edafoclimáticas.	18
4.3.5. Características físicoquímicas.	19
4.3.6. Mantenimiento.	19
4.3.7. Requerimientos nutricionales.	20
4.3.8. Rendimiento y cosecha.	20
4.3.9. Plagas.	21
4.4. Albahaca	23
4.4.1. Taxonomía.	23
4.4.2. Morfología.	24
4.4.3. Fenología.	26
4.4.4. Condiciones edafoclimáticas.	26
4.4.5. Propiedades físicoquímicas.	27
4.4.6. Mantenimiento.	27
4.4.7. Requerimientos nutricionales.	28
4.4.8. Rendimiento y cosecha.	28
4.4.9. Plagas.	29
5. Metodología	31
5.1. Ubicación geográfica	31
5.2. Caracterización del montaje del sistema acuapónico	31

5.3. Material genético	32
5.4. Diseño experimental	32
5.5. Cultivos	35
5.5.1. Fresa.	35
5.5.2. Albahaca.	36
5.6. Métodos de siembra	37
5.6.1. Cama con sustrato sólido.	37
5.6.2. NFT (Nutrient Film Technique).	38
5.6.3. Raíz flotante.	39
5.6.4. Testigo.	40
6. Resultados y discusión	42
6.1. Desarrollo de la fresa <i>Fragaria vesca</i>	42
6.1.1. Raíz	42
6.1.2. Tallo	43
6.1.3. Hojas	44
6.2. Desarrollo de la Albahaca <i>Ocimum basilicum</i>	45
6.2.1. Raíz	45
6.2.2. Tallo	46
6.2.3. Hojas	46
6.3. Producción de la fresa <i>Fragaria vesca</i>	48

6.3.1. Peso de los frutos	48
6.3.2. Largo de los frutos	49
6.3.3. Ancho de los frutos	50
6.3.4. Número de frutos	51
6.4. Producción de la Albahaca <i>Ocimum basilicum</i>	52
6.4.1. Peso de las hojas	52
6.4.2. Tamaño de las hojas	53
Conclusiones	54
Recomendaciones	55
Bibliografía	56
Anexos	65

Listas de tablas

Tabla 1. <i>Clasificación de la fresa</i>	16
Tabla 2. <i>Descripción morfológica de la fresa</i>	17
Tabla 3. <i>Plagas en el cultivo de fresa</i>	22
Tabla 4. <i>Clasificación de la albahaca</i>	23
Tabla 5. <i>Descripción morfológica de la albahaca</i>	25
Tabla 6. <i>Plagas en el cultivo de albahaca</i>	30
Tabla 7. <i>Descripción de la toma de variables en el cultivo fresa <i>Fragaria vesca</i></i>	36
Tabla 8. <i>Descripción de la toma de variables en el cultivo de albahaca <i>Ocimum basilicum</i></i>	37
Tabla 9. <i>Análisis de promedios para el tamaño de la raíz de la fresa</i>	42
Tabla 10. <i>Análisis de promedios para la altura del tallo de la fresa</i>	43
Tabla 11. <i>Análisis de promedios para el número de hojas de la fresa</i>	44
Tabla 12. <i>Análisis de promedios para el tamaño de la raíz de la albahaca</i>	45
Tabla 13. <i>Análisis de promedios para la altura del tallo de la albahaca</i>	46
Tabla 14. <i>Análisis de promedios para el número hojas de la albahaca</i>	47
Tabla 15. <i>Análisis de promedios para el peso de los frutos de fresa</i>	48
Tabla 16. <i>Análisis de promedios para el largo del fruto de la fresa</i>	49
Tabla 17. <i>Análisis de promedios para el ancho del fruto de la fresa</i>	50
Tabla 18. <i>Análisis de promedios para el número de frutos de la fresa</i>	51
Tabla 19. <i>Análisis de promedios para las medias del peso de la albahaca</i>	52
Tabla 20. <i>Análisis de varianza para las medias del tamaño de las hojas de la albahaca</i>	53

Lista de figuras

Figura 1. <i>Proceso fenológico de la planta de fresa</i>	18
Figura 2. <i>Proceso fenológico de la planta de albahaca</i>	26
Figura 3. <i>Mapa Timbío</i>	31
Figura 4. <i>Los Robles</i>	31
Figura 5. Croquis del sistema acuapónico	32
Figura 6. <i>Croquis del método cama con sustrato sólido</i>	33
Figura 7. <i>Croquis del método NFT (Nutrient Film Technique)</i>	34
Figura 8. <i>Croquis del método raíz flotante</i>	35
Figura 10. <i>Plantas de albahaca <i>Ocimum basilicum</i> sembradas en el método de cama con sustrato sólido</i>	38
Figura 9. <i>Plantas de fresa <i>Fragaria vesca</i> sembradas en el método de cama con sustrato sólido</i>	38
Figura 12. <i>Fase inicial de cosecha del cultivo de albahaca <i>Ocimum basilicum</i> en la técnica NFT</i>	39
Figura 11. <i>Fase inicial de cosecha del cultivo de fresa <i>Fragaria vesca</i> en la técnica NFT</i>	39
Figura 14. <i>Fase inicial de cosecha del cultivo de albahaca <i>Ocimum basilicum</i> en el método de raíz flotante</i>	40
Figura 13. <i>Fase inicial de cosecha del cultivo de fresa <i>Fragaria vesca</i> en el método de raíz flotante</i>	40
Figura 15. <i>Preparación del terreno para la siembra de plántulas de albahaca <i>Ocimum basilicum</i> y fresa <i>Fragaria vesca</i> en el testigo</i>	41

Figura 16. *Cultivos de fresa *Fragaria vesca* y albahaca *Ocimum basilicum* en la cama testigo*

Resumen

Los sistemas acuapónicos requieren un monitoreo de la calidad del agua sustancialmente menor que los sistemas hidropónicos o recirculantes de acuicultura; debido a que, la diaria aplicación de alimento para peces proporciona un suministro constante de nutrientes a las plantas y por lo tanto elimina la necesidad de descargar y reemplaza las soluciones de nutrientes agotadas o ajuste las soluciones de nutrientes como en hidropónicos (Rakocy, Masser y Losordo, 2006).

El objetivo de este trabajo de investigación fue determinar cuál de los diferentes métodos implementados en la siembra de los cultivos de fresa *Fragaria vesca* de clima frío y albahaca *Ocimum basilicum* de clima templado en un sistema acuapónico en la sede los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán, presenta un mejor desarrollo agronómico y productivo. En relación a lo anterior, se implementó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos correspondientes a los tres métodos de siembra (cama con sustrato sólido, técnica de flujo laminar de nutrientes, conocida como NFT o Nutrient Film Technique y raíz flotante) y diez repeticiones por cada uno, donde se realizó una evaluación del tamaño de la raíz, altura de la planta, número de hojas, tamaño y peso de las hojas, número, peso y tamaño de los frutos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, la variable de tamaño de la raíz en los cultivos de fresa *Fragaria vesca* y albahaca *Ocimum basilicum* presentó la mayor longitud media en la cama de raíz flotante. La altura de la planta en el cultivo de fresa *Fragaria vesca* obtuvo un mejor desarrollo en la técnica de raíz flotante y en el cultivo de albahaca *Ocimum basilicum* presentó un mejor crecimiento en la cama con sustrato sólido. El número de hojas en los cultivos de fresa y albahaca fue mayor en la técnica de NFT. Las variables de número, peso, largo y ancho de los frutos en el cultivo de fresa *Fragaria vesca*, presentaron un mejor comportamiento

en el método de raíz flotante. El peso de las hojas en el cultivo de albahaca *Ocimum basilicum* obtuvo un mejor resultado en la cama con sustrato sólido. Por último, el tamaño de las hojas en el cultivo de albahaca *Ocimum basilicum* mostró un mejor resultado en la cama de raíz flotante.

Palabras claves: Sistema acuapónico, métodos de siembra, testigo, fresa, albahaca.

Abstract

Aquaponic systems require substantially less water quality monitoring than hydroponic or recirculating aquaculture systems because the daily application of fish feed provides a constant supply of nutrients to plants and therefore eliminates the need to discharge and replace depleted nutrient solutions or adjust nutrient solutions as in hydroponics (Rakocy, Masser and Losordo, 2006).

The objective of this research work was to determine which of the different methods implemented in the planting of cold climate *Fragaria vesca* strawberry and temperate climate basil *Ocimum basilicum* crops in an aquaponic system at the Los Robles headquarters of the Fundación Universitaria de Popayán, presents a better agronomic and productive development. In relation to the above, it was implemented a completely randomized experimental design, with three treatments corresponding to the three sowing methods (solid substrate bed, nutrient film flow technique, known as NFT or Nutrient Film Technique and floating root) and ten repetitions for each one, where it was carried out an evaluation of root size, plant height, number of leaves, size and weight of leaves, number, weight and size of fruits.

According to the results obtained in this study, the root size variable in strawberry *Fragaria vesca* and basil *Ocimum basilicum* crops presented the highest average length in the floating root bed. Plant height in strawberry *Fragaria vesca* cultivation obtained a better development in the floating root technique and in basilicum *Ocimum basilicum* cultivation presented a better growth in the bed with solid substrate. The number of leaves in strawberry and basil crops was higher in the NFT technique. The variables of number, weight, length and width of the fruits in the strawberry *Fragaria vesca* cultivation, presented a better behavior in the floating root method. Leaf weight in the basilicum *Ocimum basilicum* cultivation obtained a better result in the bed

with solid substrate. Finally, the size of the leaves in the basilica *Ocimum basilicum* cultivation showed a better result in the floating root bed.

Keywords: Aquaponic system, planting methods, control, strawberry, basil.

Introducción

La implementación de sistemas acuapónicos permite a pequeños productores hacer uso eficiente de los espacios en los cuales se pueden obtener cosechas tanto de animales y plantas de manera sostenible y amigable con el ambiente. Cabe resaltar que, la acuaponía es la interacción del cultivo de peces y plantas en un mismo sistema, en donde se genera un beneficio mutuo. Estos sistemas, poseen muchas variaciones y niveles de tecnificación dependiendo de las necesidades para las cuales haya sido establecido, así como también existe gran variedad de plantas y organismos acuáticos que pueden ser cultivados en este sistema. (Forero, Parra, Luna y Rivera, 2011)

En Colombia, se evidencia una limitada información científica relacionada con la utilización de métodos de siembra en un sistema acuapónico, lo cual repercute directamente en la producción, eficiencia y rentabilidad comercial de las hortalizas que han sido adaptadas a esta técnica de producción sostenible. (Ramírez y colaboradores, 2009)

De acuerdo con Arcos, Benavides, y Rodríguez, (2011), “la identificación del método de siembra adecuado para un sistema hidropónico se logra por medio de la investigación, la cual se lleva a cabo aplicando conocimientos básicos acerca del funcionamiento de este tipo de sistemas amigables con el ambiente y sobre todo, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona. Es por ello que, con la producción de la fresa y albahaca se pretende demostrar cuál es el método de siembra más eficiente en un sistema acuapónico, debido a que existe un desconocimiento científico sobre el sistema de siembra apropiado para la implementación de estos cultivos.

Existen plantas aromáticas que se adaptan muy bien a los sistemas acuapónicos, entre ellas se menciona la albahaca *Ocimum basilicum* que es una aromática de crecimiento rápido tanto en

sistema hidropónico como en tierra con un amplio rango de tolerancia ambiental y que se emplea como ingrediente en medicina tradicional, aromaterapia y en la preparación de alimentos.

(Nelson, 2005)

También, los beneficios que se obtienen al realizar el cultivo de fresa en un invernadero de manera hidropónica es la alta calidad, sabor y tamaño de los frutos producidos obteniéndolos en menor tiempo que si se realizara en campo abierto, además de los beneficios económicos, ya que este producto se puede producir todos los días del año, teniendo el manejo adecuado de las condiciones ambientales dentro del invernadero, se reducen gastos en servicios como agua y mano de obra porque el espacio es menor, el agua se recicla, utilizando únicamente lo que la planta necesita, altera el ciclo convencional del cultivo mejorando la producción y la calidad.

(Cadena, 2017)

Se conocen varias alternativas para el montaje del sistema hidropónico perteneciente a la acuaponía. Los más utilizados son las camas o lechos de sustrato siendo las más populares para proyectos de baja-mediana escala por su bajo costo, manejo y simplicidad. El sustrato tiene la función de sostener las raíces de la planta y también funciona como filtro biológico y mecánico; su principal desventaja es que presenta mayor evaporación que las otras técnicas. Otra alternativa es el sistema de película nutritiva-técnica del film nutritivo o (NFT, de las siglas en inglés “Nutrient Film Technique”), es el más conocido de la hidroponía por su versatilidad de ensamblaje y el poco gasto de agua en comparación con los otros métodos. Es el indicado para hortalizas de hoja, ya que no requieren una gran cantidad de sustrato. Por último, dentro de los más utilizados se encuentra el sistema de cultivos de aguas profundas o Balsas flotantes, en este sistema las raíces están sumergidas en el agua por lo que el cuidado de la oxigenación es importante. (Bigliardi y Gabutto, 2018)

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad determinar cuál es el mejor comportamiento agronómico y productivo de la fresa *Fragaria vesca* de clima frío y albahaca *Ocimum basilicum* de clima templado, mediante la evaluación de tres métodos de siembra en un sistema acuapónico.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento agronómico de Fresa *Fragaria vesca* y Albahaca *Ocimum basilicum*, en un sistema acuapónico en la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

1.2. Objetivos Específicos

- Analizar el desarrollo vegetativo del cultivo de Fresa *Fragaria vesca* de clima frío y de Albahaca *Ocimum basilicum* de clima templado, bajo el efecto de tres métodos de siembra en un sistema acuapónico.
- Estudiar el comportamiento productivo del cultivo de Fresa *Fragaria vesca* de clima frío y de Albahaca *Ocimum basilicum* de clima templado, bajo el efecto de tres métodos de siembra en un sistema acuapónico.

2. Antecedentes

Ronzón, Hernández, y Pérez, (2012), evaluaron en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA), Veracruz, México la eficiencia productiva del cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum*) en un sistema hidropónico (SH) vs un sistema acuapónico (SA) asociado al cultivo semiintensivo de postlarvas de langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii*. La producción de albahaca se realizó en dos tanques rectangulares de geomembrana plástica (4.0 m largo x 0.80 m ancho y 0.30 m alto), divididos en dos secciones; en la primera las plántulas se fijaron sobre un sustrato de arena sílica y tezontle, y en la segunda se sembraron en contenedores plásticos usando el mismo sustrato. Las plantas del SA obtuvieron sus nutrientes a partir de metabolitos derivados del cultivo de 800 postlarvas de langostino en dos tanques circulares de 25 m³ (16 organismos m⁻²) (Estanque 1: peso inicial 0.13 g, Estanque 2: 2.19 g), mientras que en el SH se usó una solución nutritiva comercial (1.5 g/L). Las plantas del SH tuvieron inicialmente mayor supervivencia (90%), altura y número de hojas por planta ($p < 0.05$), en comparación con las del SA, que tuvieron supervivencia del 25%. Sin embargo, las plantas del SA mejoraron su crecimiento al incrementarse la biomasa de langostinos en los estanques y la consecuente producción de metabolitos. En conclusión, es factible el cultivo de albahaca asociado con cultivo de langostino en un sistema de recirculación, donde además se mejora la calidad del agua de los estanques a partir de la absorción de metabolitos nitrogenados por las plantas.

Girón, (2018), manifiesta que, la producción de fresa en su mayoría es realizada en suelo. Una migración a los cultivos acuapónicos es planteada como alternativa para minimizar las problemáticas con las que actualmente cuentan los productores y con un enfoque sustentable. En el presente trabajo se propuso la producción de fresa de la variedad Florida Festival y tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo acuapónico suplementado. El experimento se llevó a cabo

en el área experimental acuícola del laboratorio de bioingeniería ubicado en el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro, al suroeste del estado, el estudio consistió en un análisis de las variables presentes en el sistema y su afectación en las características de calidad de los frutos cosechados. Se realizaron tres tratamientos, es decir, se cultivaron las fresas en un cultivo suelo, un cultivo acuapónico puro y un acuapónico suplementado. A los frutos cosechados de cada uno de los cultivos se les midió el diámetro ecuatorial, los grados brix, el color en coordenadas CIELAB y el peso que sirvió para el cálculo del rendimiento por m². Estos datos fueron analizados para encontrar diferencias significativas. También se analizaron las características de calidad de fresas de dos marcas del mercado y se compararon las fresas de los cultivos acuapónico puro y suplementado. El pH tuvo un efecto significativo con un intervalo de confianza del 95% en los grados brix, mientras que la conductividad eléctrica lo tuvo en el diámetro ecuatorial. El objetivo del estudio fue desarrollar un paquete biotecnológico para la producción de fresa variedad Florida Festival que incremente la cantidad de azúcares presentes, diámetro ecuatorial y rendimiento de producción bajo condiciones de invernadero. Dentro de los resultados obtenidos se encontró que algunos factores significativos para las características de calidad de los frutos. Sin embargo, el cultivo acuapónico puro no es suficiente para cumplir con las necesidades nutricionales de las plantas de fresa ya que el cultivo acuapónico suplementado mostró mejores resultados en las características de calidad medidas.

Mercado, y otros, (2019) afirman que, se instaló, operó y evaluó un sistema acuapónico piloto bajo invernadero para la producción de carpa-fresa y canola utilizando lenteja de agua como única fuente de alimento en el invernadero de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, estado de México. El sistema acuapónico propuesto consistió en cuatro módulos: 1) módulo para la producción de carpa *Cyprinus Carpio comunis*, 2) módulo hidropónico tipo flujo

profundo para la producción de lenteja de agua *Lemna minor L* que se utilizó para alimentar a las carpas, 3) módulo hidropónico tipo raíz flotante para el cultivo de fresa *Fragaria × ananassa*, 4) módulo hidropónico con sustrato (grava media) para el cultivo de canola *Brassica napus*. En el módulo 1 se obtuvo un peso promedio por carpa de 17.7 g representando un incremento de peso de 16.8 g en el periodo de septiembre a diciembre. En el módulo 2 se produjo 12 kg de lenteja de agua fresca en un área de 0.26 m² con 5.6% de materia seca. La producción de lenteja de agua se mantuvo utilizando los nutrientes del efluente del módulo 1. En el módulo 3 se observó que las plantas de fresa se adaptaron al sistema hidropónico tipo raíz flotante. En promedio se cuantificó un incremento de 2.5 g en el peso fresco de la planta, 1 cm en el tamaño de raíz, 0.9 cm en la altura de planta, 0.2 cm en el largo de hoja, 0.2 cm en el ancho de hoja y 0.4 cm² en el área foliar. En el módulo 4 se cuantificó en promedio un incremento de 8.1 g en la altura de planta, 0.2 cm en el largo de hoja, 0.2 cm en el ancho hoja y 0.1 cm en el área foliar.

Morales, (2019), realizó en la ciudad de Lima, en el distrito de los Olivos, un diseño y construcción de un sistema acuapónico prototipo aplicado a tilapia gris *Oreochromis niloticus* y albahaca *Ocimum basilicum* evaluando su operatividad en función al cultivo de ambas especies. El diseño fue empírico, analizando previamente dos diseños artesanales construidos in situ, para evaluar la respuesta de las unidades biológicas ante el sistema. Se rediseñó y construyó un tercer sistema mejorando su operatividad, se aplicó a un cultivo de tilapia y albahaca. Se empezó realizando un piloto para evaluar la productividad de la tilapia, la albahaca y la calidad del agua, dando como resultados: peso inicial de la tilapia 3.88g, peso final 10.69g, peso inicial de la albahaca 1.2g, peso final 245.3g y la calidad (Amonio/amoniaco, Nitritos, Nitratos, dureza de carbonato, dureza total, pH y T°) fluctuaron y se estabilizaron al final del cultivo, no habiendo mortandad. El segundo cultivo, siendo el experimento en sí, se dobló la producción de albahaca

en un mismo cultivo, dos corridas de albahacas por una de tilapias dando como resultados: peso inicial de la tilapia 6.08g, peso final 21.57g. Primera corrida de albahacas: peso inicial 3.0g, peso final 106.05g. Segunda cosecha de albahacas: peso inicial 4.38g, peso final 158.33g y la calidad de agua tuvo un descenso significativo y mejorado en la concentración de nitratos (NO_3^-) de 80 mg/L a 20 mg/L que se mantuvo constante. Conclusión: El sistema acuapónico prototipo es factible aplicado al cultivo de tilapia gris y albahaca, con cultivo escalonado de albahaca, resultados estándares y hasta mejores con respecto a los cultivos tradicionales.

Pandales y Santos, (2017), realizaron en el invernadero de Ictiología y en el Laboratorio de Fisiología Animal de la Universidad Militar Nueva Granada sede Campus Cajicá una evaluación del desempeño de un sistema acuapónico con tres variedades de albahaca *Ocimum basilicum L* bajo condiciones de invernadero. El trabajo se llevó acabo de septiembre a diciembre de 2016. La especie de pez utilizada fue la tilapia roja *Oreochromis sp*, con una biomasa inicial de 57,8 Kg y una densidad de 7,2 Kg/m³, se realizó un diseño experimental de bloques interpuesto con tres tratamientos con seis repeticiones por tratamiento, cada unidad experimental fue establecida en 1 m² con densidad de siembra de 24 plantas para un total 144 plantas por tratamiento, se evaluaron parámetros de productividad y rendimiento en las plantas, parámetros productivos y crecimiento de la tilapia, así como el comportamiento de algunos parámetros fisicoquímicos involucrados en el sistema. Durante el experimento la albahaca mostró buenos resultados de sobrevivencia y de cultivo, presentando mayor producción en la primera cosecha. La producción de biomasa de albahaca en fresco estuvo muy por encima comparada con la producción de cultivos en suelo según lo reportado en literatura, la tilapia presentó altos porcentajes de sobrevivencia. En conclusión, con las condiciones dadas en esta investigación el sistema

acuapónico presentó un rendimiento viable para la producción de tilapia y albahaca, generándose una apropiada concentración de macro y micronutrientes para el desarrollo de las plantas.

Sánchez y colaboradores, (2011), desarrollaron una investigación en el laboratorio de acuaponía del grupo de Ictiología de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Militar Nueva Granada, sede Río Grande, donde se evaluó el crecimiento y parámetros productivos del orégano en sistemas acuapónicos e hidropónicos a modo de cama flotante, así mismo el crecimiento y parámetros productivos de la carpa común en sistemas acuapónicos. Se sembraron y evaluaron dos cosechas de orégano (Cosecha 1 y 2) para cada sistema. Tanto en los sistemas acuapónicos como hidropónicos se sembraron 8 plantas/sistema a las cuales se les siguió el crecimiento en altura, se registró el peso seco y fresco final de las estructuras aéreas y radiculares, y se determinaron algunos parámetros productivos. No hubo diferencias significativas en el crecimiento en altura de las plantas de orégano. Las plantas en los sistemas acuapónicos presentaron mejores parámetros de productividad que los sistemas hidropónicos: la primera cosecha de acuapónicos fue mejor que la segunda.

Campos, López, Avalos, Hoyos y Mendiola, (2013), realizaron en la granja “Productos acuícolas SIN-VER S. A. de C. V. en San José Novillero, Boca del Río, Veracruz un estudio sobre el crecimiento de tres plantas “perejil, orégano y menta” con cultivo de tilapia donde determinaron el pH, conductividad eléctrica, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, potasio, dureza total, sólidos disueltos totales y relación de absorción de sodio, para el caso de amoníaco, nitritos y nitratos se utilizó un espectrofotómetro portátil modelo DR/2400 Hach®. Realizándose muestreos cada quince días durante cuatro meses. Al finalizar la investigación, se analizó el lodo del efluente acumulado en el estanque, así como el sustrato utilizado en la siembra tradicional. La siembra de las plantas se desarrolló bajo casa sombra con el sistema

NFT (acuaponía) y siembra tradicional, utilizando un diseño experimental completamente al azar. Obteniéndose que el perejil no soportó las condiciones de cultivo en acuaponía, el orégano presento menor altura comparado con la siembra tradicional, la menta presento rendimientos similares al cultivo tradicional.

3. Hipótesis

3.1. Hipótesis Nula (H₀):

Los tres métodos de siembra no influyen en el comportamiento agronómico y productivo del cultivo de fresa *Fragaria vesca* de clima frío.

Los tres métodos de siembra no influyen en el comportamiento agronómico y productivo del cultivo de albahaca *Ocimum basilicum* de clima templado.

El mejor comportamiento agronómico y productivo lo obtuvo fresa *Fragaria vesca* de clima frío en los tres métodos de siembra del sistema acuapónico.

El mejor comportamiento agronómico y productivo lo obtuvo la albahaca *Ocimum basilicum* de clima templado en los tres métodos de siembra del sistema acuapónico.

3.2. Hipótesis Alternativa (H_a):

El método de siembra influye en el comportamiento agronómico y productivo del cultivo de fresa *Fragaria vesca* de clima frío.

El método de siembra influye en el comportamiento agronómico y productivo del cultivo de albahaca *Ocimum basilicum* de clima templado.

El mejor comportamiento agronómico y productivo no lo obtuvo fresa *Fragaria vesca* de clima frío en los tres métodos de siembra del sistema acuapónico.

El mejor comportamiento agronómico y productivo no lo obtuvo la albahaca *Ocimum basilicum* de clima templado en los tres métodos de siembra del sistema acuapónico.

4. Marco Teórico

4.1. Sistema acuapónico

Un sistema acuapónico consiste en generar una circulación constante de una lámina delgada de solución nutritiva que fluye a través de las raíces del cultivo; no existe pérdida o salida al exterior, por lo que se considera un sistema cerrado; asimismo, consta de un tanque para el cultivo de peces, un clarificador o filtro de sólidos, biofiltro y de cama(s) de crecimiento para plantas, sistema de bombeo de agua y sistemas de aireación interconectados de tal forma, que el agua rica en nutrientes pasa del tanque de peces al clarificador, donde se eliminan la mayor parte de partículas disueltas, tanto grandes como pequeñas. Después de pasar por el clarificador el flujo pasa al biofiltro, el cual tiene una gran superficie que le permite alojar una gran cantidad de bacterias que convierten el amonio en nitrito (Nitrosomonas) y otras (Nitrobacter) que convierten el nitrito en nitrato, fenómeno de mucha utilidad en cultivos porque tanto el amonio como los nitritos son altamente tóxicos (Simón y Trelles, 2014).

Becerra y Cepeda (2017), señalan que, mediante la construcción de sistemas acuapónicos se obtienen las siguientes ventajas: Disminución del uso de fertilizantes por la presencia de peces en el sistema, reducción notable de la contaminación del ambiente, obtención doble de ingreso (económico y alimenticio), por el cultivo de plantas y peces en un mismo sistema, ahorro a nivel productivo debido a la utilización de las heces de los peces y residuos de alimento como nutrientes para los vegetales, manejo de plagas y enfermedades mediante el control biológico lo que permite tener una producción limpia y la acuaponía se convierte no solo en una alternativa de producción de alimentos de alta calidad, sino también en una oportunidad para mejorar las condiciones socioeconómicas de la población contribuyendo a la seguridad alimentaria. Por el contrario, las desventajas que se evidencian tras la implementación de este modelo de producción

orgánica son: Depende de energía eléctrica en todo momento, la interrupción de esta por largos periodos de tiempo causaría problemas en todo el sistema e incluso puede causar la muerte de peces y plantas, la cantidad de plantas está limitada por el volumen y desarrollo de los peces y es de vital importancia la regulación del balance entre peces y plantas para evitar alteraciones.

En Colombia se han desarrollado investigaciones tanto en acuaponía tradicional como en acuaponía con automatización, se destacan trabajos en la Universidad Militar Nueva Granada, la Universidad del Quindío, la Universidad Surcolombiana, sin embargo en el ámbito comercial la acuaponía en nuestro país no ha tenido un avance significativo debido a que las regulaciones medioambientales no son cumplidas por los acuicultores actuales, quienes vierten agua cargada producto de la salida de sus actividades piscícolas sin realizar ningún tipo de tratamiento debido a que les generaría costos económicos adicionales. (Zambrano, 2017)

4.2. Métodos de siembra

En la implementación de métodos de siembra en hidroponía, las diferentes especies hortícolas, por sus características específicas, necesitan y se adaptan a ciertos tipos de sustratos tales como: tezontle, fibra de coco, vermiculita, arena, entre otros, o bien, la mezcla de ellos, con el propósito de obtener el crecimiento adecuado y el máximo de productividad de los cultivos. (Mata, y otros, 2010)

4.2.1. Sistema NFT (Nutrient Film Technique).

Los tanques para hidroponía que forman parte de los sistemas acuapónicos pueden ser clasificados en dos tipos principales, los sistemas de cultivo NFT y los sistemas de raíz flotante con sustrato y sin sustrato. En ese orden de ideas, los sistemas NFT presentan la característica de que puede controlarse el flujo de agua que circula por las tuberías y el cual está directamente en contacto con las raíces, este flujo puede ser configurado para circular continuamente o

implementando un temporizador para garantizar una mayor oxigenación a la raíz de la planta. Generalmente se construyen en canales PVC con perforación para la incorporación de la planta. (Zambrano, 2017)

Ticona (2016), manifiesta que, el método de siembra NFT (Nutrient Film Technique), es una técnica muy utilizada a nivel mundial, principalmente para el cultivo de hortalizas de hojas como berros, lechugas, acelgas y especias como albahaca y menta, aunque también se producen frutos como chile dulce, tomate y pepino, entre otros. Además, reitera que la ventaja de este sistema en comparación con otros sistemas hidropónicos, se basa en la obtención de productos hortícolas de excelente calidad.

4.2.2. Sistema Raíz flotante.

Pueden ser desarrollados sin sustrato de soporte, cultivando sobre láminas de poliestireno expandido “ICOPOR” o con un medio de sustrato que puede ser de tipo orgánico, inorgánico o sintético. Dentro de los materiales usados se encuentran sustratos minerales naturales como la grava, arena, roca volcánica como zeolitas, puzolanas, tezontle. También se encuentran sustratos minerales tratados como vermiculita, perlita, pumita, arlita, lana de roca, residuos industriales, sustratos orgánicos sintéticos como la espuma de poliuretano, sustratos orgánicos naturales como la turba y el aserrín. (Zambrano, 2017)

Sanchez (2018), argumenta que, “el sistema de raíz flotante es uno de los más usados para la producción hortícola, en especial aquellas de las cuales son mayormente aprovechadas sus hojas como la lechuga, el apio y la albahaca” (p.24). Este método de siembra no requiere de un sustrato sólido, debido a que las raíces de las plantas permanecen en contacto directo con el agua que debe ser oxigenada diariamente y puede ser aplicada de manera manual o por medio de bombas aireadoras. (Ovando, 2017)

4.2.3. Cama con sustrato sólido.

En este sistema se utiliza un medio sólido (sustrato) para el soporte de las raíces de las plantas y a su vez, cuenta con varias funciones: sirve de anclaje a las plantas, protege a las raíces de la luz solar, retiene cierta cantidad de humedad y solución nutritiva y permite la oxigenación de las raíces por medio de los espacios que se forman entre las partículas. Además, el sistema de camas con sustrato sólido es el sistema más utilizado en hidroponía popular y en acuaponía. La utilización del sustrato sólido evita la necesidad de construir un biofiltro, bajando así los costos de producción. (Jiménez, 2017)

Según Ovando (2017), expresa que, “el sustrato en el sistema de cama con sustrato sólido es suficientemente poroso, lo que permite el desarrollo de las bacterias nitrificantes, evitando muchas veces la necesidad de construir un biofiltro, reduciendo así los costos de producción” (p.17).

4.3. Fresa

La fresa pertenece a la familia Rosaceae, considerada como una fruta exótica de gran aroma, por lo que se convierte en un cultivo con grandes ofertas de mercado. Las variedades cultivadas comercialmente son por lo general híbridos, en especial *Fragaria x ananassa*, que ha reemplazado casi universalmente por el tamaño de sus frutos, a la especie silvestre *Fragaria vesca*. (Mendoza, 2018)

De acuerdo con la Cámara de Comercio de Bogotá (2015), afirman que, San Andreas es una variedad de día neutro moderado. Su fruto es de excelente calidad (similar a Albión) y sabor, con poca necesidad de frío en invernadero, resistente a enfermedades. Es más precoz que la variedad Camarosa, con curva de producción estable durante todo el ciclo.

4.3.1. Clasificación botánica.

La planta de fresa es de tipo herbáceo y perenne, con estolones que enraízan en el ápice y hojas compuestas trifoliadas completamente. En Colombia este cultivo tiene un tiempo de producción de dos años con vida comercialmente viable. En la siguiente tabla se muestra la clasificación botánica de la fresa:

Tabla 1. *Clasificación de la fresa*


Clasificación botánica de la fresa	
Nombre común	Fresa
Nombre científico	<i>Fragaria sp.</i>
Familia	Rosaceae
Género	Fragaria

Fuente: (Gobernación de Antioquia y Sena, 2014)

4.3.2. Morfología.

La planta de fresa, es una especie hortícola, se caracteriza porque las hojas y otros órganos se forman en la parte leñosa de la corona. A continuación, se evidencia la composición morfológica:

Tabla 2. Descripción morfológica de la fresa

Partes de la planta	
<p>Flores: Se agrupan en inflorescencias de 5 y 6 sépalos de color blanco.</p>	
<p>Corona: Roseta de aproximadamente 2,5 cm contiene los tejidos vasculares, en la base contiene hojas y yemas que pueden generar coronas nuevas.</p>	
<p>Raíz: De aspecto fibroso. Las raíces estructurales son de soporte y se originan en la corona. Las raíces terciarias toman agua y nutrientes. El 90% de las raíces se desarrolla a 30 cm de profundidad.</p>	
<p>Frutos: Constituye la parte comestible, el color varía de rojo pálido a intenso; la forma puede ser globosa, cónica o de corazón y de tamaño directamente proporcional a las flores.</p>	
<p>Hojas: Compuestas por tres hojas de bordes aserrados. El tamaño varía según la variedad.</p>	<p>Tallo/Estolón: Tallo rastrero que brota de la corona, a partir del segundo nudo, se forma una nueva planta.</p>

Fuente: (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015)

4.3.3. Fenología.

Las etapas del desarrollo del cultivo de fresa son: vegetativa, reproductiva y productiva. El proceso es el siguiente (figura 1):



Figura 1. Proceso fenológico de la planta de fresa

Fuente: (Autoría propia; Gobernación de Antioquia y Sena, 2014)

4.3.4. Condiciones edafoclimáticas.

El cultivo a nivel comercial tiene un rango amplio de adaptabilidad a los pisos térmicos; sin embargo, su desarrollo óptimo se da entre los 1200 y los 2600 msnm, en atmósferas con humedad relativa baja. La temperatura adecuada en el día ha de estar entre los 15 – 18 °C y la nocturna de 8 – 10 °C; el proceso de maduración se ve favorecido con temperaturas diarias entre los 18 – 25 °C y en la noche 10 – 13 °C. Sin embargo, aunque la fresa se muestra altamente resistente al frío es importante tener especial cuidado con no alcanzar el punto de congelamiento (heladas) durante la brotación para proteger la corona de la planta, lugar donde se unen tallos y raíz de la planta. Esta planta se desarrolla de manera adecuada en suelos ligeramente ácidos, sueltos, aireados y bien drenados, ya que los suelos pesados limitan el desarrollo radicular. La raíz es altamente sensible a la salinidad generando reducciones de hasta el 50% en el rendimiento de la planta, por eso, se deben evitar suelos donde se haya cultivado antes papa, tomate,

pimentón, melón, sandía y calabaza, con el fin de prevenir la propagación de enfermedades que comparten con estos cultivos. Actualmente se está aumentando el área cultivada en sistemas de hidroponía y de agricultura protegida; aun cuando las inversiones son mayores para este tipo de cultivo los beneficios en productividad, calidad y operatividad hacen que el sistema sea atractivo para el agricultor. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015)

4.3.5. Características fisicoquímicas.

Según la Cámara de Comercio de Bogotá (2015), menciona que, la fresa posee una concentración de azúcar oscila entre 6,7 y 7,28 grados Brix; en relación a lo anterior, el sabor es condicionado por el balance de azúcar y acidez, ya que cuenta con una serie de azúcares y ácidos con diferentes grados de concentración según la variedad. Generalmente son cónicas y alargadas; sin embargo, dependiendo de la variedad puede variar la forma. Su olor es característico de la fruta. La fresa ha de tener un brillo intenso y un color rojizo oscuro y uniforme, aunque puede ser más rosado o anaranjado dependiendo de la variedad. El color natural en estado maduro es rojo y solo dos variedades maduran con un color blanco. Su pulpa es de color blanco, pero también puede ser rojizo de acuerdo a la variedad. Su textura es suave con firmeza moderada firmeza a alta firmeza.

4.3.6. Mantenimiento.

Por el tipo de crecimiento de la planta de fresa, la producción constante de tallos hace que la planta tome una forma de macolla en donde se acumula gran cantidad de hojas y ramas muertas, consecuencia también del calor producido por la cobertura de polietileno negro. Esta hojarasca retiene humedad que facilita el ataque de hongos a la fruta y además dificulta la aplicación de plaguicidas, por lo que es necesario eliminarla mediante una poda de limpieza. (Acosta, 2013)

4.3.7. Requerimientos nutricionales.

La fresa presenta un rápido crecimiento, influenciado por condiciones, como luz, salinidad del suelo, calidad del agua, temperatura, fitosanidad y disponibilidad de nutrientes, siendo este último, determinante para satisfacer la demanda fotosintética y el crecimiento adecuado de la planta. La calidad de la fresa depende de una adecuada fertilización, en donde los nutrientes requeridos, en mayor medida, son: nitrógeno, potasio, calcio y fósforo, este último, con gran importancia en la fase de establecimiento y de floración. Las plantas toman el fósforo como fosfato inorgánico; sin embargo, es uno de los macronutrientes menos disponibles en el suelo, ya que su disponibilidad se ve limitada, debido a su alta reactividad con los metales, junto con factores, tales como el pH y la composición del suelo. (Galindo et al., 2018)

4.3.8. Rendimiento y cosecha.

En Colombia, en el 2016 se produjeron 61.468 toneladas de fresa, siendo Cundinamarca el departamento con mayor producción, con una participación de 41.425 toneladas, seguido por Antioquia, con 11.179 toneladas; Norte de Santander, con 3.713 toneladas; Cauca, 2.330 toneladas y Boyacá, con 1.413 toneladas. (Agronet, 2016)

El fruto de fresa es altamente perecedero, debe cosecharse cada tres días y manejarse con mucho cuidado. Una cosa es lo que la planta de fresa está en capacidad de producir y otra lo que el productor está en capacidad de cosechar y comercializar. En un manejo adecuado de la plantación y sobre todo de la fruta, puede estar la diferencia entre cosechar el 90% o el 30% de la fruta que la planta produce. Debe empezarse a manejar la fruta desde antes de su formación y su desarrollo, para que llegue en buenas condiciones a la cosecha. (Acosta, 2013)

4.3.9. Plagas.

Para poder entender la dinámica de las plagas se debe conocer y entender sus diferentes formas u estadios y cómo afectan y en qué medida cada cultivo; el éxito de su control está en reconocerlas y saber cuándo y cómo controlarlas. En la presente tabla se pueden observar algunas plagas que atacan la planta de fresa:

Tabla 3. Plagas en el cultivo de fresa

Plaga	Daño	Control	Imagen
<p>Babosas <i>Milax gagates</i>: Tienen hábitos nocturnos y en el día se ocultan debajo de residuos de material vegetal, piedras o terrones. Prefieren condiciones húmedas.</p>	<p>Atacan el follaje tierno, cortando las plántulas en los semilleros y en las recién trasplantadas, consumiendo las hojas y en algunas situaciones los frutos.</p>	<p>Con trampas - cebo en las zonas donde se observe mayor humedad (trampas con cerveza, calabaza, entre otras)</p>	
<p>Trozador <i>Spodoptera sp</i>: Aparecen cuando las plántulas de la fresa están pequeñas. Se identifican en campo al encontrarse hojas cortadas.</p>	<p>Las larvas (gusanos) causan el daño. Entre más grandes, mayor cantidad de follaje pueden consumir; pueden incluso aparecer en el momento de la cosecha cortando frutos.</p>	<p>Se pueden realizar aplicaciones de la bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i> con melaza para incentivar el consumo y así una intoxicación interna mortal. Se recomienda eliminar las malezas dentro y fuera del invernadero, ya que estas especies preferentemente ponen sus huevos en ellas. Se recomienda realizar aplicaciones de productos que tengan acción en huevos, ninfas y adultos para evitar aumentos exponenciales de la población. Una alternativa de control en un sistema hidropónico es aumentar la humedad relativa del aire y bajar las temperaturas, lo que se logra con riego tipo nebulización.</p>	
<p>Arañita roja <i>Tetranychus sp</i>: Tanto las ninfas como los adultos ocasionan daño en el cultivo.</p>	<p>Se localizan en el envés de las hojas y los síntomas de daño pueden notarse sobre los frutos, los cuales toman un color rojo óxido. Las hojas se tornan pálidas y arrugadas; con ataques fuertes se cubren con telarañas, las cuales dificultan su control ya que sirven de protección</p>	<p>Se localizan en el envés de las hojas y los síntomas de daño pueden notarse sobre los frutos, los cuales toman un color rojo óxido. Las hojas se tornan pálidas y arrugadas; con ataques fuertes se cubren con telarañas, las cuales dificultan su control ya que sirven de protección</p>	

Fuente:(Everson, 2018; Cámara de Comercio de Bogotá, 2015; Zárate, 2014)

4.4. Albahaca

Es una planta anual de 20 a 60 cm de largo, de floración blanca-púrpura, originaria de la India y otras regiones de Asia. Las hojas de albahaca que contienen aceites esenciales de distintivo; el aroma se puede utilizar tanto fresco como seco para darle sabor a varios tipos de comidas aparte del uso culinario, la albahaca se ha empleado tradicionalmente como una hierba medicinal en el tratamiento de dolores de cabeza, tos, diarrea, estreñimiento, verrugas y / o mal funcionamiento del riñón. (Grayer, y otros, 2004)

Green (2007), manifiesta que, “existen más de cincuenta especies de albahaca que se diferencian en el tamaño, el color, la apariencia y el sabor. En particular, la albahaca genovesa, tiene hojas pequeñas, es de un sabor suave y se utiliza para elaborar la típica salsa pesto” (p.22).

4.4.1. Taxonomía.

Según la clasificación de angiospermas propuestas por el sistema APG II (Angiosperm Phylogeny Group) en el 2009, la albahaca se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 4. *Clasificación de la albahaca*

Nombre científico	<i>Ocimum basilicum L.</i>
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	<i>Lamiaceae</i>
Subfamilia	Nepetoideae
Tribu	Ocimeae
Género	<i>Ocimum</i>
Especie	<i>Ocimum basilicum</i>

Fuente: (Calderón, 2016)

4.4.2. Morfología.

La especie *Ocimum basilicum* L de la familia Lamiaceae es una planta herbácea anual de tallo anguloso ramificado, de 30 a 50 cm de altura o hasta 1 m. En la tabla que se mostrará a continuación, se presenta detalladamente las partes que conforman la planta:

Tabla 5. Descripción morfológica de la albahaca

Raíz: Raíz primaria relativamente delgada, hialina, vellosa con pelos largos, hialinos y finos.



Flores: Son agrupadas en espigas de verticilos, formados por 6 flores cada uno, tiene labio superior cuadrilobulado e inferior entero y verticilos separados entre 0.9 y 2 cm, brácteas de 7-11mm x 3-5.5mm, ovadas de agudas a cuspídas, con pelos relativamente más largos en los bordes.



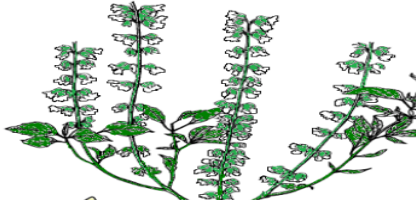
Tallo: Son erectos y múltiples, redondeados por debajo y cuadrangulares por arriba, ramificado desde la base y con una pelusilla recubriendo su superficie.



Cáliz: Su cáliz pentalobular tiene el margen ciliado de 3 a 5 mm en la antesis, ligeramente reflejo peloso en la cara externa y vellosa en la interna, cáliz fructífero de 5-7.5 mm.



Ramas: Son robustas o delgadas, abiertas o cerradas, subleñosas o no, glabras o pelosas, erectas o ascendentes, que terminan algunas veces a la misma altura.



Corola: Corola de hasta 1 cm, blanca o rosada, con los estambres blancos entre 3 y 7mm, los posteriores grandes, con apéndices glabros o pelosos cerca de la base, ovario glabro y núculas de hasta 1.5-2.5 mm, ovadas, negras.



Hojas: Enteras o aserradas en la mitad superior, agudas o acuminadas, glabras o con pelos sobre los bordes y los nervios inferiores con el haz más oscuro que el envés y muy aromáticas.



Fruto: Está formado por cuatro aquenios pequeños y liso, que son las semillas.



Fuente: (Hernández, 2010).

4.4.3. Fenología.

La albahaca es una planta que crece indeterminadamente, el meristemo terminal permanece vegetativo durante su desarrollo de tal manera que puede nacer otra planta sin haber terminado su ciclo de vida. A continuación, se presenta el proceso de desarrollo de la albahaca (figura 2):

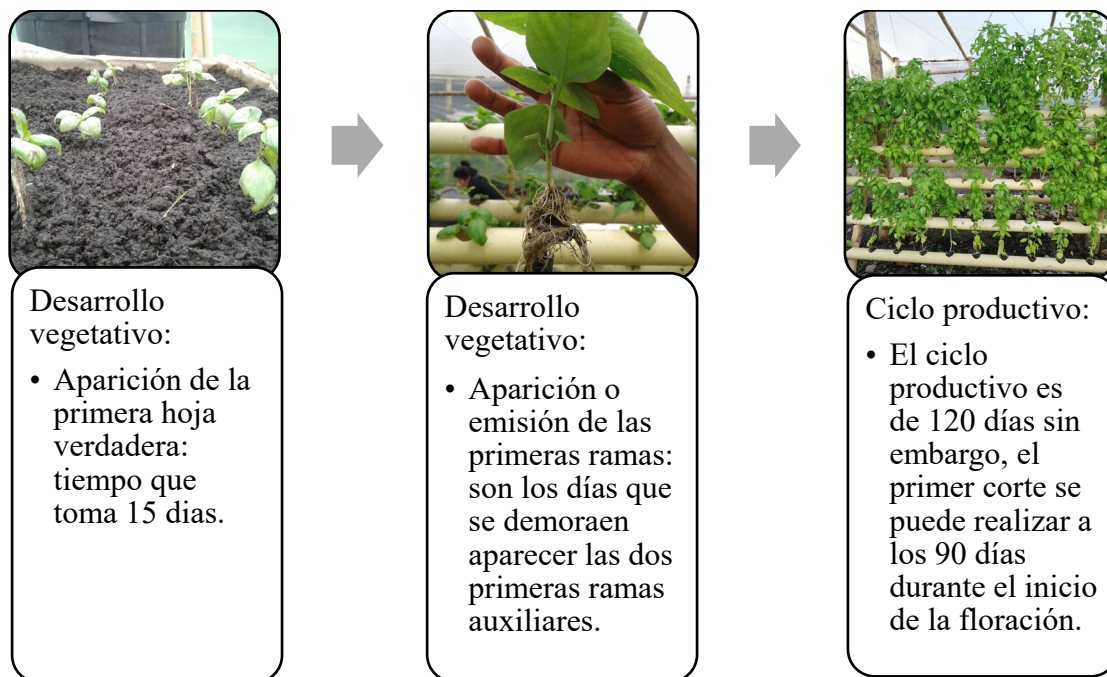


Figura 2. Proceso fenológico de la planta de albahaca

Fuente: (Autoría propia; Gavilán, 2018; Álvarez y Rico, 2018)

4.4.4. Condiciones edafoclimáticas.

En términos generales la albahaca requiere condiciones de temperatura correspondientes a pisos térmicos entre semi-templado a templado cálido (entre 1000 a 2000 msnm), pues no soporta bien las heladas; esta especie se desarrolla mejor en días largos a pleno sol. La germinación de las semillas requiere temperaturas que oscilan entre 20 a 25 °C y ocurre a los 15 días, las temperaturas ambientales para su óptimo crecimiento van de 15 a 25 °C. Sin embargo, un rango más amplio de temperatura (7 a 27 °C) y una temperatura óptima de 20 °C. Este cultivo se adapta a distintas clases de suelo, pero prefiere los suelos ricos en materia orgánica con

mediana fertilidad, con un buen drenaje, una textura franca a areno–arcillosa y un pH de 6.6 a 7; aunque este cultivo puede crecer a un pH desde 4.3 hasta 8.2”. (Calderón, 2016)

4.4.5. Propiedades fisicoquímicas.

La composición química de la albahaca, *Ocimum basilicum L* tiene polifenoles (fenilpropano) presenta una alta actividad biológica como antioxidante natural que podría considerarse como ingredientes en el campo de los fitocosméticos. La concentración de metabolitos primarios y secundarios de los fitoingredientes no es uniforme en todo el ciclo de vida de la planta. Varía según factores intrínsecos e intrínsecos, como factores geográficos, clima, tiempo de cosecha, la parte de la planta que se está utilizando, origen y tratamiento poscosecha, entre otros. (Vivas, Beltrán y Cañón, 2016)

La albahaca *Ocimum basilicum* es una hierba anual que crece en muchas regiones alrededor del mundo, existe una gran numero de variedades que varían en color de hoja (verdes o morados) y en aroma, es una hierba de 20 a 60 cm de largo y sus flores son de colores blancos y morados se tiene reportes que las hojas contienen propiedades, tónicas, antisépticas e insecticidas. (Cardoso y Sosa, 2012)

4.4.6. Mantenimiento.

El control de malezas, es una labor que se realiza previo a la instalación del cultivo y durante el ciclo del cultivo. Cuando se realiza una siembra directa se debe controlar las malezas las primeras etapas del cultivo, ya que hasta los 30 días después de la siembra hay una competencia por agua, nutrientes, luz y espacio, después de esta fecha el control es irrelevante. Cuando se realiza un trasplante se debe iniciar esta labor 30 días después del trasplante y repetirla cada 15 días. (López, 2005)

4.4.7. Requerimientos nutricionales.

La fertilización de una planta influye en su producción, en el caso de la albahaca merece mayor atención debido a que las partes que se usan generalmente son las hojas y tallos. La calidad y producción dependerá entonces de las condiciones del medio donde se produzcan. La fertilización debe tener una relación de NPK de 1-1-1. Para suplir los requerimientos nutricionales de la planta se recomienda una aplicación de 250 - 500 kg ha⁻¹ de nitrógeno. (Vázquez et al., 2015)

4.4.8. Rendimiento y cosecha.

El rendimiento promedio de cada planta de albahaca de variedad Genovese *Ocimum basilicum Genovese* es de 360 g durante su ciclo de producción que dura alrededor de 12 a 16 semanas. Los rendimientos de albahaca dulce son de 18-20 t/ha en fresco y de forma deshidratada se puede obtener unas 10 t/ha de albahaca seca y cerca de 80 kg/ha de aceite esencial. (Cansing y Santillán, 2012)

La cosecha de las hojas de albahaca debe realizarse antes de la floración o durante esta, dependiendo del uso que se vaya a dar ya que para obtener la esencia se emplean las plantas con alto estado de floración, mientras que la industria culinaria la requiere antes de que la floración ocurra porque se obtiene un mayor aroma en este estado; también se emplean sus raíces para realizar algunos preparados. En el caso de querer cosechar sólo las hojas se debe podar la parte apical de la planta, y así se evita que se formen los racimos florales en el extremo de las ramillas y se seque. (Calderón, 2016)






Kintzios y Makri (2008) indican que, generalmente la albahaca es cosechada por sus hojas que son vendidas frescas o secas. Si la albahaca es utilizada para consumo fresco lo que se cosecha son los primeros 4 grupos de hojas verdaderas. Sin embargo, si la cosecha es utilizada

para la extracción de aceites la cosecha se realiza justo antes de que aparezcan los primeros botones florales” (p.123-150).

4.4.9. Plagas.

El cultivo de albahaca se puede ver afectado por diferentes insectos plaga, estos se presentan dependiendo de la época que se haya realizado la siembra y del ambiente, así como también diferentes cambios climáticos y corrientes de aire, ya que los insectos son arrastrados por el viento. En la presente tabla se mostrarán las plagas más frecuentes (Gusano soldado *Spodoptera exiwa*, trips *Franquiniella occidentallis*, mosquita blanca *Bemisia tabaci*, pulgones *Mizus persicae*). (Briseño, Aguilar y Villegas, 2013)

Tabla 6. Plagas en el cultivo de albahaca

Plaga	Daño	Control	Imagen
Palomilla o Mosca blanca <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Presencia del insecto, principalmente en el envés de las hojas jóvenes y presencia de un moho negro sobre las mismas.	Realizar la aplicación de productos biológicos a base de hongos (<i>Lecanicillium</i>), extractos de plantas o aceites vegetales. Realizar control físico en cultivos bajo invernaderos, mediante la instalación de mallas anti áfidos (10 x 14).	
Pulgones <i>Aphis gossypii</i> y <i>Myzus persicae</i>	Entorchamiento de hojas jóvenes, generalmente acompañado de un moho negro (Fumagina).	Colocar trampas amarillas con pegantes específicos en el caso de invernaderos.	
Trips <i>Frankliniella occidentalis</i> y <i>Thrips palmi</i>	Deformación de hojas jóvenes y coloraciones bronceadas en el envés de las hojas.	Colocar mallas antitrips o trampas azul claro o blancas con pegantes específicos en el caso de invernaderos. Destruir las malezas hospederas, rotar los cultivos y usar trampas atrayentes (azules).	
Gusanos <i>Spodoptera exigua</i> , <i>S. litoralis</i> , <i>Heliiothis armigera</i> , <i>H. peltigera</i> , <i>Chrysodeisis chalcites</i> y <i>Autographa gamma</i>	Trozado de los tallos de las plántulas, perforación de tallos y hojas.	Monitorear permanentemente la presencia de estos insectos en el follaje y el suelo. Se recomienda eliminar las malezas dentro y fuera del invernadero, ya que estas especies preferentemente ponen sus huevos en ellas.	 

Fuente: (Everson, 2018; Castro, y otros, 2013)

5. Metodología

5.1. Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en la sede campestre de la Fundación Universitaria de Popayán los Robles localizada a $2^{\circ} 23' 12''$ de latitud norte y $76^{\circ} 39' 15.7''$ de longitud oeste, ubicada en el kilómetro 8 de la vía panamericana, que comunica al departamento del Cauca con el sur del país; cuenta con una extensión de 44 hectáreas, una altitud en promedio de 1853 m.s.n.m, una temperatura promedio de 18.7°C , precipitación anual de 2121 mm y humedad relativa entre el 70-83%. (Flórez y Chilito, 2015)



Figura 3. Mapa Timbio
Fuente: (Google, 2020)

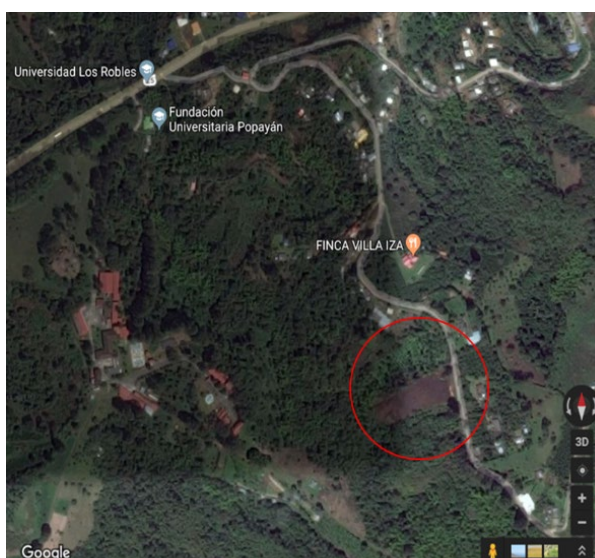


Figura 4. Los Robles
Fuente: (Google Maps, 2020)

5.2. Caracterización del montaje del sistema acuapónico

El sistema acuapónico ACUA-FUP se estableció bajo un invernadero de 100 metros cuadrados hecho en guadúa con cubierta de plástico (calibre 6), el cual cuenta con un tanque para cultivo de peces de 3 metros de diámetro y una capacidad máxima de 5 metros cúbicos, dos camas en método de siembra raíz flotante con dimensiones de 3 m de largo por 1 m de ancho por 15 cm de profundidad en piso, dos camas con sustrato sólido (grava), 3 m de largo por 1 m de

ancho por 5 cm de profundidad a 60 cm del suelo y 8 tubos de PVC de 4 pulgadas por 3 metros de largo y 5 cm de profundidad en sistema hidropónico NFT a una altura de 1.80 cm del suelo a la parte más alta de la pirámide (figura 5).

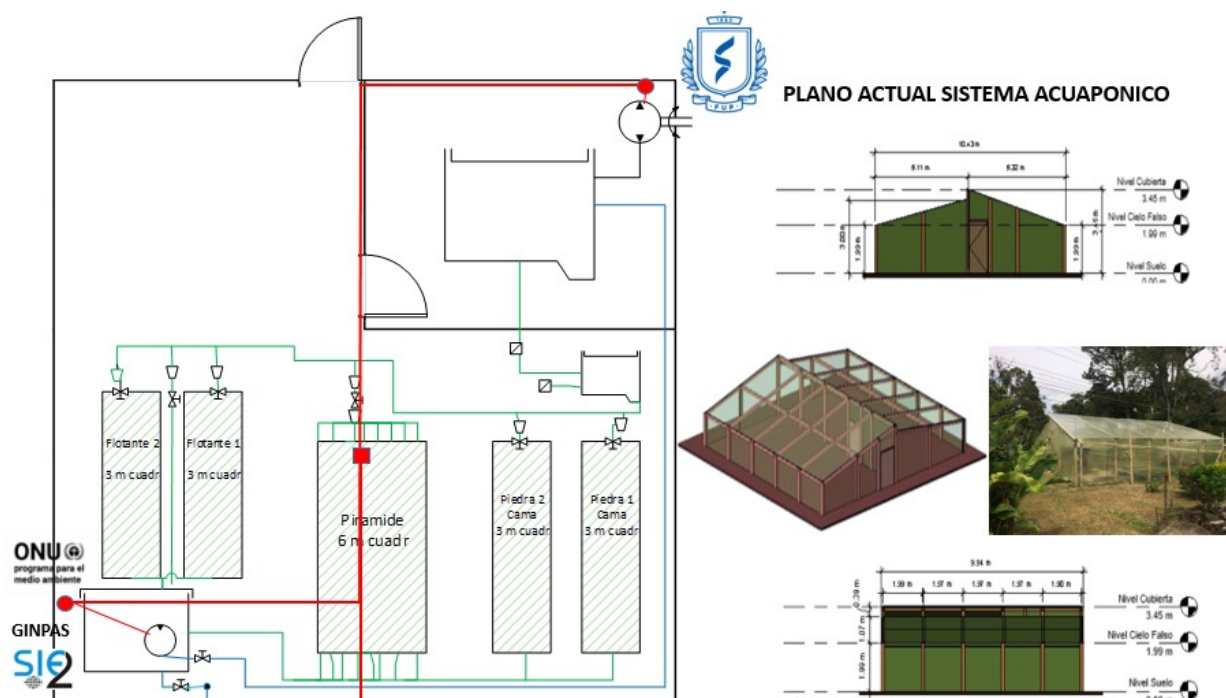


Figura 5. Croquis del sistema acuapónico

5.3. Material genético

Se adquirieron plántulas con 35 días previos a la siembra de fresa *Fragaria vesca* (variedad San Andreas) y albahaca *Ocimum basilicum* (variedad Genovesa) del invernadero Plantuladora Agroamigo, ubicado en el Municipio de Timbío, vereda Urubamba a 7 km de la vía entre la cabecera de Timbío y San Joaquín.

5.4. Diseño experimental

El diseño experimental está basado en una estructura factorial completamente al azar de 4 x 2, donde cuatro representa los tres métodos de siembra más el testigo y el dos hace referencia a los cultivos de fresa y albahaca. Los sistemas de siembra (Raíz flotante, Cama con sustrato sólido y NFT) contaron con su respectivo testigo tanto para el cultivo de Fresa *Fragaria vesca* como el de

Albahaca *Ocimum basilicum*. Es así como por medio de una selección aleatoria de 10 plantas evaluadas por método de siembra más los testigos (10 plantas por cada testigo), se logra evidenciar en las figuras (6, 7 y 8) que el color amarillo representa las plantas evaluadas del cultivo de albahaca y el color anaranjado las del cultivo de fresa, las cuales constituyen aproximadamente el 20% de 48 plantas sembradas por cada tratamiento:

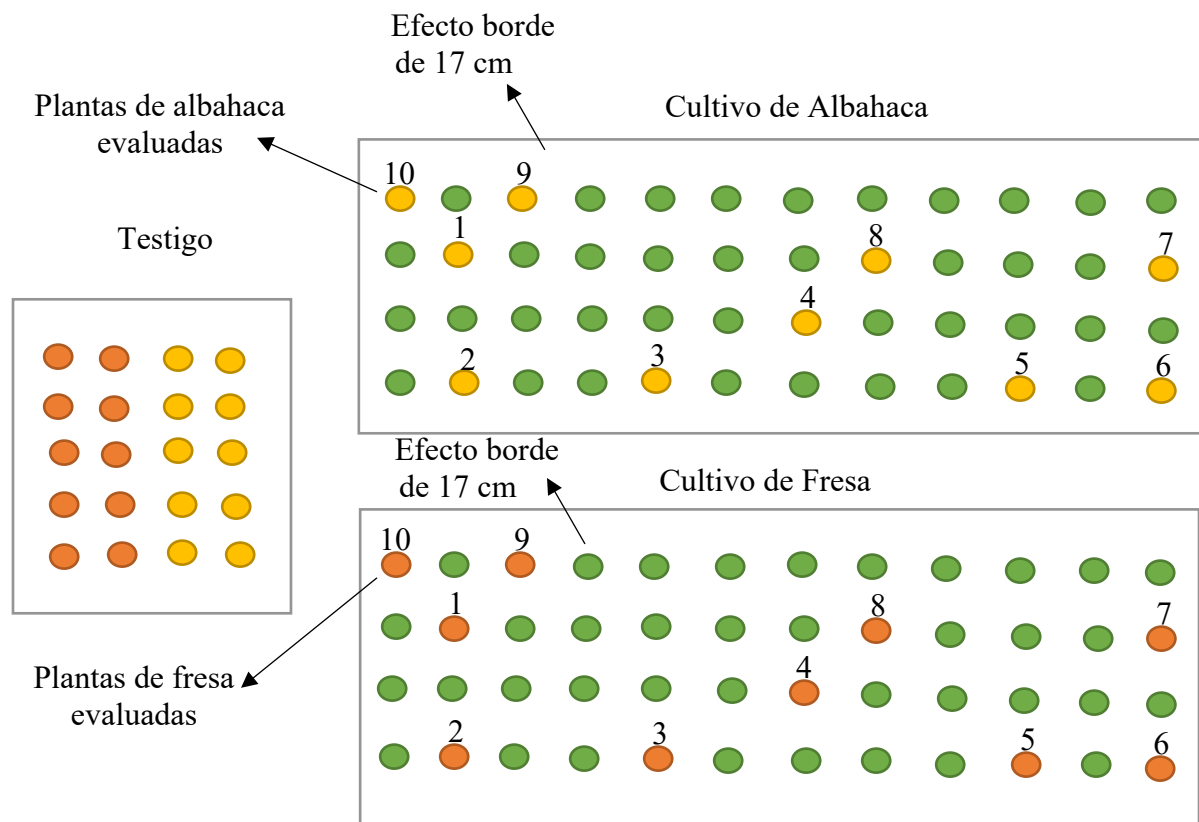


Figura 6. Croquis del método cama con sustrato sólido

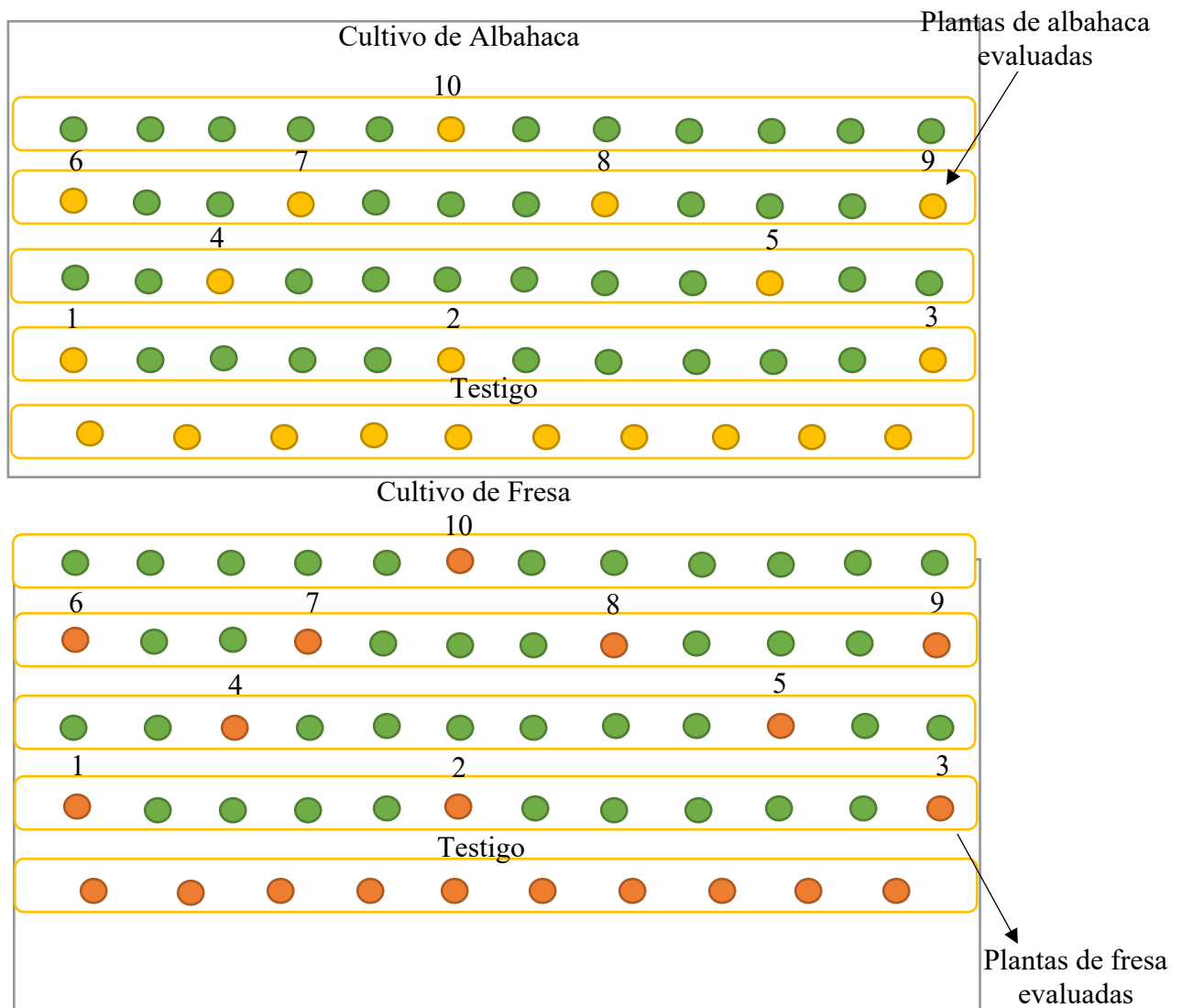


Figura 7. Croquis del método NFT (Nutrient Film Technique)

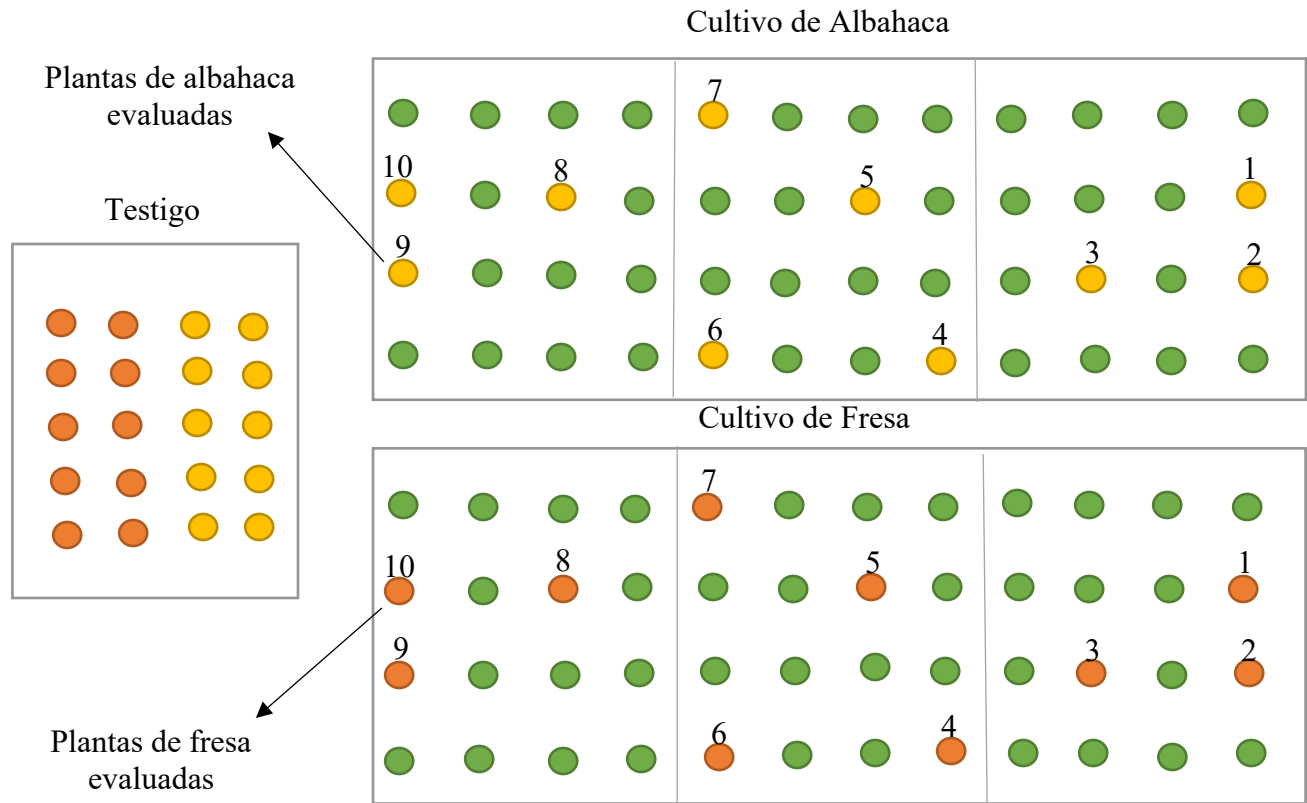


Figura 8. Croquis del método raíz flotante

5.5. Cultivos

5.5.1. Fresa.

La frecuencia en la toma de las variables a las plantas seleccionadas en cada método de siembra fue de 15 días durante 120 días. En la tabla No 7, se puede observar los procedimientos realizados para la toma de los datos en cada variable:

Tabla 7. Descripción de la toma de variables en el cultivo fresa *Fragaria vesca*

Variable	Procedimiento
Tamaño de la raíz	La toma de esta variable se realizó, utilizando como herramienta una cinta métrica y se posicionó desde la base de la raíz hasta la terminación de la más larga.
Altura de la planta	La medición de esta variable se hizo usando como herramienta un metro y midiendo desde la corona hasta la terminación del tallo más grande.
Número de hojas	Se contaron de forma manual las hojas de las plantas y se eliminaron las que se encontraron viejas.
Número de frutos	Se determinó el número de frutos mediante conteo manual en los tres métodos de siembra.
Peso promedio del fruto	Se cosechó tres veces a la semana, donde se pesaron individualmente en una balanza digital y por medio, de las fórmulas matemáticas del programa Excel se sacó el promedio de los frutos.
Tamaño del fruto	Se llevó a cabo esta actividad, mediante la utilización de una regla, donde se midió el largo del fruto de fresa desde el inicio del pedúnculo hasta el ápice y el ancho comprendido por los laterales que están rodeados por aquenios.

Fuente: Autoría propia

5.5.2. Albahaca.

En el cultivo de Albahaca, se implementó un tiempo de frecuencia en la toma de las variables de 15 días durante 120 días. En la tabla No 8, se puede observar los procedimientos realizados para la toma de los datos en cada variable:

Tabla 8. Descripción de la toma de variables en el cultivo de albahaca *Ocimum basilicum*

Variable	Procedimiento
Tamaño de la raíz	La toma de esta variable se realizó, utilizando como herramienta una cinta métrica y se posicionó desde la base de la raíz hasta la terminación de la más larga.
Altura de la planta	La medición de esta variable se realizó usando como herramienta un metro y midiendo desde la corona (parte superior inicial de la planta) hasta la terminación del tallo.
Número de hojas	Se contaron de forma manual las hojas de las plantas, se realizaron podas continuas con el objeto de eliminar las que presentaban posibles afectaciones (enfermedad, marchitez).
Peso promedio de las hojas	Se cosechó tres veces a la semana, donde se pesaron individualmente en una balanza digital y por medio, de las fórmulas matemáticas del programa Excel se sacó el promedio de las hojas.
Tamaño de la hoja	Se llevó a cabo esta actividad, mediante la implementación de una regla, donde se midió el largo de la hoja desde el inicio de la hoja hasta el ápice.

Fuente: Autoría propia

5.6. Métodos de siembra

5.6.1. Cama con sustrato sólido.

Este método de siembra se construyó en guadua y esterilla impermeabilizada, con unas dimensiones de 3 m de largo por 1 m de ancho, cubierta con plástico calibre 8, en la que se añadió una capa de 5 cm de grava y un desagüe de 3" al final de la cama. En esta técnica de producción orgánica, se sembró en dos áreas de 3 metros cuadrados un total de 48 plántulas tanto para el cultivo de fresa *Fragaria vesca* como de albahaca *Ocimum basilicum*, donde se establecieron 16 por m² a una distancia entre plantas de 20 cm y teniendo en cuenta el efecto de borde de 17 cm.



Figura 10. Plantas de fresa *Fragaria vesca* sembradas en el método de cama con sustrato sólido



Figura 9. Plantas de albahaca *Ocimum basilicum* sembradas en el método de cama con sustrato sólido

5.6.2. NFT (Nutrient Film Technique).

El sistema NFT implementado en el proyecto de investigación ACUA-FUP consistió en una estructura en forma piramidal, conformada por ocho canales de tubos de PVC 4" de 3 metros de largo, manguera difusora de aire y adaptadores de ½" para el transporte y recirculación de una solución nutritiva con un espesor aproximado de 1 a 2 cm, vital en el proceso de crecimiento de las plántulas de fresa y albahaca. Para la siembra de las plantas se realizaron doce perforaciones de 6.5 cm a una distancia de 20 cm entre plántulas, para un total de 96 plantas de fresa *Fragaria vesca* y albahaca *Ocimum basilicum*, utilizando como soporte trozos de carbón.



Figura 12. Fase inicial de cosecha del cultivo de fresa *Fragaria vesca* en la técnica NFT



Figura 11. Fase inicial de cosecha del cultivo de albahaca *Ocimum basilicum* en la técnica NFT

5.6.3. Raíz flotante.

Para el sistema de raíz flotante, se instaló una cama en madera de guadúa cuyo interior se cubrió con plástico negro calibre 8 y un drenaje en la parte opuesta al ingreso del agua. Respecto a la siembra de las plántulas, se utilizaron 6 láminas de icopor de 1 metro cuadrado y 4 centímetros de grosor, a las que individualmente se les realizaron dieciséis (16) orificios de 6.5 centímetros, donde se sembraron 96 plantas de fresa *Fragaria vesca* y albahaca *Ocimum basilicum* a una distancia de 20 cm y se utilizó un soporte en material de espuma de 6 cm.



Figura 14. Fase inicial de cosecha del cultivo de fresa *Fragaria vesca* en el método de raíz flotante



Figura 13. Fase inicial de cosecha del cultivo de albahaca *Ocimum basilicum* en el método de raíz flotante

5.6.4. Testigo.

Los cultivos de fresa y albahaca se realizaron de forma convencional e hidropónica, siendo relevante el comportamiento de los parámetros agronómicos y productivos durante cuatro meses. Seguidamente, se construyeron directamente en el suelo dos camas en guadua y esterilla impermeabilizada de 1 m² y 15 cm de profundidad, cubiertas con plástico negro calibre 8 para los testigos de raíz flotante y cama con sustrato sólido, ubicadas a 1 m de los sistemas de siembra, con la finalidad de aprovechar el microambiente generado a partir de las condiciones climáticas que ofrece el invernadero. De igual importancia, para la instalación del testigo NFT se hicieron agujeros de 6.5 cm en dos tubos de PVC 4" de 3 m de largo, ubicados a 17 cm del último tubo de la estructura piramidal que conforma el método de siembra NFT; además, se utilizaron 20 vasos desechables de 5 onzas perforados en la parte inferior para el flujo de agua durante el crecimiento de las plantas. Posteriormente, para la siembra de un total de 30 plántulas de fresa *Fragaria vesca* y 30 plántulas de albahaca *Ocimum basilicum* a una distancia entre

plantas de 20 cm, se realizó la relación 2 x 1 (por cada 2 kg de tierra se agregó 1 kg de abono orgánico), donde se mezcló 50 kg de tierra con 25 kg de abono orgánico.



Figura 15. Preparación del terreno para la siembra de plántulas de albahaca *Ocimum basilicum* y fresa *Fragaria vesca* en el testigo



Figura 16. Cultivos de fresa *Fragaria vesca* y albahaca *Ocimum basilicum* en la cama testigo

6. Resultados y discusión

En este apartado se presenta los resultados obtenidos en el análisis de Duncan, el cual fue realizado para determinar las diferencias significativas entre las variables de estudio evaluadas en los tres tratamientos. En las tablas se destacan las variables más relevantes que han sido descritas previamente en la sesión metodológica de este trabajo. Cabe anotar que, los datos que se obtuvieron de la evaluación agronómica y productiva de los cultivos de albahaca y fresa se organizaron previamente en una matriz Excel para posteriormente ser analizados en la prueba estadística de Duncan.

6.1. Desarrollo de la fresa *Fragaria vesca*

6.1.1. Raíz

Tabla 9. Análisis de promedios para el tamaño de la raíz de la fresa

Duncan ^{a,b}		Tamaño de la raíz	
		Subconjunto para alfa = 0.05	
Camas	N	1	2
C.S.S	8	8,0750	
T NFT	6	9,6450	
T R.F	6	10,3067	
NFT	8	11,3275	
T C.S.S	6	11,6667	
R.F	8		16,7813
Sig.		,093	1,000

De acuerdo a la prueba de Duncan realizada en la variable de tamaño de la raíz se logra observar que, el método de raíz flotante es diferente estadísticamente de los sistemas de siembra

cama con sustrato sólido, testigo NFT, testigo raíz flotante, NFT y el testigo cama con sustrato sólido, los cuales son iguales entre sí.

Este comportamiento obedece a que en el método de cama flotante tiene disponibilidad de agua para la raíz y permanece estable la concentración de nutrientes en la rizosfera, ya que los cambios en dicha concentración ocurren de manera gradual por la gran cantidad de solución nutritiva disponible para el desarrollo de las plantas. (Sánchez y colaboradores, 2014)

6.1.2. Tallo

Tabla 10. *Análisis de promedios para la altura del tallo de la fresa*

Duncan ^{a,b}		Altura del tallo		
		Subconjunto para alfa = 0.05		
Camas	N	1	2	3
T NFT	6	9,3750		
T R.F	6		13,0350	
T C.S.S	6		15,2950	
NFT	8		15,9950	
C.S.S	8		16,0400	
R.F	8			19,4375
Sig.		1,000	,091	1,000

Los resultados obtenidos de la variable de altura del tallo en el cultivo de fresa revelan que, los testigos de raíz flotante, cama con sustrato sólido frente a los métodos de siembra NFT, cama con sustrato sólido presentan igualdad estadística y a su vez, son distintos al método de raíz flotante y al testigo NFT.

Aguilar et al., (2018) afirman que “este comportamiento puede atribuirse a una mayor disponibilidad y aprovechamiento de los nutrimentos” (p.8).

6.1.3. Hojas

Tabla 11. *Análisis de promedios para el número de hojas de la fresa*

Duncan ^{a,b}		Número de hojas	
		Subconjunto para alfa = 0.05	
Camas	N	1	2
T NFT	6	8,0500	
T C.S.S	6	11,8833	
T R.F	6	12,2833	
R.F	8		20,3925
NFT	8		21,2250
C.S.S	8		21,8650
Sig.		,106	,572

Se identificó en la variable de número de hojas del cultivo de fresa que los testigos NFT, cama con sustrato sólido y raíz flotante presenta igualdad estadística y son diferentes de las camas de raíz flotante, NFT y cama con sustrato sólido.

Según Ruvalcaba, 2017, indica que, “cuando ocurre un aumento en la cantidad de hojas en la planta, ese comportamiento se debe a que existe un mayor contacto entre las raíces y la solución nutritiva, la cual favorece la absorción de agua y nutrientes”(p.70).

6.2. Desarrollo de la Albahaca *Ocimum basilicum*

6.2.1. Raíz

Tabla 12. *Análisis de promedios para el tamaño de la raíz de la albahaca*

Duncan ^a		Raíz		
		Subconjunto para alfa = 0.05		
Camas	N	1	2	3
T NFT	8	5,7500		
C.S.S	8	12,5550	12,5550	
T R.F	8	13,6150	13,6150	
NFT	8	13,8925	13,8925	
T C.S.S	8		15,3850	
R.F	8			28,8813
Sig.		,077	,538	1,000

Respecto al análisis Duncan se halló en el tamaño de la raíz del cultivo de albahaca que, la cama con sustrato sólido presenta igualdad estadística con el testigo de raíz flotante y el método de NFT; en cambio, el testigo NFT es distinto estadísticamente al testigo de cama con sustrato sólido y a su vez, al sistema de raíz flotante. Es decir que, la variable de tamaño de la raíz de la albahaca en los tres tipos de cama se comportó de manera diferente.

De acuerdo con Arcos, Benavides, y Rodríguez (2011), expresan que “el desarrollo y el funcionamiento de las raíces están directamente ligados a las condiciones de aireación, contenido de agua y el suministro de nutrimentos necesarios para el desarrollo de las plantas” (p.10).

6.2.2. Tallo

Tabla 13. *Análisis de promedios para la altura del tallo de la albahaca*

Duncan ^a		Altura del tallo
Camas	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
T NFT	8	20,2900
R.F	8	24,3000
T R.F	8	26,2113
NFT	8	26,7438
C.S.S	8	28,4688
T C.S.S	8	32,3338
Sig.		,269

Se observó que en la altura del tallo del cultivo de albahaca, el testigo NFT, la cama de raíz flotante, el testigo de raíz flotante, el sistema NFT, la cama con sustrato sólido y el testigo de cama con sustrato sólido son iguales estadísticamente.

Lema (2017), señala que, “la altura de la planta es un indicador de que el sistema de siembra proporcionó las cantidades necesarias de nutrimentos, lo cual que permitió el crecimiento vigoroso de las plantas” (p.77).

6.2.3. Hojas

Tabla 14. *Análisis de promedios para el número hojas de la albahaca*

Duncan ^a		Número de hojas
Camas	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
T NFT	8	23,3625
T C.S.S	8	89,9500
T R.F	8	91,0000
R.F	8	100,2250
C.S.S	8	100,5000
NFT	8	114,9250
Sig.		,062

Se encontró en la variable de número de hojas que, los testigos de NFT, cama con sustrato sólido, raíz flotante y las camas de raíz flotante, cama con sustrato sólido y NFT presentan igualdad estadística. Por lo tanto, se establece que el cultivo no se presentó diferencias significativas en cuanto a la variable de número de hojas en los tres tipos de camas y sus respectivos testigos.

Los resultados de este estudio son congruentes a los expuestos por Hernández (2017) que en su sistema acuapónico NFT y raíz flotante con recirculación simple de agua y con doble recirculación y recuperación de agua no identificó diferencias significativas en el número de hojas del cultivo de Lechuga Crespa *Lactuca Sativa*, en su experimento, las plántulas para los dos cultivos ingresaron con un promedio de tres hojas verdaderas y durante un tiempo de cultivo (45 días) presentaron un promedio de número de hojas de 7 en ambos sistemas con recirculación

simple de agua. Para el autor, las lechugas en ambos sistemas (NFT y raíz flotante) recibieron los mismos macronutrientes y micronutrientes que los peces le podrían suministrar.

6.3. Producción de la fresa *Fragaria vesca*

6.3.1. Peso de los frutos

Tabla 15. *Análisis de promedios para el peso de los frutos de fresa*

Duncan ^{a,b}		Peso de los frutos	
		Subconjunto para alfa = 0.05	
Camas	N	1	2
T NFT	6	,0000	
T R.F	6	,0000	
T C.S.S	6	,6100	
NFT	8	4,7288	
C.S.S	8	5,6575	
R.F	8		14,7862
Sig.		,094	1,000

Se identificó en el peso de los frutos de fresa que, los testigos de NFT, raíz flotante, cama con sustrato sólido y los sistemas de siembra NFT, cama con sustrato sólido estadísticamente son iguales, pero son diferentes del método de raíz flotante. De acuerdo con Moreno et al. (2015), en el sistema de raíz flotante, al no utilizarse sustrato las plantas crecen de manera directa en una solución nutritiva, con lo que se logra una mayor eficiencia en el suministro de agua y nutrición mineral, lo cual se verá reflejado en la producción de la planta, como, por ejemplo, el peso de los frutos.

6.3.2. Largo de los frutos

Tabla 16. *Análisis de promedios para el largo del fruto de la fresa*

Duncan ^{a,b}		Largo del fruto		
		Subconjunto para alfa = 0.05		
Camas	N	1	2	3
T NFT	6	,0000		
T R.F	6	,0000		
T C.S.S	6	,4500	,4500	
C.S.S	8		2,1000	2,1000
NFT	8		2,1000	2,1000
R.F	8			3,5250
Sig.		,603	,059	,102

La variable del largo de los frutos de acuerdo al análisis Duncan revela que, el método de cama con sustrato sólido presenta igualdad estadística con la técnica NFT, mientras que el sistema de raíz flotante es diferente a los testigos de cama con sustrato sólido, raíz flotante y NFT.

Según Rodríguez, y otros, (2016) señalan que, “el tamaño del fruto está fuertemente relacionado con el número de frutos, ya que, a un menor número de frutos, mayor es la cantidad de fotoasimilados destinados a cada fruto, propiciándose un mayor diámetro de fruto” (p.11). Cabe anotar que, las temperaturas elevadas durante épocas de cosecha reducen el tamaño y producción de frutos a lo cual se puede atribuir el comportamiento de altibajos en la producción de fruto” (p.60). (Zaragoza, 2013)

6.3.3. Ancho de los frutos

Tabla 17. *Análisis de promedios para el ancho del fruto de la fresa*

Duncan ^{a,b}		Ancho del fruto		
		Subconjunto para alfa = 0.05		
Camas	N	1	2	3
T NFT	6	,0000		
T R.F	6	,0000		
T C.S.S	6	,4500	,4500	
C.S.S	8		1,5625	1,5625
NFT	8		1,7000	1,7000
R.F	8			2,8875
Sig.		,513	,072	,057

Se observó en el ancho de los frutos de fresa que, la cama de raíz flotante es diferente estadísticamente frente a los testigos de cama con sustrato sólido, raíz flotante y NFT; por el contrario, los tratamientos de NFT y cama con sustrato sólido son iguales.

Según Mamani, (2015), enfatiza que, “los primeros frutos de la planta serán grandes y de buen porte, siempre y cuando las plantas cuenten con una buena nutrición y un buen sustrato, el cual les brinde las mejores condiciones de aireación y retención de humedad” (p.69).

De acuerdo a una investigación realizada sobre el crecimiento y rendimiento del pepino bajo un sistema cerrado los factores como: precocidad de la cosecha, genotipo escogido, tipos de podas, condiciones de clima (temperatura principalmente) y aspectos fitosanitarios y nutricionales,

inciden directamente en la variación de la productividad en invernadero. (Meneses y Quesada, 2018)

6.3.4. Número de frutos

Tabla 18. *Análisis de promedios para el número de frutos de la fresa*

Duncan ^{a,b}		Número de frutos	
		Subconjunto para alfa = 0.05	
Camas	N	1	2
T NFT	6	,0000	
T R.F	6	,0000	
T C.S.S	6	,0667	
C.S.S	8	,4125	,4125
NFT	8	,6375	,6375
R.F	8		1,3750
Sig.		,222	,053

Se encontró en el número de frutos que, los tratamientos de cama con sustrato sólido, NFT y raíz flotante son iguales estadísticamente; en cambio, el sistema de raíz flotante es diferente a los testigos de raíz flotante, NFT y cama con sustrato sólido.

De acuerdo con Aguilar, y otros, (2018), consideran que, “cuando se obtiene un menor número de frutos en los métodos de siembra con solución nutritiva, este comportamiento se asocia a un limitado crecimiento longitudinal de las ramas generadoras de flores como consecuencia de una disminución de los nutrientes” (p.9).

6.4. Producción de la Albahaca *Ocimum basilicum*

6.4.1. Peso de las hojas

Tabla 19. *Análisis de promedios para las medias del peso de la albahaca*

Duncan ^{a,b}		Peso de la hoja
Camas	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
NFT	4	,7200
R.F	5	,7980
T R.F	4	,9800
C.S.S	4	,9875
T C.S.S	3	1,1200
T NFT	3	1,5800
Sig.		,110

Se identificó en el peso de las hojas de albahaca que las camas NFT, raíz flotante, testigo de raíz flotante, cama con sustrato sólido, testigo cama con sustrato sólido y el testigo NFT presentan igualdad estadística.

Según Ronzón, Hernández, y Pérez, (2012), argumentan que, durante un ciclo de producción de la albahaca en el sistema acuapónico se pueden obtener hasta cuatro cortes después de cinco semanas de cultivo, con rendimientos y calidades variables que van de acuerdo con la frecuencia de riego y absorción de nutrientes; por lo tanto, los rendimientos de la albahaca pueden variar entre 10 g planta⁻¹ hasta 29 g planta⁻¹.

6.4.2. Tamaño de las hojas

Tabla 20. *Análisis de varianza para las medias del tamaño de las hojas de la albahaca*

Duncan ^{a,b}		Tamaño de la hoja	
Camas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
C.S.S	4	7,5200	
NFT	4	8,1375	
R.F	5	8,6560	
T NFT	3	8,9200	
T R.F	4	8,9825	
T C.S.S	3	9,7733	
Sig.		,202	

En la variable del tamaño de las hojas de albahaca se halló que, los tratamientos de cama con sustrato sólido, NFT, raíz flotante y los testigos de NFT, raíz flotante y cama con sustrato sólido son iguales esta dísticamente.

Este hecho se corrobora con lo manifestado por Aguilar y colaboradores, (2018), donde expresan que, “lo anterior puede atribuirse a una mayor disponibilidad y aprovechamiento de los nutrimentos” (p.8).

Conclusiones

Respecto al cultivo de Albahaca, en la variable de tamaño de la raíz, los resultados arrojaron que el tratamiento de raíz flotante presentó una diferencia significativa frente a los métodos NFT y cama con sustrato sólido, hecho que afirma Moreno y colaboradores (2015), mencionando que con el sistema de raíz flotante se logra un mayor crecimiento y producción de los cultivos, además de un uso eficiente de agua y nutrientes si se compara con los sistemas de cama con sustrato.

Se puede afirmar que las variables analizadas obtuvieron los mejores resultados en el método de raíz flotante, este comportamiento se le atribuye a la adecuada oxigenación del agua proporcionada por esta técnica de siembra, lo cual favorece la absorción eficiente de los nutrientes en las plantas de fresa.

Las diferencias en los hallazgos de estos dos cultivos permiten argumentar que la acuaponía asociada a la producción de fresa y albahaca es una alternativa positiva para los productores acuícolas que tienen interés en integrar a su actividad productiva prácticas agrícolas sustentables. Sin embargo, para que la práctica agrícola sea exitosa, es importante que el sistema de siembra elegido se monitoree constantemente, de manera que proporcione los nutrientes necesarios que permitan el crecimiento y productividad de las plantas.

De acuerdo con los cultivos establecidos de fresa y albahaca en el sistema acuapónico, se evidenció que el cultivo de albahaca presentó los mejores rendimientos productivos. Es por ello que, se sugiere que las próximas investigaciones se orienten a la implementación de otras hortalizas.

Recomendaciones

La acuaponía es una tecnología promisoría frente a los sistemas de producción tradicionales, por tal motivo resulta de vital importancia investigar más a fondo las ventajas que traería consigo la adaptación amplia de este modelo sostenible en la zona caucana, la cual cuenta con una limitada información sobre los sistemas acuapónicos a pesar de tener vocación agropecuaria.

Es importante que, las futuras investigaciones relacionadas con la implementación de sistemas acuapónicos, no se basen únicamente en temas relacionados con los parámetros agronómicos y productivos sino también con la cantidad de macro y micronutrientes recirculantes en los métodos de siembra, ya que influyen en el rendimiento de las plantas.

Bibliografía

- Acosta, A. G. (2013). Aplicación foliar de tres dosis de calcio y tres dosis de boro en el cultivo de fresa (*Fragaria X ananassa. Duch*) cultivar oso grande, bajo cubierta. Ambato, Ecuador.
- Agronet. (2016). Cifras estadísticas cultivo de fresa. Obtenido de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.as>
- Aguilar, C., Juárez, P., Campos, I. H., Alia, I., Sandoval, M., y López, V. (2018). Analysis of growth and yield of cape gooseberry (*Physalis peruviana L.*) grown hydroponically under greenhouse conditions. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 24(3), 191–202.
<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.07.024>
- Aguilera, M. E., Hernández, F., Mendieta, E. y Herrera, C. (2012). Producción integral sustentable de alimentos. *Raximhai*, 6.
- Álvarez, J. A., y Rico, H. J. (2018). Respuesta de la albahaca (*Ocimum basilicum L*) variedad genovesa a la propagación con cuatro sustratos en una casa malla en la granja de la universidad de los llanos, sede Barcelona. Villavicencio.
- Arcos, B., Benavides, O., y Rodríguez, M. (2011). Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga *Lactuca sativa L.* *Ciencias agrícolas*, 14.
- Baracaldo, A. d., Ibagué, A., y Flórez, V. J. (2010). Tasas e índices de crecimiento a segundo pico de cosecha en clavel estándar cv. Nelson cultivado en suelo y en sustratos. *Agronomía Colombiana*, 10.

- Becerra, L. A. y Cepeda, H. D. (2017). Evaluación del desempeño de un sistema acuapónico con tres variedades de albahaca bajo condiciones de invernadero como una alternativa de producción limpia.
- Bigliardi, N. A., y Gabutto, F. G. (2018). *Universidad Nacional de Córdoba*. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11912/Evaluaci%c3%b3n%20de%20un%20nuevo%20sistema%20de%20producci%c3%b3n%20acuaponia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Briseño, S. E., Aguilar, M. y Villegas, J. A. (2013). *CIBNOR*. Obtenido de <http://www.cibnor.mx>
- Cadena, M. d. (2017). Estudio de factibilidad del cultivo hidropónico de fresa (*Fragaria x ananassa D*), en facatativá cundinamarca. Facatativá, Cundinamarca.
- Calderón, J. C. (2016). Biotransformaciones del suelo y su efecto en la incidencia de patógenos edáficos en *Ocimum basilicum* var. Ligure. Perú.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial cámara de comercio de Bogotá. Bogotá.
- Campos, R., López, A., Avalos, A., Hoyos, A. y Mendiola, J. (2013). Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 939-959 p.
- Cansing, J. F., y Santillán, N. A. (Noviembre de 2012). Producción de la albahaca dulce (*Ocimum basilicum L.*) utilizando cuatro densidades y dos tipos de aplicación de harina de carne como fertilizante . Honduras.
- Cardoso, G. y Sosa, M. (2012). Propiedades del aceite esencial de la albahaca (*Ocimum basilicum L.*) y sus aplicaciones en alimentos . Obtenido de

- [https://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6\(1\)-Cardoso-Ugarte-et-al-2012.pdf](https://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6(1)-Cardoso-Ugarte-et-al-2012.pdf)
- Castro, D., Díaz, J. J., Serna, R., Martínez, M. D., Urrea, P. A., Muñoz, K., y Osorio, E. J. (2013). Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales. Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Colque, V. (2018). Evaluación del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo tres densidades de siembra en un sistema acuapónico en el centro experimental de Cota Cota – la paz. La paz, Bolivia.
- Chamorro, M. (2012). Diseño, montaje y evaluación preliminar del desempeño de un sistema acuapónico, utilizando lechuga (*Lactuca sativa*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en un sistema de recirculación acuícola. *Revista Electrónica de Ingeniería En Producción Acuicola*, 6(6), 1–15. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1515>
- Everson, G. (2018). Plagas y enfermedades presentes en cultivo hidropónico de dos variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), bajo condiciones semi controladas en Chachapoyas – Perú.
- Forero, R., Parra, H., Luna, R. y Rivera, E. (22 de Noviembre de 2011). Obtenido de <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/786/1/79629949-2011-2-IM.pdf>
- Flórez, A., y Chilito, H. (2015). Evaluación del rendimiento de manzanilla *Matricaria chamomilla* con abono orgánico en la vereda los Robles del municipio de Timbio. Fundación universitaria de Popayán.

- Galindo, F., Pinzón, E. H., Quintana, W. A., Serrano, P. A., y Galán, M. (2018). Evaluación de un Termofosfato en el crecimiento y producción de Fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) cv. 'Albión'. *Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales*, 9.
- Gavilán, D. (2018). Influencia de seis sustratos inorganicos diferentes en el crecimiento de la albahaca (*ocimum basilicum l.*) utilizando la tecnica hidropónica. Lima, Perú.
- Girón, E. (Abril de 2018). Desarrollar un paquete biotecnológico para la producción de fresa variedad Florida Festival en un cultivo acuapónico suplementado. Querétaro, México.
- Gobernación de Antioquia y Sena. (2014). *Manual Técnico del Cultivo de Fresa Bajo Buenas Prácticas Agrícolas*. Medellín, Colombia.
- Google Maps. (2020). Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Fundaci%C3%B3n+Universitaria+Popay%C3%A1n+Sede+Campestre+los+Robles/@2.3913526,-76.6580048,745m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e2fe2a6e4f899f1:0x1818c47f99adaa40!8m2!3d2.3912405!4d-76.656611?hl=es>
- Google. (2020). Google-Mapa Timbío. Obtenido de https://www.google.com/search?q=mapa+timbio+cauca&sxsrf=ALeKk00vNpWOvllbM2rjVjMdYVdi1lb1Lg:1597201367894&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=QbNMqpP4dwzo7M%252CANdE81yCC4MSJM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kQQwhW3aiutqL32zLP32hVL4I7YYw&sa=X&ved=2ahUKEwiG2avh1pTrAhXtl3IEH
- Grayer, R. J., Vieira, R. F., Price, A. M., Kite, G. C., Simon, J. E. y Paton, A. J. (2004). Characterization of cultivars within species of *Ocimum* by exudate flavonoid profiles. *Biochemical Systematics and Ecology*.
- Green, A. (2007). *ESPECIAS Y HIERBAS AROMÁTICAS*. Barcelona: Ediciones Robinbook.

- Hernández, J. L. (Marzo de 2010). Aceite de Albahaca (*Ocimum bacilicum L.*) y su potencial de producción sustentable para uso medicinal. Correón, Coahuila, México.
- Hernández, F. (2017). Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico automatizado de tipo tradicional y doble recirculación en el cultivo de Tilapia Roja (*Oreochromis Mossambicus*) y Lechuga Crespa (*Lactuca Sativa*). Universidad Nacional de Colombia.
- Jiménez, A. (14 de Noviembre de 2017). Obtenido de https://arturobayona.com/images/libros/filebook/tilapia_siankaan_manual.pdf
- Kintzios y Makri, O. (2008). *Ocimum sp.* (Albahaca): botánica, cultivo, propiedades farmacéuticas y biotecnología. 123-150.
- Lema, D. O. (2017). Evaluación de tres soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa l.*) var. crispa, en invernadero, departamento de horticultura, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- López, A. (2005). Prueba de adaptación y rendimiento de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) manejadas orgánicamente con cuatro niveles de Bokashi. *Proyecto de investigación de Ing. Agropecuario*, 116. Sangolqui, Ecuador.
- Mamani, J. C. (2015). Producción de frutilla (*fragaria vesca*) en un sistema hidropónico con diferentes proporciones de sustratos y la dosificación de tres concentraciones comerciales de soluciones nutritivas. La paz, Bolivia.
- Mata, H., Anguiano, R., Vásquez, E., Gázano, I., González, D., Ramírez, M., . . . Cervantes, J. (2010). Producción de tomate sistema hidropónico con solución nutritiva reciclable en sustrato de Tezontle. *Redalyc*, 6.

- Mendoza, T. J. (Junio de 2018). Evaluación del rendimiento de fresa (*Fragaria spp. L.*) variedad San Andreas, con diferentes concentraciones de *Trichoderma spp.* Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Meneses, C., y Quesada, G. (2018). Crecimiento y rendimiento del pepino holandés en ambiente protegido y con sustratos orgánicos alternativos. *Agronomía Mesoamericana*, 16.
- Mercado, I., Ramírez, D., Cruz, R., Díaz, M., Jiménez, J., García, J., . . . Rayas, A. (2019). Sistema acuapónico con humedal subsuperficial para producción de carpa (*Cyprinus carpio L.*), fresa (*Fragaria ananassa (Duchesne ex Weston)*) y canola (*Brassica napus L.*). 7.
- Moncayo, M. d., Álvarez, V. d., González, G., Salas, L., y Chávez, J. A. (2015). Producción orgánica de albahaca en invernadero en la comarca lagunera. *Terra Latinoamericana*, 9.
- Morales, A. H. (2019). Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico prototipo, aplicado a tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y albahaca (*Ocimum basilicum*). Lima, Perú.
- Moreno, E. D. C., Sánchez, F., Gutiérrez, J., González, L., y Pineda, J. (2015). Producción de lechuga en invernadero con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 21(1), 43–55. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.12.047>
- Nelson, R. L. (2005). Basil. A hardy and profitable crop for aquaponic farming. *Aquaponics Journal*
- Ovando, M. A. (Noviembre de 2017). Evaluación de un sistema acuapónico de cama con sustrato sólido. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

- Pandales, L. A., y Santos, H. D. (2017). Evaluación del desempeño de un sistema acuapónico con tres variedades de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) bajo condiciones de invernadero como alternativa de producción limpia. Colombia.
- Rakocy, J. E., Masser, M. P. y Losordo, T. M. (2006). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics Integrating Fish and Plant Culture. *Agrilife extensión*, 17. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/RecyclingAquaculturepdf.pdf
- Ramírez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., y Hurtado, H. (2008). La acuaponía: Una alternativa orientada al desarrollo sostenible. *Facultad ciencias básicas*, 21. Obtenido de Universidad militar nueva granada.
- Ramírez, D., Sabogal, D., Ramírez, E. G., Rodríguez, D. y Hurtado, H. (2009). Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónico goldfish-lechuga. *Facultad de ciencias básicas*, 17.
- Ricardo, J. J. (2019). Evaluación del cultivo de lechuga hidropónica (*Lactuca sativa L.*) En raíz flotante bajo diferentes soluciones nutritivas. La libertad, Ecuador.
- Rodríguez, R. d., Lara, A., Lozano, J., Padilla, L. E., Avelar, J. J., y Castañeda, R. (2016). Rendimiento y calidad de tomate en sistemas hidropónicos abierto y cerrado. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15.
- Ronzón, M., Hernández, M. P., y Pérez, C. I. (2012). Producción hidropónica y acuapónica de albahaca (*Ocimum basilicum*) y langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*). *Redalyc*, 10.
- Ruvalcaba, J. M. (Marzo de 2017). Uso de bagazo de agave como sustrato en el cultivo hidropónico de fresa (*Fragaria x ananassa*). Zapopan, Jalisco .

- Sanchez, L. R., Trujillo, M. P., Jimenéz, P., Hurtado, H. y Gómez, E. (2011). Evaluación preliminar de sistemas acuapónicos e hidropónicos en cama flotante para el cultivo de orégano. 18.
- Sanchez, S. O. (2018). Evaluación de dosis creciente de Nitrógeno en cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa L.*) utilizando la técnica raíz flotante. Machala.
- Sánchez, F., González, L., Moreno, E., Pineda, J., y Reyes, E. (2014). Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Fitotecnia Mexicana*, 9.
- Simón, E. M. y Trelles, A. Z. (2014). Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, con efluentes de cultivo de tilapia. *Rebiol*, 13.
- Ticona, R. (2016). Evaluación de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea L.*) A diferentes densidades de trasplante en sistema hidropónico (NFT), EN EL CENTRO experimental de Cota Cota. La paz, Bolivia.
- Vázquez, C., Ojeda, G., Fortis, M., Preciado, P., y González, J. (2015). Sustratos orgánicos en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) y su calidad fitoquímica. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12.
- Vivas, A. M., Beltrán, M. C. y Cañón, D. J. (2016). Actividad antioxidante de dos variedades de *Ocimum basilicum L.* para uso potencial en fitocosmética. *Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 7965-7973.
- Zambrano, L. F. (2017). Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico automatizado de tipo tradicional y doble recirculación en el cultivo de Tilapia roja y Lechuga crespa . Bogotá.
- Zárate, M. A. (2014). *Manual de hidroponía*. México: Instituto de Biología.

Zaragoza, R. D. (Noviembre de 2013). Evaluación de técnicas hidropónicas de producción en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) bajo invernadero. Saltillo, Coahuila, México.

Anexos

Tabla. *Análisis de varianza de los parámetros agronómicos y productivos del cultivo de albahaca*

		Anova				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Raíz	Entre grupos	2300,173	5	460,035	6,775	,000
	Dentro de grupos	2852,040	42	67,906		
	Total	5152,213	47			
Altura del tallo	Entre grupos	651,076	5	130,215	,370	,866
	Dentro de grupos	14780,779	42	351,923		
	Total	15431,856	47			
Número de hojas	Entre grupos	41685,586	5	8337,117	1,168	,341
	Dentro de grupos	299674,089	42	7135,097		
	Total	341359,675	47			
Peso de las hojas	Entre grupos	1,571	5	,314	,815	,555
	Dentro de grupos	6,552	17	,385		
	Total	8,123	22			
Tamaño de las hojas	Entre grupos	10,559	5	2,112	,497	,774
	Dentro de grupos	72,265	17	4,251		
	Total	82,823	22			

Tabla. *Análisis de varianza de los parámetros agronómicos y productivos del cultivo de fresa*

		Anova				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	
Raíz	Entre grupos	346,226	5	69,245	5,813	,000
	Dentro de grupos	428,819	36	11,912		
	Total	775,045	41			
Altura del tallo	Entre grupos	386,110	5	77,222	8,921	,000
	Dentro de grupos	311,614	36	8,656		
	Total	697,724	41			
Número de hojas	Entre grupos	1191,476	5	238,295	11,866	,000
	Dentro de grupos	722,970	36	20,083		
	Total	1914,447	41			
Peso del fruto	Entre grupos	1185,259	5	237,052	7,935	,000
	Dentro de grupos	1075,507	36	29,875		
	Total	2260,767	41			
Largo del fruto	Entre grupos	72,126	5	14,425	6,491	,000
	Dentro de grupos	80,010	36	2,223		
	Total	152,136	41			
Ancho del fruto	Entre grupos	46,434	5	9,287	6,620	,000
	Dentro de grupos	50,503	36	1,403		
	Total	96,936	41			
Número de frutos	Entre grupos	10,430	5	2,086	2,916	,026
	Dentro de grupos	25,756	36	,715		
	Total	36,186	41			