

**EVALUACIÓN DE LOS SUSTRATOS FIBRA DE COCO, CASCARILLA DE
ARROZ Y SUS MEZCLAS BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO EN UN
CULTIVO DE FRESA (*Fragaria ananassa* Duch) EN UNA ZONA DEL MUNICIPIO
DE PASTO**

Elizabeth Marcela Guerrero Guerrero I.A

**Universidad de Nariño
Centro de Investigaciones y Estudios de Maestría en Ciencias Agrarias
con Énfasis en Producción de Cultivos
San Juan de Pasto
2017**

**EVALUACIÓN DE LOS SUSTRATOS FIBRA DE COCO, CASCARILLA DE
ARROZ Y SUS MEZCLAS BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO EN UN
CULTIVO DE FRESA (*Fragaria ananassa* Duch) EN UNA ZONA DEL MUNICIPIO
DE PASTO**

Elizabeth Marcela Guerrero Guerrero I.A

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en
Ciencias Agrarias con Énfasis en Producción de Cultivos**

Presidente:

Hernando Criollo Escobar I.A Ph.D

Universidad de Nariño

**Centro de Investigaciones y Estudios de Maestría en Ciencias Agrarias
con Énfasis en Producción de Cultivos**

San Juan de Pasto

2017

NOTA DE RESPONSABILIDAD

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

Artículo 1° de acuerdo n° 324 de Octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación

HERNANDO CRIOLLO ESCOBAR I.A Ph.D

Firma Presidente de Tesis

GERMAN CHAVES JURADO I.A M.sc

Jurado Delegado

LUIS ALFREDO MOLINA I.A M.sc

Jurado

ORLANDO BENAVIDES I.A M.sc

Jurado

San Juan de Pasto, Septiembre, 2017

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Internacional de Producción Limpia LOPE SENA Regional Nariño Colombia, a los instructores Sena Ingenieros Agrónomos Álvaro Moncayo, Alexis Guerrero, Carlos Acosta, Luis Cardenas, Químico Edison Sánchez, al Tecnólogo en Producción Limpia Iván Camilo Quintero, A la Universidad de Nariño al I.A Ph.D Hernando Criollo, I.A M.sc. German Chaves Jurado, I.A M.sc Luis Alfredo Molina Valero, I.A M.sc. Orlando Benavides por su colaboración y compromiso con la investigación.

DEDICATORIA

A Dios por iluminarme en este camino, ya que de su mano todo es posible

A mi madre Luz Alba por su apoyo, sus oraciones y su amor incondicional

A mi padre Oscar por su fortaleza y su amor

A mi hermana Claudia por motivarme a luchar cada día

A mi hermana Patricia por ser incondicional

A mi sobrino Andrés José por ser el motor y la alegría del hogar

A mí cuñado Mauricio por cada uno de sus consejos

A William Díaz por su valiosa amistad

A mis familiares y amigos por brindarme siempre su apoyo y cariño

RESUMEN

Este proyecto se realizó en el Centro Internacional de Producción Limpia Lope –SENA- Regional Nariño, para evaluar alternativas que permitan mejorar la producción y la calidad de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch) variedad Albión bajo un sistema hidropónico; se utilizaron sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz, solos y en mezcla, comparados con un testigo en suelo con cobertura plástica. Las fresas se instalaron en dos estructuras en forma de “A”, que ocuparon un área total de 10 m², y se sembraron en total de 200 plantas. Se evaluaron las variables número de hojas, número de flores, número de frutos, variables físicas y químicas del fruto como peso, diámetro, longitud, contenido de sólidos solubles, acidez titulable, pH, índice de madurez, firmeza y rendimiento, propiedades físicas de los sustratos como densidad real, densidad aparente, granulometría y humedad; igualmente las propiedades químicas de los sustratos; pH y conductividad eléctrica, además, se realizó un análisis económico para evaluar la rentabilidad del cultivo bajo este sistema. Se utilizó un diseño Bloques Completos al Azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones, con los tratamientos 100% cascarilla de arroz, mezcla 70% cascarilla de arroz y 30% fibra de coco, 50% de cada uno de los sustratos utilizados, mezcla 70% fibra de coco y 30% cascarilla de arroz, 100% fibra de coco y un testigo en suelo con cobertura plástica. El tratamiento suelo obtuvo la mejor respuesta para la variable rendimiento y una respuesta inferior para las demás variables; por el contrario el tratamiento 100% cascarilla de arroz obtuvo un rendimiento inferior y una respuesta superior en las variables grados brix, firmeza, acidez titulable y pH. Los sustratos mostraron cambios en las variables físicas y químicas de la etapa 1 a la etapa 2. Los tratamientos T3 (50C50F) y T1 (100C) fueron los más rentables con un 95.70% y un 95.26% respectivamente. La producción de fresa hidropónica se brinda como una alternativa para los productores que quieran ser competitivos en espacios reducidos, con productos de buena calidad.

Palabras claves: Calidad, grados brix, agricultura urbana

ABSTRACT

This project was carried out at the International Center for Clean Production Lope -SENA Regional Nariño, it was done for to evaluate alternatives to improve production and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) Albión variety under a hydroponics system; coconut fiber substrates, rice husks, alone and in mixture, compared with control in soil with plastic cover. The strawberries were installed in two structures in the form of "A", who occupied a total area of 10 m² where were planted a total of 200 plants. The variables number of leaves, number of flowers, number of fruits, weight, diameter, length, soluble solids, titratable acidity, pH, maturity index, firmness and performance, physical properties of the substrates like apparent density, real density, particle size and moisture, also the chemical properties of the substrates like pH and electrical conductivity were evaluated; and economic analysis for to evaluate the profitability of the crop under this system. A design Complete randomized blocks was used with 6 treatments and 4 replicates with the following treatments 100% rice hulls, mixture of 70% rice husks and 30% coconut fiber, 50% of each substrate used, 70 % coconut fiber and 30% rice husk, 100% coconut fiber and soil with plastic cover. The treatment soil got the better response to the variable performance and a lower response to other variables; the treatment 100% rice husks got a underperformed and superior response variables brix, firmness, titratable acidity and pH. The substrates showed changes in the physical and chemical variables from step 1 to step 2. T3 (50C50F) and T1(100C) were the most profitable with 95.70 % and 95.26% % respectively. Hydroponic strawberry production is provided as an alternative for producers who want to be competitive in tight spaces, with good quality products.

Keywords: Quality, brix grades, urban agriculture

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO TEORICO.....	17
1.1 Generalidades de los cultivos hidropónicos.....	17
1.2 Propiedades de los sustratos.....	19
1.2.1 Fibra de coco.....	19
1.2.2 Cascarilla de arroz.....	20
1.3 El cultivo de fresa.....	22
2. MATERIALES Y METODOS	24
2.1 Localización.....	24
2.2 Estructura	24
2.3 Sustratos	25
2.3.1 Fibra de coco.....	25
2.3.2 Cascarilla de arroz.....	25
2.4 Plantulación.....	25
2.5 Siembra	26
2.6 Diseño Experimental.....	26
2.7 Modelo estadístico	27
2.8 Parcela en suelo.....	27
2.9 Riego	27
2.10 Fertilización.....	29
2.11 Manejo agronómico	31
2.11.1 Podas	32
2.12 Variables evaluadas.....	32
2.12.1 Variables de crecimiento.....	32
2.12.2 Variables relacionadas con el fruto	33
2.12.3 Rendimiento	34
2.12.4 Análisis estadístico	35

2.13 Determinación de las propiedades físicas de los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y sus mezclas (PF)	35
2.13.1 <i>Densidad real</i>	35
2.13.2 <i>Densidad aparente</i>	36
2.13.3 <i>Granulometría</i>	36
2.13.4 <i>Retención de humedad</i>	37
2.14 Determinación de las propiedades químicas, pH y conductividad eléctrica, de los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y sus mezclas (PQ)	37
2.15 Análisis Económico	37
3. RESULTADOS Y DISCUSION VARIABLES DE CRECIMIENTO.....	38
3.1 Variables de crecimiento.....	38
3.2 Variables relacionadas con el fruto	42
3.3 Variables propiedades físicas y químicas de los sustratos al inicio y final del trabajo.....	56
3.4 Análisis Económico	67
4. CONCLUSIONES	72
5. RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Tratamientos en la evaluación de sustratos en un cultivo de fresa (<i>Fragaria ananassa</i> Duch) bajo un sistema hidropónico.....26
Tabla 2	Composición Irricol Vegetativo29
Tabla 3	Composición Irricol Producción30
Tabla 4	Absorción de nutrimentos fresa variedad Albión.....31
Tabla 5	Absorción de nutrimentos en suelo fresa variedad Albión.....31
Tabla 6	Análisis de varianza de las variables número de hojas (NH), numero de flores(NF), numero de frutos(NFR)38
Tabla 7	Análisis de varianza de las variables peso de fruto (PF), diámetro de fruto(DF) y longitud de fruto(LF).....39
Tabla 8	Prueba de Comparación de Promedios de Tukey para las variables Peso de Fruto (PF), Diámetro de Fruto(DF) y Longitud de Fruto(LF), evaluados en los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y suelo en un cultivo de fresa (<i>Fragaria ananassa</i> Duch) bajo un sistema hidropónico.....40
Tabla 9	Calibres de la fresa variedad Chandler.....41
Tabla 10	Análisis de Varianza de las variables Grados Brix (BX), Firmeza(F), Acidez Titulable (AT), pH, Índice de Madurez(IM) y Rendimiento(RENT).....42
Tabla 11	Prueba de Comparación de Promedios de Tukey para las variables Grados Brix (BX), Firmeza(F), Acidez Titulable(AT), pH, Índice de Madurez(IM) y Rendimiento(RENT), evaluados en los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y suelo en un cultivo de fresa (<i>Fragaria ananassa</i> Duch) bajo un sistema hidropónico .43
Tabla 12	Contenido de Solidos Solubles Totales, expresado como Grados Brix (°Bx) de acuerdo con la tabla de color44
Tabla 13	Acidez Titulable expresada como porcentaje de Ácido Cítrico de acuerdo con la tabla de color47
Tabla 14	Norma Técnica Colombiana 4103 para el Índice de madurez mínimo de acuerdo con la tabla de color48

Tabla 15	Propiedades físico químicas de los sustratos etapa inicial y etapa final densidad aparente (DA), densidad real (DR).....	56
Tabla 16	Granulometria inicial (%).....	59
Tabla 17	Granulometria final (%)	59
Tabla 18	Propiedades físico químicas de los sustratos etapa inicial y etapa final humedad gravimetrica (HG), pH, conductividad eléctrica (CE)	61
Tabla 19	Porosidad de los sustratos y sus mezclas.....	62
Tabla 20	Costos de producción de Fresa en pesos Colombianos, bajo cultivo hidropónico y suelo para 1 Hectárea	69
Tabla 21	Cantidad de kilo por hectárea Hidropónica y en suelo.....	70
Tabla 22	Resumen de la rentabilidad obtenida para un cultivo de fresa bajo un sistema hidropónico.....	70
Tabla 23	Análisis de Dominancia.....	70
Tabla 24	Resultados análisis de dominancia	71

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Producción de fresa hidropónica	24
Figura 2. Esquema estructura en A en una estructura en A	24

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria ananassa* Duch), es proveniente de un cruce entre especies *F. virginiana* y *F. chiloensis* y se ha convertido en una de las frutas más cultivadas a nivel mundial, por su adaptación a diferentes condiciones climáticas (Hancock, 1999). Los países con mayor producción son Estados Unidos, España, Rusia, Japón, Corea y Polonia (FAO, 2010).

En el sector agrícola de Colombia la fresa ha tomado gran relevancia por sus propiedades nutricionales, organolépticas y por ser considerada una fruta exótica, convirtiéndose competitivamente en una gran alternativa de mercado nacional e internacional (Flórez y Mora, 2010).

La fresa, es una especie tipo C3 son competitivas en climas templados y húmedos ,además sus estomas se abren durante el día, favoreciéndole temperaturas entre 15 °C - 25 °C para su crecimiento (Hancock, 1999). En Colombia, la mayoría de plantaciones comerciales se ubican entre los 1700 y 3000 m.s.n.m. con temperaturas media entre 15 y 25°C, cultivándose en sectores como la Sabana de Bogotá y la zona cafetera (Flórez y Mora, 2010).

Los principales departamentos productores de fresa en Colombia, son los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca y Nariño; el mayor productor es Cundinamarca con rendimientos de 40,5 t.ha⁻¹ y un área sembrada de 557 has, en comparación con Nariño que produce 6,5 t.ha⁻¹ con un área sembrada de 26 has (AGRONET, 2013); teniendo en cuenta que la horticultura y fruticultura constituyen un fuerte renglón económico y fundamental en la producción agrícola del departamento de Nariño, es de imperiosa necesidad mejorar la manera tradicional de cultivar, mediante nuevas alternativas de producción que lo conviertan en un departamento competitivo a nivel nacional con productos de buena calidad.

La fresa favorece la sanidad humana y la seguridad alimentaria, cuando se asocia con la enfermedad neurocisticercosis, causada por *Cysticercus cellulosae* y *Cysticercus bovis*; que puede depositarse en el suelo mediante estiércol de cerdo o en general, abonos orgánicos mal descompuestos (Garcia *et al.*, 2010). Cuando los frutos de fresa o plantas de lechuga y repollo,

entran en contacto con estos insumos contaminados, se convierten en alimento causante de la contaminación al ser humano, por ausencia de medidas de control sanitario (Chaves y Alvarado, 2012).

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

Por lo anterior, los cultivos hidropónicos se brindan como una alternativa donde se puede obtener uniformidad de los productos cosechados y calidad para el consumo humano. En estos, sistemas no se presenta la necesaria rotación de cultivos, por la presencia de plagas y/o enfermedades o el agotamiento de la fertilidad del suelo. Por otra parte y como un factor muy importante, se promueve el uso de los espacios prediales reducidos que estén cercanos a la casa habitación de los interesados (Sánchez, 2000).

Otras ventajas mencionadas por diferentes autores son: utilización de nutrientes naturales y limpios, puede cultivarse en lugares donde la agricultura normal es difícil o imposible, también soluciona el problema de producción en zonas áridas o que tienen problema de frío. La erosión no se presenta, por no trabajar con maquinaria a campo abierto, lo que ayuda a eliminar parte de la contaminación de suelos, permite producir cosechas fuera de estación o temporada, se puede tener cultivos en las ciudades y/o áreas muy pobladas, pues se requiere mucho menor espacio y capital para una mayor producción. También se tienen grandes ahorros de agua, debido a que se puede reciclar con la solución nutritiva, lo que permite un ahorro sustancial de fertilizantes, los productos comerciales provenientes de hidropónicos es el mayor valor comercial que adquieren por la no utilización de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades (Vázquez *et al.*, 2009)

A nivel nacional se está desarrollando Hidroponía Industrial con el Doctor Antonio Rosas en Cundinamarca y a nivel regional en el Centro internacional de producción limpia Lope Sena han desarrollado proyectos en este campo. Desarrollando tecnologías viables para los productores.

Con el presente proyecto, se buscó innovar el modo de producción para obtener productos sanos que contribuyan a la seguridad alimentaria; se evaluó el efecto de los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y sus mezclas bajo condiciones hidropónicas en un cultivo de fresa (*Fragaria ananassa* Duch) en una zona del municipio de Pasto, a través de los componentes de rendimiento y calidad de fruto. Además, se evaluaron las propiedades físico-químicas de los sustratos y se realizó un análisis parcial de costos, con miras a proponer una alternativa tecnológica de producción de fresa en pequeñas áreas.

Con el uso de los cultivos hidropónicos a base de los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz, más la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas, se espera obtener fresas más inocuas y seguras para el consumo, debido a la disminución de las enfermedades, plagas y malezas presentes en el suelo; de igual forma, generar un impacto ambiental positivo y brindar una alternativa para mejorar los ingresos de los productores del Departamento de Nariño.

1. MARCO TEORICO

1.1 Generalidades de los cultivos hidropónicos

El cultivo sin suelo o cultivo hidropónico, posiblemente, sea hoy en día, el método más intensivo de producción de hortalizas; surge como una alternativa a la agricultura tradicional, cuyo principal objetivo es eliminar o disminuir los factores limitantes del crecimiento vegetal asociados con el ambiente de producción, sustituyéndolo por los soportes del cultivo y aplicando técnicas de fertilización alternativas (Duran *et al.*, 2000; Jensen, 2001; Cánovas, 2001). Es un sistema de producción, en el que las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en lugar de suelo, se utiliza como sustrato, un material inerte o la misma solución nutritiva. (Sánchez *et al.*, 1991; Gonzales, 2006).

El termino sustrato, se refiere a todo material sólido, que puede ser resultado de procesos naturales, residuales o de síntesis, que puede ser de origen orgánico o mineral y que colocado en un contenedor puede servir como medio de sustento para el sistema radicular de las plantas (Soria, 2012). La función principal de los sustratos, es retener humedad, permitir buena aireación, tener buena estabilidad física, inertes química y biológicamente, buen drenaje, capilaridad, liviano, de bajo costo y estar disponible (Calderón, 2001; Abad *et al.*, 2000)).

El sustrato, es un sistema de tres fracciones, cada una con una función propia; la fracción sólida asegura el mantenimiento mecánico del sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta agua a la planta y por interacción con la fracción sólida, los nutrientes necesarios, por último, la fracción gaseosa asegura las transferencias de oxígeno y CO₂ del entorno radicular (Lemaire *et al.*, 2005).

Lo más recomendable para un buen sustrato, es que las partículas que lo componen tengan un tamaño no inferior a 0,5 y no superior a 7 milímetros, que retengan una buena cantidad de humedad, pero que además, faciliten la salida de los excesos de agua que pudieran caer con el riego, que no retengan mucha humedad en su superficie, que no se descompongan o se degraden con facilidad, que tengan preferentemente coloración oscura, que no contengan elementos

nutritivos, que sean abundantes y fáciles de conseguir, que sean de bajo costo y que sean livianos (Santander, 2011; Domínguez, 2006).

Los sustratos y las mezclas de los sustratos, son materiales que actualmente se utilizan para sembrar varios productos agrícolas, especialmente en la agricultura de alto rendimiento, como es el caso de las flores de corte para exportación. En estos cultivos, existen razones de tipo sanitario y económico que estimulan cada vez más el uso de sistemas de cultivo sin suelo. El conocimiento que se logre sobre diferentes aspectos relacionados con el cultivo en sustrato, permitirá evitar errores que afecten la producción y propiciará el uso extensivo de esta tecnología. El desconocimiento de las características físicas de los sustratos, determina un uso no apropiado de las prácticas de riego en los mismos (Flórez *et al.*, 2006).

En Colombia, es ampliamente utilizada la cascarilla de arroz, sin embargo, uno de los problemas que se encuentran para realizar un apropiado uso y manejo de los sustratos en el país, es el desconocimiento de sus propiedades hidrofísicas (Gonzales- Murillo *et al.*, 2005).

Cadahía, (2000) señala que aunque el área sembrada en Colombia en sistemas de cultivo en sustrato no es significativa, en algunas circunstancias se justifica su utilización; por ejemplo donde hay limitaciones físico químicas del suelo, es decir, por presencia de horizontes superficiales endurecidos o suelos salinos, así como problemas de nivel freático alto.

En la mayoría de los sistemas hidropónicos establecidos, se aplica el riego por goteo con una solución nutritiva, que contiene fertilizantes disueltos con todos los nutrientes minerales esenciales para las plantas, en concentraciones óptimas para su crecimiento y desarrollo. Para que las plantas crezcan sin limitaciones nutricionales, la solución nutritiva debe tener un pH entre 5.5 a 6.5, una conductividad eléctrica (CE) entre 1.5 y 3 dS m⁻¹, y los nutrimentos minerales, deben estar disociados en proporciones y concentraciones que eviten precipitados y antagonismos (Adams, 2004; Camberato *et al.*, (2000)

Los cultivos hidropónicos se pueden ubicar sobre diferentes estructuras, entre ellas, estructuras en cascada, tubulares o sacos verticales, sobre estructuras en A, entre otras. (Resh, 2006)

Las curvas de absorción en fresa estudiadas por Molina *et al.*, (1993) demostraron que la absorción de nutrientes durante las primeras nueve semanas de establecida la plantación, es muy baja, luego se incrementa hasta valores máximos de absorción en las semanas 18, 23 y 28, etapas que coinciden con las etapas de mayor producción de frutos. El período de mayor absorción se encuentra entre las semanas 9 y 26.

Para Ansonera, (1994) en la implementación de nuevas técnicas de cultivo, se presenta como alternativa, la utilización de los sustratos que aseguren el anclaje de la planta y proporcionen propiedades físicas adecuadas. Además de suministrar aire y agua, el sustrato debe proveer los nutrientes minerales necesarios, para que a través de la raíz la planta los tome de la solución nutritiva; el medio de cultivo no es inerte sino que interactúa con la solución nutritiva y desempeña las funciones anteriormente enunciadas. Actúa como reserva de nutrientes, a través de la capacidad de intercambio catiónico y esta a su vez depende en gran medida de la acidez o pH del medio, ahí radica la importancia de la caracterización química de los sustratos y de igual manera los aspectos nutricionales de la planta.

1.2 Propiedades de los sustratos

1.2.1 Fibra de coco

La fibra de coco, es un sustrato que está siendo muy estudiado para remplazar el uso de las turbas en Europa y cuyo potencial, se espera dilucidar con relación a las condiciones colombianas; también tiene las mismas limitaciones de caracterización bien sea por falta de esta o por estudios incompletos tal como señala Abad *et al.*, (2000).

Respecto a la fibra de coco, Sánchez, (2013) explica que la materia prima, se obtiene del mesocarpo. Entonces, luego de obtener el insumo, este pasa por el proceso de molienda y se clasifica el material, según sirva para elaborar elementos o para ripio y sustrato de cultivos.

La fibra de coco, es un sustrato que se está haciendo cada vez más popular. Se utiliza el mesocarpo del coco, es decir, que al fruto se le quitan las fibras externas, estas fibras molidas

tienen una buena porosidad y proporcionan mejor aireación que la turba (Resh, 2006). En Holanda donde se inició su utilización, se ha reportado una vida de 8 a 10 años; sin embargo, en el Ecuador en los cultivos donde se ha utilizado, se han proyectado para una vida útil de 4 a 6 años (Calderón, 2001).

La fibra de coco, es un material orgánico, subproducto de las plantaciones de coco, de lenta descomposición debido a su alto contenido de lignina (45%). La cáscara de coco contiene dos clases de material: uno de aspecto parecido al corcho, pero de poro abierto, de gran capacidad de absorción de agua y de gran capilaridad y otro consistente de fibras de longitud variable, que pueden llegar hasta cuatro centímetros de longitud. En algunas explotaciones se retira la fibra, la cual le dan usos textiles y el material corchoso resultante se comercializa como sustrato para cultivos hortícolas. La cáscara de coco, dado su origen en regiones costeras, suele ser un material rico en sales, especialmente sodio y cloruros. Estos deben evacuarse previamente a su utilización como sustratos en sistemas de cultivos sin suelo, lo cual es una práctica relativamente fácil ya que estas sales no se encuentran fuertemente retenidas por el sustrato (Calderón y Cevallos, 2003; Astiz *et al.*, (2010)

Se deben evitar situaciones de exceso de humedad, que puedan causar problemas de aireación y de conductividad eléctrica del medio demasiado elevadas, que dificulten la absorción de agua y nutrientes durante periodos prolongados (Astiz *et al.*, 2010), aunque para su empleo se debe rehidratar, con lo cual alcanza a expandir su volumen aproximadamente 3.5 veces (Calderón, 2001); ambas situaciones suponen un mayor o menor problema, dependiendo de las condiciones climáticas del momento y del estado fenológico en el que se encuentre el cultivo (Astiz *et al.*, 2010).

1.2.2 Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz, es el sustrato más empleado para los cultivos hidropónicos en Colombia, aunque el inconveniente que presenta, es su baja capacidad de retención de humedad (Calderón, 2001). Antes de utilizar la cascarilla de arroz, es recomendable hacer un proceso de

desinfección, con el fin de eliminar pequeñas partículas y microorganismos que pueden ocasionar una contaminación del cultivo hidropónico.

La cascarilla de arroz, se produce ampliamente en zonas arroceras; ofrece buenas propiedades al ser utilizado como sustrato en sistemas de siembra sin suelo, tiene una baja retención de humedad inicial y es difícil conservar la humedad homogéneamente cuando se utiliza como sustrato único en camas o bancadas. A medida que envejece, aumenta su capacidad de retención de humedad. Para tratar de mejorar las propiedades físico – químicas de la cascarilla de arroz, se ha recurrido desde hace unos años, a la quema parcial o tostión de la misma. Con este fin, se coloca la cascarilla en montones y se le enciende fuego por un costado; simultáneamente se va revolviendo con la cascarilla cruda hasta obtener el grado de quemado que se desee. Usualmente, la intensidad del quemado que se pretende, varía entre el 50 y el 100% según el grado de carbonización y nunca se debe dejar llegar hasta cenizas. Esta práctica aumenta la retención de agua fácilmente disponible, de acuerdo con el grado de quemado, la cual puede llegar a valores muy elevados (Calderón y Ceballos, 2003; Calderón, 2001).

Calderón, (2001) señala que para el lavado de la cascarilla de arroz, se debe colocar la cascarilla en el sistema, con 15 días de anticipación al trasplante, durante los cuales, se mantendrá húmeda y se regará copiosamente con agua, dándole de 2 a 3 vueltas durante este período, con el fin de eliminar los subproductos de la fermentación. Después de la fermentación que dura aproximadamente de 10 a 15 días, según la temperatura, se deja esparcida la cascarilla al aire, para que se oxigene y se seque, debido a que los granos de arroz partido reaccionan con el agua, esto es, se hidrolizan y sus almidones se convierten en azúcares como la glucosa, la cual a su vez se va fermentando, con la consecuente producción de alcohol y ácido carbónico, que son fitotóxicos por vía radicular y causan síntomas similares a los de la clorosis férrica (deficiencia de hierro) en las plantas.

Respecto a las mezclas de uno o dos componentes y las propiedades físicas y químicas del medio resultante no siempre son iguales a la suma de las partes, pues al mezclar diferentes sustratos, las propiedades químicas y físicas de los componentes cambian y forman nuevas propiedades que son diferentes a las de los componentes individuales (Ansonera, 1994).

El desconocimiento de las características físicas de los sustratos determina un uso no apropiado de las prácticas de riego en los mismos (Flórez *et al.*, 2006).

Según Cadahía, (2000) pocas veces un material reúne las características físicas y químicas para unas determinadas condiciones del cultivo, por lo que es necesario mezclarlo con otros materiales con granulometrías diferentes, el material con granulometría más fina ocupa los espacios vacíos, dando lugar a una reducción en su volumen y porosidad total.

1.3 El cultivo de fresa

La fresa, pertenece a la familia Rosácea y género fragaria. Esta es una planta herbácea y de pequeña altura, cultivada por su fruto comestible, la raíz es fasciculada debido a que de la base del tallo salen muchas raíces del mismo largo formando una frondosa cabellera. Son superficiales, no profundizan mucho (máximo 30 cm), desarrollando la mayor actividad en los primeros 20 cm, se requiere de suelos muy sueltos, bien aireados y con buen drenaje para impedir que se presenten pudriciones en su sistema radicular. El tallo es herbáceo, tierno y flexible, perenne, las hojas son pinnadas, trifoliadas (Angulo, 2009)

En las axilas, se forman yemas vegetativas o productivas, dando origen las primeras a estolones y las segundas a las inflorescencias que van a producir los frutos. Las flores pueden ser perfectas y hermafroditas, se agrupan en inflorescencias que son un conjunto de flores que salen del mismo brote; el fruto es un agregado. El cruce entre *Fragaria chiloensis* y *Fragaria virginiana* dió como origen el híbrido *Fragaria ananassa*, de mejor calidad y productividad, con frutos grandes y de muy buen sabor; las variedades antiguas son Chandler, Douglas, Pájaro, Oso grande y las variedades actuales son Camino Real, Camarosa, Ventana, Albión (Angulo, 2009).

Los cultivares de fresa, se catalogan según su fotoperiodo, es decir la cantidad de horas luz que requieren para iniciar la floración. Se clasifican en cultivares según, de día corto (Camarosa, Camino Real, Mojave, Palomar y Ventana) y día neutro (Seascape, Selva, Tribute, Tristar, Albion, San Andreas, Portola y Monterrey) (Flórez y Mora, 2010; Strawberry Plants, 2012). Las plantas de día corto se caracterizan por tener bajos periodos de floración, ya que solo florecen cuando la longitud del día es menor que la de la noche (Taiz y Zeiger, 2006); las de día neutro, se

caracterizan por tener un amplio periodo de floración, ya que tiene menos sensibilidad a los factores externos como el fotoperiodo y la temperatura, aumentando su periodo de fructificación (Strassburger *et al.*, 2010).

Respecto a la variedad Albión, su principal característica es su excepcional calidad de fruta, tanto por tamaño como por sabor y firmeza; presenta un peso medio de 32 gramos por fruta. Albión, es de muy fácil recolección y tiene excelente vida de anaquel. Esta variedad posee alta resistencia a condiciones meteorológicas adversas y a enfermedades, como antracnosis, *Vercillium* y *Phytophthora* (Santoyo y Martinez 2009), aunque es muy susceptible al ataque de ácaros (Angulo, 2009).

La variedad Albión, tiene un rendimiento de 1077.08 gramos/planta y 53,85 toneladas/hectárea en 10 meses de producción; el peso del fruto es 33,6 gramos, (EUROSEMILLAS, 2013). En 18 meses pueden producir 3 o 4 libras (Angulo, 2009).

Además, la variedad Albión, tiene muy buena aptitud para mercado fresco; es la variedad que acumula mayor cantidad de azúcar, muy demandada también para congelados. Planta: tamaño intermedio de lento crecimiento inicial con temperaturas bajas. El fruto es color rojo externo de hombros más claros con bajas temperaturas y pulpa de color moderado, con gran acumulación de azúcar, fruto muy firme, con excelente vida de poscosecha (Udurraga y Vargas, 2013).

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Localización

La presente investigación se realizó en el Centro Internacional de Producción Limpia Lope SENA ubicada en el Oriente de la Ciudad de Pasto, coordenadas N 01° 12' 48", W 0.77° 15' 12.9", a una altitud de 2630 msnm con una temperatura promedio de 12° C y una precipitación de 800 mm por año.

2.2 Estructura

Para cultivar las fresas se construyeron dos estructuras en "A", también llamado sistema de producción escalonada, para lo cual se utilizó madera rolliza, con las siguientes dimensiones; 1,10 metros de largo, 1,80 metros de ancho y 1,60 metros de alto, sobre la cual, se colocaron a cada lado 5 tubos de PVC de 4 pulgadas con un largo de 2 metros cada uno, se ubicaron con una pendiente del 2% para facilitar el riego y el drenaje, (figura 1); estos tubos se perforaron cada 20 cm, para un total de 10 plantas por cada tubo.



Figura 1. Producción de fresa hidropónica

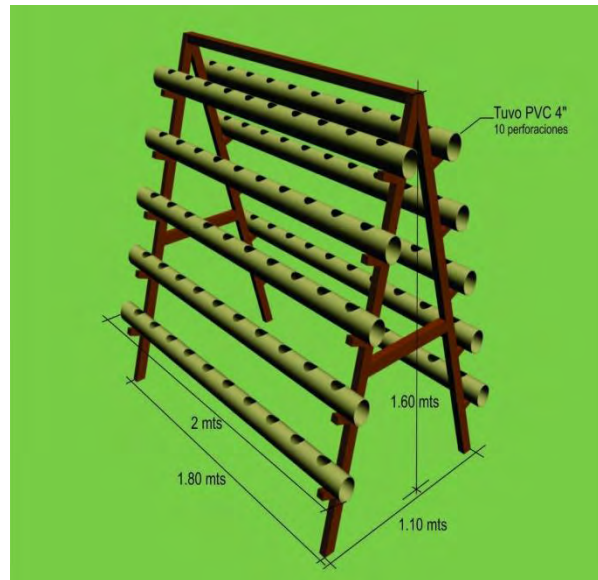


Figura 2. Esquema estructura en A en una estructura en A

2.3 Sustratos

Se utilizaron los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz preparados como se describen a continuación.

2.3.1 Fibra de coco

Se obtuvo la fibra mediante un productor comercial. Se realizó un lavado para retirar sodio, cloruros e impurezas, que deben ser evacuados previamente a su utilización como sustrato hidropónico. Se colocó abundante agua en un recipiente, posterior a esto se colocó sobre un plástico y se tapó. Después de este procedimiento el sustrato se sometió a solarización durante un periodo de 8 días para su desinfección y utilización.

2.3.2 Cascarilla de arroz

Para su utilización se realizó un lavado con agua para eliminar taninos y quitar algunas impurezas, con 15 días de anticipación al trasplante; se colocó la cascarilla en un recipiente donde se mantuvo húmeda y se regó con abundante agua, hasta saturación y se revolvió dos veces durante este período, con el fin de eliminar los subproductos de la fermentación, este proceso durante 10 días y luego se colocó la cascarilla al aire sobre un plástico, para que se oxigene y elimine el agua retenida.

2.4 Plantulación

Se obtuvieron estolones de un cultivo de fresa variedad Albión provenientes de plantas madre traídas del vivero Llahuen en Chile, que se propagaron de forma asexual por acodo rastrero; los cuales se embolsaron en fibra de coco, aun conectados a la madre, cuando los estolones estuvieron enraizados, de un mes y medio de edad se procedió al trasplante.

2.5 Siembra

Las plantas se trasplantaron de un mes y medio de edad; en un orificio en el tubo de PVC previamente elaborado, que tenía incorporado el sustrato dependiendo de cada tratamiento y cada estolón se desinfectó con el fungicida Carbendazim (i.a Metil bencimidazol-2-ilcarbamato) en dosis 1 cc/ lt de agua antes de la siembra.

2.6 Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con seis tratamientos y 4 repeticiones.

Los tratamientos evaluados en el presente trabajo, se detallan en la Tabla 1

Tabla 1

Tratamientos en la evaluación de sustratos en un cultivo de fresa (*Fragaria ananassa* Duch) bajo un sistema hidropónico

TRATAMIENTO	SUSTRATOS
T1	Cascarilla de arroz 100%
T2	Cascarilla de arroz 70% - Fibra de coco 30%
T3	Cascarilla de arroz 50% - Fibra de coco 50%
T4	Cascarilla de arroz 30 - Fibra de coco 70%
T5	Fibra de coco 100%
T6	Testigo en suelo con cobertura plástica

Cada tratamiento correspondió a un contenedor donde se sembraron 10 plantas, por 4 repeticiones para un total de 40 plantas por tratamiento; en los 6 tratamientos, 240 plantas evaluadas en todo el ensayo. El tratamiento 6, que correspondió al testigo en suelo con cobertura plástica, se ubicó junto a la estructura hidropónica. las plantas se sembraron en dos hileras separadas a 30 cm; el riego se realizó con una manguera de goteo de 16 mm.

2.7 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + E_{ij}$$

En donde

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ =Media general

β_i =Efecto de los bloques

T_j = Efecto de los tratamientos

E_{ij} = Error experimental

2.8 Parcela en suelo

Se tomó una muestra para realizar un análisis de suelos, se preparo una cama de 10 m de largo por 1.20 m de ancho, la cama quedando de 1 m de ancho por 10 m de largo. Las plantas se sembraron en 2 hileras separadas a 30 cm, con una densidad por cama de 40 plantas. Se realizó el riego por medio de una manguera de goteo de 16mm. Se colocó cobertura plástica color gris sobre la parcela y se procedió a perforar el plástico cada 30 cm en dos hileras, se humedeció y se procedió a la siembra de plantas de fresa variedad Albión.

2.9 Riego

Se utilizó manguera de riego por goteo con emisores ubicados cada 20 cm, los que se instalaron dentro del contenedor (tubo de PVC), permitiendo controlar la humedad en el sistema. El cabezal se impulsó con una electrobomba de 1 HP.

Según la metodología utilizada por Allen *et al.*, (2006) en el cultivo de fresa convencional, se realizó el riego por goteo de la siguiente manera

$$UC = \text{Área} * Kc * Ev$$

Donde

$$UC = \text{Uso consuntivo m}^3$$

Área= Área de la cama en m²

Kc= Coeficientes de desarrollo del cultivo

Ev=Evapotranspiración en mm (se calculó mensualmente mediante el tanque A de evaporación) y utilizando los datos meteorológicos proporcionados por la estación meteorológica Sena

Para el riego en el cultivo hidropónico, se realizó el cálculo del área de los tubos utilizando la fórmula del área de un cilindro

$$A_c = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (h+r)$$

Dónde:

A_c = Área de un Cilindro

π= 3.1416

r = radio

h= Altura

Se calculó el caudal total en litros por hora

$$Q_t = UC \cdot NC$$

Donde

Q_t= Caudal Total

UC= Uso consuntivo m³

NC= Número de camas (para este caso cada tubo represento una cama de 8 metros lineales)

Finalmente, se calculó el tiempo de riego en minutos mediante la siguiente formula:

$$t = UC \cdot 60 / Q_t$$

Donde

t = Tiempo de riego en minutos

Q_t = Caudal total

El cultivo de fresa, requiere agua de buena calidad, la cual debe distribuirse a lo largo del ciclo del cultivo; es necesario llevar a cabo la verificación de la concentración de sales del agua, empleando un multiparamétrico que permitió conocer la conductividad eléctrica, pH, y temperatura, debido a que se han reportado disminuciones considerables en la producción cuando su concentración es superior a 0.8 mmhos.cm (Secretaría de Desarrollo Agropecuario México, 2006). Según Martínez, (2004) los riegos deben ser cortos y frecuentes, la frecuencia y la duración del riego por día dependen del sustrato, condiciones del cultivo y época del año.

2.10 Fertilización

El fertirriego, se realizó utilizando una electrobomba de 1 Hp, la cual impulsó la solución, preparada en un tanque de 50 litros con agua y enviada hacia los contenedores a través de la manguera de riego por goteo; se ; las tablas 2 y 3 muestran las fichas de los fertilizantes comerciales (Colinagro, 2013)

Tabla 2

Composición Irricol Vegetativo

NUTRIENTE	CONCENTRACION%
Nitrógeno total (N)	20,5
Nitrógeno amoniacal (N)	14,5
Nitrógeno ureico (N)	6
Fósforo asimilable (P ₂ O ₅)	5
Potasio soluble en agua (K ₂ O)	10
Boro (B)	0,04
Hierro (Fe)	0,09
Manganeso (Mn)	0,03
Molibdeno (Mo)	0,034
Zinc (Zn)	0,02
pH en solución al 10%:	3,42
Solubilidad en agua a 20 °C	40.72 g/100 mL
Conductividad eléctrica (1:1000)	1.23 ds/m

Nombre comercial Irricol vegetativo 20-5-10, registró ICA 5539

Clase de producto Fertilizante mezclado N-P-K para la aplicación mediante sistemas

de fertirrigación. Tipo de formulación: Cristales solubles; categoría toxicológica: No aplica. Presentación: 1 – 25 kg

Tabla 3

Composición Irricol Producción

NUTRIENTE	CONCENTRACION%
Nitrógeno total (N)	5
Nitrógeno amoniacal (N)	1,2
Nitrógeno uréico (N)	3,8
Fósforo asimilable (P ₂ O ₅)	10
Potasio soluble en agua (K ₂ O)	43
Boro (B)	0,03
Hierro (Fe)	0,05
Manganeso (Mn)	0,02
Molibdeno (Mo)	0,032
Zinc (Zn)	0,02
pH en solución al 10%:	3,12
Solubilidad en agua a 20 °C	21,95 g/100 ml
Conductividad eléctrica (1:1000)	1,09 ds/m

Nombre comercial Irricol Flores y Frutos 5-10-43, registró ICA 5540

Tipo de formulación: Cristales solubles; categoría toxicológica: No aplica,

Presentación: 1 – 25 kg

La preparación de la solución se realizó de acuerdo al ciclo fenológico del cultivo de fresa y a su estado de desarrollo, con sales solubles comerciales, según lo planteado por Aguilar, (2011) con base en la demanda nutrimental de la variedad Albión sembrada bajo un sistema de cultivo sin suelo (Tabla 4). Antes de la aplicación de cada solución, se midió, con ayuda de un multiparamétrico, la conductividad, pH y temperatura.

Tabla 4**Absorción de nutrimentos fresa variedad Albión**

	(g.planta ⁻¹)	(g.planta ⁻¹)	(g.planta ⁻¹)	(g.planta ⁻¹)	(mg.planta ⁻¹)
	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Boro
30 dds	0,15	0,03	0,3	0,1	2
60 dds	0,2	0,05	0,4	0,15	4
90 dds	0,18	0,04	0,3	0,1	3
120 dds	0,3	0,09	0,5	0,13	5
150 dds	0,6	0,3	1,6	0,45	20

dds Días después de la siembra

De igual forma, la fertilización en suelo se realizó de acuerdo al análisis de suelos y requerimientos (Tabla 5) del cultivo recomendados por Castro *et al.*, (1992)

Tabla 5**Absorción de nutrimentos en suelo fresa variedad Albión**

	mg/planta	mg/planta	mg/planta
	Nitrógeno	Fosforo	Potasio
Semana 1	14,93	4	32,23
Semana 8	115,7	11,44	103,71
Semana 18	745,03	94,32	789,51
Semana 28	1037,72	144,63	1004,08

El sistema que se utilizó en este ensayo, fue un sistema hidropónico que se conoce como abierto, es decir, cuando la solución drenada no se reutiliza y se permite la infiltración en el sitio o se conduce fuera (Tüzel *et al.*, 2009; Van-Os, 2009; Massa *et al.*, 2010).

2.11 Manejo agronómico

Se realizó un manejo integrado de enfermedades y plagas de acuerdo a las necesidades del cultivo, teniendo en cuenta las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA); así mismo se realizaron labores culturales de poda de hojas cuando se encontraron con sintomatología patológica o flácidas y la poda de flores, se realizó cuando de un mismo pedúnculo se desprendían dos flores; para mejorar la vigorosidad del fruto, de acuerdo al ciclo del cultivo; esto permitió obtener una

mejor sanidad, eliminar material sobrante, aumentar el vigor de la planta y el tamaño de los frutos.

2.11.1 Podas

Basado en los criterios de Angulo, (2009) las podas que se realizaron al cultivo de fresa fueron:

Podas de formación. Se eliminaron las primeras flores (desflora), con la finalidad de darle más vigor a la planta, lo cual estimula la formación de nuevas raíces que van a incidir en la producción.

Poda de producción. Se eliminaron los brotes productivos que ya dieron frutos, para que den paso a los nuevos brotes vegetativos y reproductivos que a su vez estimulan las nuevas inflorescencias y estolones secundarios.

Poda de mantenimiento. Se eliminaron las hojas secas, lo que permitió un aumento en la aireación y disminuyó los problemas de hongos que se ocasionan por alta humedad relativa y se estimuló la formación de nuevas inflorescencias y por supuesto nuevos frutos.

2.12 Variables evaluadas

2.12.1 Variables de crecimiento

Números de hojas a primera poda de hoja (NH): Se realizó el conteo de hojas, previo a la poda en el sexto, séptimo y octavo mes después del trasplante a sitio definitivo. En los 6 tratamientos, se evaluó un total de 5 plantas por cada repetición.

Números de flores a primera poda de flores (NF): Se realizó el conteo de flores previo a la poda de estas en el sexto, séptimo y octavo mes después del trasplante a sitio definitivo. En los 6 tratamientos, se evaluó un total de 5 plantas por cada repetición.

Números de frutos a primera poda de frutos (NFR): Se realizó un conteo de frutos, previo a la poda de frutos en el sexto, séptimo y octavo mes después del trasplante a sitio definitivo. En los 6 tratamientos, se evaluó un total de 5 plantas por cada repetición.

Número de frutos por planta (NFP): Se contabilizó el número total de frutos en estado 5 y 6 de maduración (Norma Técnica Colombiana 4103, 1997) en el sexto, séptimo y octavo mes después del trasplante a sitio definitivo. En los 6 tratamientos, se evaluó un total de 5 plantas por cada repetición.

2.12.2 Variables relacionadas con el fruto

En laboratorio se realizaron las siguientes evaluaciones, con base en cinco plantas por repetición:

Peso de fruto (PF): Se realizó con una balanza analítica; se registró el peso en gramos de los frutos en estado 5 y 6 de maduración (Norma Técnica Colombiana 4103, 1997) en el sexto, séptimo y octavo mes después del trasplante a sitio definitivo.

Diámetro del fruto (DF): Con ayuda de un pie de rey, se midió el diámetro mayor (cercano al cáliz) de los frutos en estado 5 y 6 de maduración (Norma Técnica Colombiana 4103, 1997) en el sexto, séptimo y octavo mes después del trasplante a sitio definitivo.

Longitud del fruto (LF): Se midió la longitud con ayuda de un pie de rey desde la base hasta el ápice de los frutos en estado 5 y 6 de maduración (Norma Técnica Colombiana 4103, 1997) en el sexto, séptimo y octavo mes después del trasplante a sitio definitivo,

Contenido de sólidos solubles (SST) o °Brix: Se utilizó un refractómetro (ref: HANNA HI 96801) para medir el contenido de sólidos solubles totales o ° Brix del jugo extraído de los frutos estados 5 y 6 de maduración (Norma Técnica Colombiana 4103, 1997) en el sexto, séptimo y octavo mes después de del trasplante a sitio definitivo.

Acidez titulable (AT) Se midió la acidez titulable del jugo extraído de los frutos en estado 5 y 6 de maduración, mediante titulación con una disolución alcalina (NaOH 0,1N), hasta el viraje de un indicador de pH (Fenofaleína), (Norma Técnica Colombiana 4103, 1997) en el sexto, séptimo y octavo mes después del trasplante a sitio definitivo.

pH: Se midió el pH a temperatura ambiente con un potenciómetro a 10 mililitros del jugo de fresa obtenido de los frutos estados 5 y 6 de maduración (Norma Técnica Colombiana 4103, 1997) sexto, séptimo y octavo mes después del trasplante a sitio definitivo.

Índice de madurez (IM): Se obtuvo de la relación entre el valor mínimo de sólidos solubles totales y valor máximo de acidez titulable. (Norma Técnica Colombiana 4103, 1997).

Teniendo en cuenta que la fresa inicia su madurez desde el ápice hacia la base, se realizó la cosecha de los frutos en el estado 5 y 6 que se describen de acuerdo a la carta de color NTC 4103, (1997) color 5: La intensidad del color rojo aumenta y empieza a cubrir la región cercana al cáliz (color 6); el color rojo es intenso y cubre toda la fruta.

Firmeza: Se determinó a través del uso de un penetrómetro, la resistencia de $\text{Kgf} \cdot \text{cm}^2$ en el área media a los frutos en estados 5 y 6 de maduración (Norma Técnica Colombiana 4103, 1997) en el sexto, séptimo y octavo mes después de la siembra; en los 6 tratamientos, se tomaron los frutos de las 5 plantas por cada repetición.

2.12.3 Rendimiento

Se calculó, teniendo en cuenta el peso de los frutos frescos del total de las plantas de cada tratamiento y por cada repetición, se proyectaron los resultados del rendimiento/ planta para los diferentes tratamientos.

2.12.4 Análisis estadístico

Se realizó un Análisis de Varianza y las Comparaciones de Promedios mediante una prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 0,95.

2.13 Determinación de las propiedades físicas de los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y sus mezclas (PF)

Se tomaron dos muestras de cada sustrato, una previa a la instalación del cultivo (etapa 1) y la otra al final del ciclo del cultivo (etapa 2), a las cuales se les determinó en el laboratorio, los valores de densidad aparente (d_a), densidad real (d_r), granulometría ($gran$) y humedad (h), según la metodología utilizada por Flórez *et al.*, (2006).

2.13.1 Densidad real

Se determinó mediante el método del picnómetro, se pesaron 0,5 gramos de 100% fibra de coco, 100% cascarilla de arroz y sus mezclas 70% fibra de coco y 30% cascarilla de arroz, 50% fibra de coco y 50% cascarilla de arroz, 30% fibra de coco, 70% cascarilla de arroz y un testigo en suelo con cobertura plástica. Se utilizaron 6 picnómetros lavados y secos en un horno, con sus respectivas tapas bien marcados, después se pesó cada picnómetro vacío, posteriormente se pesó cada picnómetro con 0,5gr de cada muestra de sustrato, se agregó agua y se pesó nuevamente, después se calentó en una estufa hasta el punto de ebullición durante tres minutos, se retiró y dejó enfriar el picnómetro y se pesó nuevamente.

Para calcular la Densidad real se utilizó la siguiente fórmula empleada por Carreño y Unigarro, (2005).

$$D_r = D_w(W_s - W_a) / W_w + W_s - W_a - W_{sw}$$

Donde:

D_r = Densidad Real

D_w = Densidad del agua

$W_s = \text{Picnómetro} + \text{sustrato}$

$W_a = \text{Picnómetro seco y vacío}$

$W_w = \text{Picnómetro} + \text{agua}$

$W_{sw} = \text{Picnómetro} + \text{sustrato} + \text{agua}$

2.13.2 Densidad aparente

Se determinó mediante el método volumétrico (Flórez *et al.*, 2006). Se tomó un beacker con un volumen determinado, se pesó el beacker vacío, luego se colocó cada sustrato 100% fibra de coco, 100% cascarilla de arroz y sus mezclas 70% fibra de coco y 30% cascarilla de arroz, 50% fibra de coco y 50% cascarilla de arroz, 30% fibra de coco, 70% cascarilla de arroz y un testigo tradicional en suelo, hasta un volumen conocido y se pesó el beacker mas el sustrato.

Se calculó la Densidad Aparente (D) mediante la siguiente formula $D = \text{masa} / \text{volumen}$.

Se ha determinado la porosidad de acuerdo a la fórmula utilizada por Hang, (2014)

$P = 100 * (1 - (D_a / D_r))$ Donde:

P= Porosidad

D_a = Densidad aparente

D_r = Densidad real

2.13.3 Granulometría

Se tomaron 20 gramos de 100% fibra de coco, 100% cascarilla de arroz y sus mezclas, 70% fibra de coco y 30% cascarilla de arroz, 50% fibra de coco y 50% cascarilla de arroz, 30% fibra de coco 70% cascarilla de arroz y un testigo tradicional en suelo con cobertura plástica, utilizando un tamizador Yoder mecánico con tamices de 2mm, 1mm, 0,5mm, 0,2mm y <0,25mm. Se encendió el tamizador durante 5 minutos. Después de este tiempo se procedió a pesar en una balanza analítica, los sustratos encontrados en cada tamiz y se colocó los resultados obtenidos en términos de porcentaje. (Flórez *et al.*, 2006)

2.13.4 Retención de humedad

Se realizó una saturación de cada una de las mezclas y los sustratos individuales fibra de coco, cascarilla de arroz y suelo, se midió su peso inicial, después se colocó en el horno a 105°C y se tomó el peso seco a 48 horas. (Gardner *et al.*, 1986).

2.14 Determinación de las propiedades químicas, pH y conductividad eléctrica, de los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y sus mezclas (PQ)

Se tomaron dos muestras de cada sustrato, una previa a la instalación del cultivo etapa 1 y la otra al final del ciclo del cultivo etapa 2, a las cuales se les determinó el valor de pH y conductividad eléctrica (CE) en el laboratorio según lo planteado por Camberato *et al.*, (2000). Este método tiene la ventaja de ser muy preciso, para muestrear se siguieron los siguientes pasos:

Se obtuvo de 200 a 300 mililitros de muestra de cada sustrato y suelo de la zona radicular, se colocó la muestra en un contenedor de 500 mililitros, se adicionó agua destilada al nivel que la muestra este saturada, sin agua estancada en la superficie, luego se dejó equilibrar la muestra por 30 minutos, se vertió la mezcla en un embudo limpio cubierto con papel filtro para evitar que el sustrato caiga en la solución colectada, se dejó filtrar y finalmente se midió el pH y la conductividad eléctrica del lixiviado con ayuda de un multiparametrico

2.15 Análisis Económico

Se realizó un Análisis Parcial de Costos. Para la realización del análisis económico del rendimiento obtenido, se tuvo en cuenta el precio de venta de la fresa para la época de cosecha por kilo y los costos de producción para 9.000 plantas (Perrin *et al.*, 1976).

3. RESULTADOS Y DISCUSION VARIABLES DE CRECIMIENTO

3.1 Variables de crecimiento

A continuación se presenta el Análisis de Varianza (Tabla 6), correspondiente a las variables número de hojas, número de flores, número de frutos, peso de fruto, diámetro de fruto y longitud de fruto, correspondientes a los promedios de los datos de la primera, segunda y tercera lectura, no fue significativo para las variables número de hojas, número de flores, número de frutos.

Tabla 6

Análisis de varianza de las variables número de hojas (NH), número de flores(NF), número de frutos(NFR)

FV	NH	NF	NFR
SUSTRATO	4,09ns	0,34ns	3,74ns
BLOQUE	4,02	0,19	0,62
ERROR	3,75	0,43	1,37
CV	16,27	35,42	31,54

NS No significativo

Número de hojas (NH), número de flores (NF) y número de frutos (NFR): El Análisis de Varianza (Tabla 6), no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos para las variables número de hojas, número de flores y número de frutos, demostrando que estas variables son poco influenciadas por el tipo de sustrato utilizado en la variedad Albión; sin embargo, Pérez *et al.*, (2013). encontraron que en la variedad Camarosa, los sustratos si influyeron en el crecimiento de las plantas cuando se desarrollaron en sustratos compuestos de cosmopost, arena y cascarilla de arroz, en proporción 1:2:2 V/V; el mayor crecimiento vegetativo, lo encontraron con una mezcla de sustratos fibra de coco, arena y cascarilla de arroz en proporciones 2:2:1 V/V, con una respuesta favorable al realizar mezclas de fibra de coco con vermicompost, que favorecieron el crecimiento vegetativo y una mayor producción de los frutos.

Así mismo, Shokaeva, (2007) afirma que el rendimiento esta correlacionado con el número de inflorescencias por planta. Las plantas que producen muchos racimos por corona. Incluso, si el primer fruto es de tamaño grande, los demás pueden ser pequeños (Strik y Proctor, 1998).

Verheul *et al.*, (2006) aseguran que el número de inflorescencias por planta está influenciado principalmente por la edad de la planta, mientras que la inducción de la floración está determinada principalmente por el fotoperiodo y la temperatura; el número de inflorescencias puede aumentar indirectamente como una respuesta al manejo nutricional, puesto que se aumenta el número de coronas y por lo tanto el número de inflorescencias, también tiene relación con la sanidad de las plantas, con algunos elementos como el fosforo, potasio, otros microelementos y la variedad

Con respecto al número de hojas, Gonzales y Ferrucho, (2013) afirman que a los 100 días después del trasplante, la variedad Albión produce un número aproximado de 12 a 15 hojas por planta y 5 flores por planta; aunque no hubo diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos para la variable número de hojas, en el presente trabajo se obtuvieron en promedio 12 hojas por planta, es decir, un buen número de hojas, lo que posiblemente pudo aumentar su tasa fotosintética, acumulando más fotosintatos y distribuyéndolos hacia diferentes órganos entre ellos los reproductivos, lo que posiblemente explica el alto rendimiento que se presentó en las plantas (Taiz y Zeiger, 2006).

Tabla 7

Análisis de varianza de las variables peso de fruto (PF), diámetro de fruto(DF) y longitud de fruto(LF)

FV	PF	DF	LF
SUSTRATO	32,16*	0,19*	0,15*
BLOQUE	106,7	0,66	0,46
ERROR	7,94	0,048	0,03
CV	10,86	5,01	4,92

* **Significativo**

Peso de fruto (PF): El Análisis de Varianza (Tabla 7), mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para las variables peso de fruto, diámetro de fruto y longitud

de fruto, la Prueba de Comparación de Promedios de Medias (Tabla 8) mostró el tratamiento T6 (suelo) con un peso de fruto de 30.82 g como el mejor tratamiento y con diferencias estadísticas al compararse con T4 (22.51 g) y T1 (24.13 g); no se determinaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los promedios de peso de fruto obtenidos en todos los tratamientos, indican que son frutos de buena calidad ya que según Pérez y Sanz, (2008) en fresa Camarosa, los frutos con un peso entre los 18 y 25 gramos se consideran como frutos de tamaño aceptable a nivel comercial.

Tabla 8

Prueba de Comparación de Promedios de Tukey para las variables Peso de Fruto (PF), Diámetro de Fruto(DF) y Longitud de Fruto(LF), evaluados en los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y suelo en un cultivo de fresa (*Fragaria ananassa Duch*) bajo un sistema hidropónico

TRAT	DESCRIPCION	PF (g)	DF (cm)	LF (cm)
T1	100C	24,130 b	4,2400 b	3,8100 ab
T2	70C30F	25,103 ab	4,3775 ab	4,0125 ab
T3	50C50F	26,458 ab	4,4050 ab	4,1150 ab
T4	30C70F	22,513 b	4,2025 b	3,7975 ab
T5	100F	26,573 ab	4,3050 b	3,7275 b
T6	SUELO	30,820 a	4,8125 a	4,2200 a
	DMS	6,4756	0,5058	0,447

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

C; Cascarilla de arroz, F; Fibra de Coco

De acuerdo al peso del fruto, el tratamiento T4, mostró valores inferiores con respecto al T6; Este comportamiento puede explicarse en el valor final de C.E alcanzado en este tratamiento es de $2834 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, ya que según por D'Anna *et al.*, (2003), el peso del fruto es afectado por C.E superiores a $2500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ reduciendo su tamaño y peso.

Diámetro de fruto (DF): La Prueba de Comparación de Medias (Tabla 8) mostró que el diámetro es un indicador importante de la calidad de la fruta; los tratamientos T6 (suelo), T3 (50C50F) y T2 (70C30F) con diámetro de fruto de 4.8 cm, 4.4 cm y 4.3 cm respectivamente, fueron los que obtuvieron el mayor diametro frutos sin diferencias estadísticas significativas.

El T6 (suelo) mostró diferencias significativas cuando se comparó con los tratamientos T4 (30C70F), T1(100C) y T5 (100F) que muestran diámetro de fruto de 4.20 cm, 4,24 cm y 4.30 cm respectivamente.

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4103, (1997), (tabla 9), que muestra la calificación según el diámetro y peso del fruto de fresa Chandler los valores obtenidos en el trabajo se pueden catalogar como frutos de calibre A, con diámetros de fruto mayores a 3.4 cm y un peso promedio de 21.8 g.

Tabla 9

Calibres de la fresa variedad Chandler

DIAMETRO (cm)	CALIBRE	PESO PROMEDIO (g)
> 3.4	A	21.8
3.3-3.0	B	16.1
2.9-2.5	C	11.7
2.4-2.1	D	8.0
<2.0	E	5.3

Fuente NTC 4103 de 1997

Longitud de fruto (LF): La Prueba de Comparación de Medias (Tabla 8), mostró que el T6 (suelo) con un valor de 4.22 cm tuvo diferencias significativas con respecto al T5 (100F) con un valor de 3.72 cm, los tratamientos T1 (100C), T2 (70C30F) , T3 (50C50F) y T4(30C70F) con valores promedios de 3.81 cm, 4.01 cm, 4.11 cm y 3.79 cm respectivamente, son iguales a los tratamientos T5 (100F) y T6 (suelo), con un valor de 3.72 cm y 4.22 cm respectivamente,

En el presente estudio, el peso, longitud y diámetro de los frutos cultivados en los sustratos, posiblemente se vieron influenciados por el contenido de sales de los mismos, como lo afirman Casierra-Posada y Garcia, (2006) quienes aseguran, que el diámetro longitudinal y ecuatorial de los frutos de las plantas de fresa, se redujo al ser sometidas a salinidad por NaCl y que las plantas tratadas con concentraciones elevadas de la sal, produjeron frutos de menor diámetro. Al respecto, se encontraron diferencias altamente significativas para las variables, diámetro longitudinal y diámetro transversal de frutos con respecto a los factores concentración de NaCl en el sustrato y cultivar.

Trabajos similares, donde se evaluó longitud de fruto en suelo en tres láminas de riego alta, media y baja no se presentaron diferencias estadísticas para esta variable en un cultivo de fresa bajo cobertura plástica plateada según lo reportado por Chaves y Lasso, (2012).

Igualmente, Delgado (2014) mostró que en fresa variedad Camino Real, en suelo, no tuvo diferencias significativas para las variables diámetro de fruto y longitud de fruto, al ser evaluado el efecto de las líneas de riego y aplicación de silicio en el cultivo.

3.2 Variables relacionadas con el fruto

A continuación, se presentan los resultados de las evaluaciones de las variables relacionada con el fruto, el análisis de varianza mostró que es altamente significativo para las variables Grados Brix, Firmeza, Acidez Titulable, pH, Índice de Madurez y Rendimiento, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10

Análisis de Varianza de las variables Grados Brix (BX), Firmeza(F), Acidez Titulable (AT), pH, Índice de Madurez(IM) y Rendimiento(RENT)

FV	BX	F	AT	PH	IM	RENT
SUSTRATO	2,75**	1,52**	0,073**	0,038**	2,5**	1049133,14**
BLOQUE	0,25	0,7	0,0001	0,005	0,23	262966,48
ERROR	0,46	0,21	0,0033	0,003	0,36	64126,31
CV	8,12	13,56	4,37	1,45	9,18	18,33

**** Altamente significativo**

Tabla 11

Prueba de Comparación de Promedios de Tukey para las variables Grados Brix (BX), Firmeza(F), Acidez Titulable(AT), pH, Índice de Madurez(IM) y Rendimiento(RENT), evaluados en los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y suelo en un cultivo de fresa (*Fragaria ananassa Duch*) bajo un sistema hidropónico

TRAT	DESCR	BX (°Bx)	F(Kgf.cm ²)	AT(%Acid o cítrico)	pH	IM	RENT(g /planta)
T1	100C	9,5125 a	3,4225 a	1,29250 bc	4,03750 ab	7,5700 a	1215,0 b
T2	70C30F	9,0975 ab	3,5325 a	1,51500 a	4,13000 a	6,3725 abc	1171,3 b
T3	50C50F	7,2650 c	3,5300 a	1,36500 b	4,05750 a	5,4175 c	1353,8 b
T4	30C70F	8,2100 abc	3,9900 a	1,21750 cd	4,11000 a	7,1500 ab	983,8 b
T5	100F	8,2625 abc	3,9250 a	1,39750 ab	3,89750 c	6,0350 bc	1166, 5 b
T6	SUELO	7,7800 bc	2,2775 b	1,13500 d	3,91500 bc	6,9475 ab	2398,5 a
	DMS	1,559	1,0736	0,1326	0,1346	1,3895	581,77

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$), C; Cascarilla de arroz, F; Fibra de Coco

Grados Brix o Sólidos Solubles Totales (BX): Según el Análisis de Varianza (Tabla 10) se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos para la variable Grados Brix. La Prueba de Comparación de Promedios de Tukey (Tabla 11), mostro que el tratamiento T1 (100C) con un valor de 9.51°Bx, obtuvo un valor superior con respecto a los tratamientos T3 Y T6, lo cual indica, que las propiedades físicas y químicas de la cascarilla de arroz, son favorables para el desarrollo radicular, crecimiento y calidad de fruto (Rodríguez-Delfín *et al.*, 2010).

Valores inferiores, fueron obtenidos por el T6 (suelo) y T3 (50C50F) con valores de 7.78 y 7.26°Bx, respectivamente. El tratamiento T2 (70C30F) presentó diferencias significativas con respecto al tratamiento T3 (50C50F).

Los tratamientos T2 (70C30F), T4 (30C70F), T5(100F) y T6(suelo) con valores de 9.09, 8.21, 8.26 y 7.78°Bx, son similares, del mismo modo el tratamiento T3(50C50F) con un valor de 7.26°Bx es similar a los tratamientos T4(30C70F), T5 (100F) y T6(suelo) con valores de 8.21, 8.26 y 7.78°Bx, respectivamente.

La Norma Técnica Colombiana NTC 4103, (1997) determinó las cantidades de los Sólidos Solubles Totales en fresa variedad Chandler, con valores mínimos inferiores a los encontrados en el presente trabajo, a excepción de los encontrados en el T3 con 7.26 en el grado de maduración 5 y 6, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Contenido de Sólidos Solubles Totales, expresado como Grados Brix (°Bx) de acuerdo con la tabla de color

Color	0	1	2	3	4	5	6
°Brix mínimo	6.0	6.3	6.5	6.8	6.9	7.4	7.9
°Brix máximo	6.5	6.8	7.1	7.3	7.5	8.1	8.5

Fuente NTC 4103, 1997

Así mismo, los valores de °Brix obtenidos en el presente trabajo, son superiores a los obtenidos por González y Ferrucho, (2013) que reportaron los °brix obtenidos a campo abierto por la variedad Albión y Monterrey a los 244 días después del trasplante, los cuales fueron de 6.7 °Brix.

Con la variedad Albión, los mayores valores obtenidos fueron, 9.51 y 9.09 °Brix en los sustratos con alto contenido de cascarilla de arroz y 8.26 y 8.21 °Brix, para los frutos que se cultivaron en sustratos con alto contenido de fibra de coco, lo cual es comparable con lo reportado por Rivera y Tong, (1998) con relación al contenido de Grados Brix de la fresa variedad Camarosa, que presentó un valor de 9,6 °Brix en comparación con Chandler con 9.0 °Brix. Por otro lado, Martínez *et al.*, (2010) comparó ocho variedades de fresa cultivadas en suelo, donde se obtuvo 10.92 °Brix, para la variedad Albión. En otros estudios al utilizar ácido giberélico, el máximo contenido de sólidos solubles totales, alcanzó 8,79 y 7,53 °Brix en diferentes años, valores que se encuentran dentro del rango adecuado para la fresa, ya que valores superiores no afectarían el dulzor durante la maduración (Rooudellac y Trajikovski, 2004; Pérez y Sanz, 2008). Similares valores de sólidos solubles totales, fueron encontrados por Moccia *et al.*, (2007) en una caracterización al momento de la cosecha del cultivar Camarosa sin ningún tratamiento. Por otro lado (Ozguven y Yilmaz, 2002) encontraron valores similares al aplicar de 10 a 20 mg.L⁻¹ de ácido giberélico. Es importante tener en cuenta que, Albion registra

1° Brix más respecto a otros cultivares de día neutro (Ornelas *et al.*, 2013; Samykanno *et al.*, 2013).

Según Perez *et al.*, (2013) los diferentes sustratos afectan el comportamiento de las variables físicas y químicas de calidad de los frutos, pero sin una tendencia bien definida, contrario a lo reportado por Martínez–Bolaños *et al.*, (2008) quien señalaba que no existieron diferencias estadísticas en las concentraciones de SST, entre diferentes cultivares en distintos periodos de muestreo.

Posiblemente, la fertirrigación en los diferentes sustratos, permitió que la planta tome los nutrientes de forma óptima, ya que las concentraciones y relaciones son las adecuadas para evitar fenómenos negativos, como efecto osmótico y antagonismos, que perturban la absorción de nutrientes de la planta (Cadahia, 2005), así, los fertilizantes se asimilan mejor y los frutos son de mejor sabor y calidad.

Los frutos producidos en sustratos con altos contenidos de cascarilla de arroz y alto contenido de fibra de coco, presentaron mejor contenido de grados Brix, lo cual puede traducirse en una mayor calidad de la fruta y un mayor dulzor, al contener una mayor cantidad de compuestos como fructosa, glucosa y sacarosa, ya que según Alavoine y Crochon, (1989) y Montero *et al.*, (1996) el mayor contenido de SST en frutos, les confiere una mayor calidad. Así mismo, Perkins, (1995) menciona que los azúcares son los principales compuestos solubles en los frutos de fresa, de los cuales, fructosa, glucosa y sacarosa son los que se encuentran en mayor cantidad y determinan los grados Brix (Hidekazu, 2002; Hamano *et al.*, 2002; Wrolstad y Shallenberger, 1981). El contenido de SST en los frutos varía según el cultivar (Hamano *et al.*, 2002; Hancock, 1999) y la época de cosecha (Anagnostou y Vasilakakis, 1995; Çadlar y Paydas, 2002; Hakala *et al.*, 2002).

En los tratamientos en suelo y el tratamiento 50% C 50% F, es probable que haya ocurrido una disminución en el contenido de azúcares, por una mayor competencia en la distribución de los fotoasimilados, lo cual puede explicar la disminución en los grados Brix para los tratamientos 50% C50%F y suelo, Por lo anterior, es posible que al tener un número superior de flores e

inflorescencias y un mayor potencial de formación de frutos, tuvo que distribuir sus fotoasimilados entre la mayor cantidad de estructuras florales que desarrolló (Taiz y Zeiger, 2006).

Con el incremento del interés por la producción de fresas en sistemas hidropónicos, se ha investigado el efecto de la salinidad por NaCl, con miras a lograr un balance en el crecimiento vegetativo y reproductivo y a mejorar la calidad de fruta (Awang *et al.*, 1993; Awang *et al.*, 1993a).

En este cultivo el riego es localizado, lo que incrementa la acumulación de sales en la zona de mojado disminuye la presión osmótica en la rizósfera, con efectos negativos sobre el crecimiento y la producción de las plantas (Casierra-Posada y García, 2005). Como consecuencia de la salinidad en el sustrato, se ha reportado un incremento en el contenido de sólidos solubles totales (SST) y de la acidez titulable no sólo en fresa sino también en otros frutales como guayaba (Walker *et al.*, 1979), manzana. (El-Siddig y Lüdders, 1994) además en tomates (Mizrahi *et al.*, 1988; Adams, 1991), pimiento dulce (Janse, 1989) y pepino (Chartzoulakis, 1992).

Acidez titulable (AT): Según el Análisis de Varianza, se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos para la variable acidez titulable; según la Prueba de Comparación de Promedios de Tukey (Tabla 11), el tratamiento T2 (70C30F) con un valor de 1.51 % del ácido cítrico, obtuvo diferencias significativas con respecto a los tratamientos T1 (100C), T3 (50C50F), T4 (30C70F) y T6 (suelo) con valores de 1.29, 1.36, 1.21, 1.13 % de ácido cítrico, respectivamente.

El tratamiento T2 (70C30F), no presentó diferencias estadísticas significativas con el tratamiento T5 (100F) con un valor de 1.39 % ácido cítrico.

La Norma Técnica Colombiana NTC 4103, (1997) determina los valores mínimos y máximos del porcentaje de ácido cítrico de acuerdo con la carta de color de fresa variedad Chandler (Tabla 13), la cual muestra que los valores obtenidos por la variedad Albión, en todos los tratamientos, fueran superiores, ya que oscilaron entre 1.13 en T6 y 1.51 en T2

El contenido de acidez afecta el sabor, (Rivera y Tong, 1998); todos los tratamientos tienen un alto porcentaje de ácido cítrico. Para los seis tratamientos, este valor se encuentra por encima de los que se indican en la tabla 13; el valor más bajo se encontró en el tratamiento en suelo con 1.13% que de acuerdo a los resultados obtenidos por Kader, (1991) los frutos con una menor acidez titulable, podrían ser preferidos para el consumo en fresco tanto en el mercado nacional, como para exportación, donde los frutos de todos los cultivares superaran la concentración máxima de acidez titulable de 0.8% (NTC, 1997) recomendada para un sabor aceptable. Los valores más altos los obtuvieron las mezclas de los sustratos en especial 70C30F con 1,5 %, por lo tanto, los frutos que tuvieron la mayor concentración de acidez titulable de acuerdo a Quian *et al.*, (2005), permiten obtener productos procesados de mayor calidad.

Tabla 13

Acidez Titulable expresada como porcentaje de Ácido Cítrico de acuerdo con la tabla de color

Color	0	1	2	3	4	5	6
% de Ácido Cítrico mínimo	0.95	0.91	0.90	0.86	0.83	0.82	0.78
% de Ácido Cítrico máximo	1.07	1.01	0.99	0.96	0.93	0.90	0.89

Fuente NTC 4103, 1997

Esta característica, es dependiente de cada cultivar; estudios similares muestran que el valor de acidez titulable es mayor en la Camarosa con 1,04 que en la Chandler con 0,84, ambas presentan un sabor aceptable y en este caso la acidez es más alta para la variedad Camarosa (Rivera y Tong, 1998).

La acidez pudo variar, debido a que se realizaron tres muestreos al sexto, séptimo y octavo mes, resultados que coinciden con los obtenidos por Martínez–Bolaños *et al.*, (2008) donde se mostró que la acidez titulable, de los cultivares de fresa, puede variar dependiendo de la época del muestreo. Por lo anterior, los resultados pueden posiblemente ser influenciados por la fecha de su cosecha (Hakala *et al.*, 2002).

La calidad de fruta expresada como peso fresco y diámetro de frutos, se ve fuertemente disminuida por el incremento en la conductividad eléctrica, resultante de la salinidad; mientras

que por el contrario, los sólidos solubles totales y la acidez titulable tuvieron un incremento directamente proporcional a la salinidad Casierra–Posada y García, (2006).

Índice de madurez (IM): Según la Prueba de Comparación de Promedios de Tukey (Tabla 11) el tratamiento T1 (100C) presentó el mayor valor de IM (7.57) con diferencias estadísticas significativas con respecto al T3 (50C50F) y T5 (100F) con valores de 5.41 y 6.03, respectivamente. El tratamiento T6 con un valor de 6.94, fue superior estadísticamente al tratamiento T3 (50C50F) con 5.41. El tratamiento T2 (70C30F) con 6.37 no mostro diferencias significativas con respecto a los tratamientos T1(100C), T3 (50C50F), T4(30C70F), T5(100F) y T6(suelo) con valores de 7.57, 5.41, 7.15, 6.03 y 6.94, respectivamente.

La Norma Técnica Colombiana NTC 4103, (1997) determina los valores mínimos y máximos del porcentaje de ácido cítrico de acuerdo con la carta de color de fresa variedad Chandler de acuerdo a la Tabla 14.

Tabla 14

Norma Técnica Colombiana 4103 para el Índice de madurez mínimo de acuerdo con la tabla de color

Color	0	1	2	3	4	5	6
°Bx/ ácido cítrico	5.7	6.2	6.6	7.1	7,4	8.2	8.9

Fuente NTC 4103, 1997

Según Montero *et al.*, (1996) el Índice de Madurez, varía de acuerdo a los cultivares y de acuerdo a los diferentes periodos de evaluación; aseguran que durante los primeros muestreos obtuvieron una mayor relación $SST \cdot AT^{-1}$. Esta característica les confiere a los frutos mayor calidad para su consumo en fresco (Kader, 1991).

Según Montero *et al.* (1996) el Índice de Madurez, es la relación Solidos Solubles Totales sobre Acidez Titulable $SST \cdot AT^{-1}$; en este trabajo el Índice de Madurez de los tratamientos, osciló entre 7.57 el más alto y 5.41 el más bajo.

Se considera una fresa madura, cuando ésta presenta más de 1/2 o las 3/4 partes de la superficie de color rojo, esto va de acuerdo a las normas de calidad que se apliquen. La fresa por lo general, toma 30 días para alcanzar su tamaño completo y su madurez (Cordenunsi *et al.*, 2002), por esto, el Índice de Madurez de la fresa, está basado en el color rojo de la superficie (Mitcham *et al.*, 1998).

Firmeza (F): Según el Análisis de Varianza, se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos para la variable firmeza. La Prueba de Comparación de Promedios de Tukey (Tabla 11), presentó valores estadísticamente superiores en los tratamientos T1(100C), T2(70C30F), T3(50C50F), T4(30C70F), T5(100F) con valores de 3.42, 3.53, 3.53, 3.99 y 3.92 Kgf*cm², respectivamente, con respecto al obtenido en el tratamiento T6(suelo) que presentó una firmeza de 2.27 Kgf*cm².

Los frutos de las plantas que se cultivaron en suelo, alcanzaron los menores valores de firmeza, lo cual incide en la calidad, ya que los frutos blandos son más susceptibles a daños durante la selección, empaque, transporte y distribución; mayor susceptibilidad al ataque de patógenos y menor capacidad de conservación del fruto y su calidad (Maroto y López, 1988; Paraskevopoulou y Vassilakakis, 1995).

La variedad Albión, se caracteriza por su alta calidad de fruto, tanto en tamaño como en sabor, firmeza y es muy productiva y resistente a enfermedades como antracnosis (Avila, 2015)

Los mayores valores de Firmeza en frutos obtenidos en este trabajo a partir de cultivos hidropónicos, coinciden con lo que afirma Buitrago *et al.*, (2004) ya que la firmeza de un fruto favorece la resistencia a daños físicos ocasionados por medios mecánicos durante la recolección, manipulación y transporte, dependiendo también del momento y método de recolección y de la temperatura de almacenamiento; además, la Firmeza, es uno de los principales atributos, por lo que un aspecto muy importante a considerar durante su manejo poscosecha, es la pérdida de su calidad debido a la alteración de su textura (suavizamiento excesivo).

Darle importancia a mejorar las condiciones de Firmeza, según Szczesniak y Smith, (1969) es uno de los aspectos más importantes a considerar durante el manejo poscosecha de la fresa. La pérdida de calidad debido a la alteración de su textura (suavizamiento excesivo), se debe, al adelgazamiento de las paredes celulares y la degradación de las pectinas.

La textura está gobernada por los polisacáridos estructurales (sustancias pécticas). La pérdida de la Firmeza durante la maduración, es el principal factor que determina la calidad de la fresa y la vida útil poscosecha. La compleja relación entre la composición de carbohidratos, la estructura celular y las propiedades físicas del tejido, es muy complicada, debido al incremento celular, el cual continúa durante todo el proceso de la maduración (Montero *et al.*, 1996).

Los frutos del T6 (suelo), son más blandos que los cultivados en hidroponía, son frutos más susceptibles a daños mecánicos e infección de enfermedades, deteriorándose más rápidamente la calidad del fruto lo que, coincide con Fabela *et al.*, (2002) quienes afirman que el daño de un producto hortícola, generalmente da lugar a una infección causada por varios hongos. Como consecuencia del daño, la piel del producto y las capas situadas debajo de la piel se rompen, lo que aumenta la posibilidad de entrada de bacterias al producto. Durante el proceso de daño, se ven promovidas actividades fisiológicas de los tejidos del fruto, lo que conlleva a la posibilidad de alteración de su proceso normal de maduración. Además, las partes dañadas, se ponen en contacto con el aire lo que hace que la velocidad de oxidación del tejido se incremente, al igual que el tejido dañado se oscurezca rápidamente con la presencia de patógenos saprofitos facultativos se presentan enzimas de tipo pectolítico e hidrolítico que contribuye en la descomposición del tejido conduciendo a la pudrición. En el caso de que participen enzimas, se tiene un oscurecimiento enzimático, el cual aparece cuando el tejido dañado está en contacto con el aire, lo que ocurre en el oscurecimiento de manzanas, peras, duraznos, cerezas y fresas. Otro aspecto importante del daño, es que en los tejidos dañados, la respiración se hace más intensa, hay un mayor consumo de oxígeno (Giörgy, 1986) y durante la respiración, los azúcares y otros productos de almacenamiento de las frutas, se consumen y contribuyen a la pérdida del valor alimenticio y de las reservas, consecuentemente la calidad sensorial se ve afectada (Crisosto *et al.*, 1993).

Segun Sczesniak y Smith, 1969) las fresas presentan células grandes y muy separadas unas de otras, lo que hace que sea un tejido muy suave y en consecuencia muy susceptible al daño mecánico, además, la resistencia de las fresas al daño mecánico, está relacionado con la firmeza (Burkhart, 1943). El suavizamiento está relacionado con los cambios que sufre la pared celular de las células del tejido parenquimatoso de la fresa, en particular en uno de sus componentes, las pectinas (Montero *et al.*, 1996). La degradación de los materiales pécticos en la lámina media (capa de material intercelular que mantiene unidas las paredes primarias de las células adyacentes) hace que se pierda fuerza y poder cementante (Perkins 1995).

pH: Según el Análisis de Varianza, se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos para la variable pH, lo cual permite afirmar que las condiciones del cultivo como el tipo de sustratos utilizados, afectan el grado de acidez del fruto de fresa. Los tratamientos T2 (70C30F), T4 (30C70F) y T3 (50C50F) con promedios de 4.13, 4.11 y 4.05, respectivamente, fueron estadísticamente superiores a los tratamientos T5 (100F) y T6(suelo) con valores de 3.89 y 3.91, respectivamente. El tratamiento T1 (100C) con un valor de 4.03, mostró diferencias significativas con respecto al tratamiento T5 (100F) con 3,89 (tabla 11)

En estudios realizados por Pérez *et al.*, (2013) se encontró, que al medir el pH en un cultivo de fresa variedad Camarosa en mezcla fibra de coco, cascarilla de arroz y arena, el pH de los frutos fue 3.60, valor inferior a los encontrados en el presente estudio, donde el valor máximo que se obtuvo en el tratamiento T2 70C30F con 4.13 y el menor fue en el sustrato T5 100F con 3.89.

Los valores obtenidos, coinciden con los reportados por Martínez *et al.*, (2010) para la variedad Albión, con un pH de 4.01, muy próxima a los encontrados en este estudio en el tratamiento T3 que fue de 4.05.

Rendimiento (RENT): Según el Análisis de Varianza se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos (Tabla 11); los rendimientos alcanzados en el suelo (T6) fueron 2398.5 g.pl⁻¹, superando ampliamente, con diferencias estadísticas a todos los demás tratamientos, cuya producción por planta osciló entre 1353.8 g.pl⁻¹ en T3 y 983.8 g.pl en T4 sin diferencias estadísticas entre ellos (Tabla 11), lo cual coincide con la afirmación de Shokaeva,

(2007) cuando expresa que el rendimiento en fresa, como en cualquier otro cultivo, es el resultado acumulativo de varios componentes que influyen directa o indirectamente.

En general, el comportamiento de los datos, concuerda con lo que afirman Chandler *et al.*, (2012) en el sentido de que el incremento de los rendimientos, está asociado con valores inferiores en los °Brix, ya que los menores valores de °Brix y los mayores rendimientos, se obtuvieron en el T6.

El rendimiento de los tratamientos hidropónicos fue inferior a los obtenidos por el tratamiento en suelo. Algunos autores como Savvas *et al.*, (2009) reportaron rendimientos superiores en cultivos como tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pimiento (*Capsicum annuum* L.) o pepino (*Cucumis sativus*) en los que durante varios meses coexisten etapas de crecimiento vegetativo con reproductivo; la fresa es un cultivo de ciclo largo, y es posible que en algún momento del cultivo, haya ocurrido un desbalance en la solución nutritiva, generada por la acumulación de los iones menos consumidos por la planta (SO_4^{2-} , Ca^{2+} y Mg^{2+}), lo que pueden romper el equilibrio de nutrimentos y en la mayoría de las veces incrementa la CE a niveles que afecta el crecimiento y rendimiento (Savvas *et al.*, 2009).

Por lo anterior, durante el ciclo de la fresa se debe tener un balance entre los estados vegetativos y reproductivos, ya que influyen en el crecimiento y la producción. Además de esto, existen factores adicionales que determinan el desarrollo fenológico, los cuales pueden ser genéticos y/o climáticos (Fischer, 2011).

Para Ansonera, (1994) en la implementación de nuevas técnicas de cultivo, se presenta como alternativa, la utilización de los sustratos que aseguren el anclaje de la planta y proporcionen propiedades físicas adecuadas. Además de suministrar aire y agua, el sustrato debe proveer los nutrientes minerales necesarios para que a través de la raíz la planta los tome de la solución nutritiva; el medio de cultivo no es inerte sino que interactúa con la solución nutritiva.

En los sistemas hidropónicos con sustrato, pueden ocurrir problemas como fluctuaciones en temperatura, CE, contenido de humedad y concentración de nutrimentos en la raíz, que pueden

provocar estrés en las plantas (Liang *et al.*, 2006). Entre más largo es el ciclo de cultivo, mayor es la posibilidad de que aparezcan enfermedades en la raíz y desequilibrios en la solución nutritiva, lo que eventualmente puede afectar el rendimiento (Savvas *et al.*, 2009)

La disminución en el rendimiento que presentaron los cultivos hidropónicos en este ensayo, posiblemente se explica por factores tanto internos como externos; dentro de los factores internos, se encuentra la extracción de nutrientes, que a su vez depende del potencial genético de la planta, razón por la cual, es ideal determinar la curva de extracción para cada cultivar, la edad de la planta o estado de desarrollo de la misma. La curva necesariamente debe reflejar los cambios nutricionales dependientes de la fenología de la planta. Con esto se pueden asociar, puntos de máxima absorción con puntos claves de desarrollo como prefloración, floración, fructificación etc. Por otro lado, el rendimiento también puede verse afectado, por los factores externos, aquellos relacionados con el ambiente donde se desarrolla la planta como la temperatura, humedad y brillo solar (Sancho, 2010)

En el presente ensayo, no se utilizó ningún tipo de cubierta o protección externa (invernadero) para ninguno de los tratamientos tanto en sistema hidropónico como en suelo, esto con el fin de brindar iguales condiciones para los seis tratamientos; es posible que las condiciones meteorológicas como el exceso de lluvia y viento afectaron con más intensidad a las fresas hidropónicas, causando mayor reducción de los rendimientos, por lo que, se recomienda implementar un sistema hidropónico con cubierta y así realizar una agricultura protegida, con altos rendimientos y calidad, mayores niveles de sanidad e inocuidad de los productos obtenidos, seguridad en la producción con cierta independencia del clima, acceso a mejores mercados y potencial de alta rentabilidad económica.

Las cubiertas en sistemas hidropónicos, posiblemente logren mayor eficiencia, control del riego y nutrición mineral, ausencia inicial de plagas, enfermedades y malezas, facilidad de esterilización de los sustratos, posibilidad de utilizar aguas duras o con mayor salinidad, mayor rendimiento, calidad, sanidad e inocuidad, entre otras (Cánovas y Magán, 2003; Alarcón, 2006; Raviv y Lieth, 2008). Las cubiertas disminuyen la incidencia de enfermedades causadas por

microorganismos, como por ejemplo *Botrytis cinerea* en un 20 % menos que en campo abierto (Flórez y Mora, 2010; Kumar *et al.*, 2011)

El potencial productivo de la fresa variedad Albión es de 1077.08 g.planta⁻¹ en un periodo de 10 meses, (Avila, 2015) valor inferior al obtenido en el presente trabajo en 8 meses de cultivo; solo el tratamiento T4 (30C70F) con un valor de 983.9 g.planta⁻¹ obtuvo un valor por debajo de 1077.08 g.planta⁻¹.

Según Avila, (2015) 1077.08 gr.planta⁻¹ representan 53.85t.ha⁻¹, valores superiores se obtuvo en el tratamiento T3 50%F 50%C con 1353.08 gr.planta⁻¹ con un rendimiento equivalente en sistema hidropónico de 270.6 t .ha⁻¹, valores superiores al mostrado por Chávez y Lasso, (2012) en fresa cultivada en suelo con cobertura plástica negra y lámina de agua alta de 31.46 t .ha⁻¹; de igual manera, si la fresa con 1353.08 gr.planta⁻¹ fuera cultivada en suelo el rendimiento sería 67.65 t.ha⁻¹, que continúa siendo superior al obtenido por Chávez y Lasso, (2012)

Otros estudios realizados por Miserdio, (2010) afirma que los mejores rendimientos de fruta comercial rondan los 400 g por planta en sistema bajo túneles, mientras que a campo los mejores rendimientos comerciales rondan los 300 g por planta, valores ampliamente superados tanto en hidroponía como en suelo a campo abierto, en el presente estudio.

De igual manera, estudios realizados por Rodríguez-Delfín *et al*, (2010) en sistema por columna, mostraron mayores rendimientos en plantas cultivadas con cascarilla de arroz 100% (496.73 g planta⁻¹) y, los menores rendimientos, en las plantas cultivadas con la mezcla cascarilla y arena gruesa (300.95 g planta⁻¹) en 8 meses.

De igual manera, El-Behairy *et al.*, (2001) estudiaron el efecto de 3 cultivares de fresa cultivados en sistema NFT y en sustrato de urea formaldehído. El cultivar Chandler dió el mayor número de frutos totales y peso fresco, con un rendimiento de 624.6 g planta⁻¹ y 528.4 g planta⁻¹ en las plantas cultivadas en urea formaldehído y en sistema NFT, respectivamente;

Según los resultados obtenidos por Rodríguez-Delfín *et al.*, (2010), el mayor rendimiento potencial de fresa, se explicaría por las mejores características físico químicas de la cascarilla de arroz 100% con respecto a los otros sustratos evaluados, principalmente por presentar mayor porcentaje de espacio poroso total (94.58-95.34%), condición que habría favorecido un mejor crecimiento y desarrollo radicular, reflejado en una mayor densidad radicular de 2.51 g.cm³ versus una densidad radicular en las plantas cultivadas con la mezcla cascarilla de arroz y arena 1.05 g.cm³.

El mayor rendimiento y calidad de fruto (diámetro y longitud) de fresa obtenida con cascarilla de arroz 100%, coinciden con las propiedades físicas químicas favorables que ofrece este sustrato para el crecimiento y desarrollo radicular. El cultivo de fresa bajo sistema de columna, puede ser una buena alternativa con respecto a la forma tradicional de cultivo en suelo (Rodríguez-Delfín *et al.*, 2010).

Ferrucho y Ruiz, (2013) afirman que durante las primeras 16 semanas el rendimiento total fue de 380 gr.planta⁻¹ en fresa Albión en suelo, aunque en la semana 15 el rendimiento descendió bruscamente por efecto de la lluvias registradas en ese momento.

El estrés por salinidad, afecta la producción comercial de cultivos hortícolas desarrollados en condiciones hidropónicas (Sonneveld *et al.*, 1999). Los efectos nocivos de la salinidad se asocian al déficit de agua, al desbalance iónico, al comportamiento de los estomas, a la eficiencia fotosintética y a la distribución y asimilación del carbono (Greenway y Munns 1980; Bohnert *et al.*, 1995), situación que se evidencia en el presente trabajo, en la evaluación final de los sustratos, donde se incrementa la conductividad eléctrica y posiblemente sea responsable de disminuir paulatinamente el rendimiento de los tratamientos hidropónicos en comparación con el cultivo en suelo.

El efecto inicial de la salinidad, especialmente a concentraciones de sal moderadas, se debe al efecto osmótico (Munns y Termaat 1986; Jacoby 1994). Por las concentraciones específicas de iones, se pueden modificar los tejidos vegetales como consecuencia del estrés por sales, lo que resulta en desbalances por exceso o por deficiencia de iones (Bernstein *et al.*, 1974). Además, la salinidad causa muchos problemas para el crecimiento y desarrollo del vegetal, especialmente

para plantas glicófitas, mediante la inducción de mal funcionamiento de procesos fisiológicos (Shannon *et al.*, 1994).

De igual manera, el contenido de clorofilas, bajo condiciones de estrés salino, se puede afectar por deficiencia de magnesio (Ali-Dinar *et al.*, 1999), resultante del exceso en la toma de Na⁺, cuya concentración incrementa la relación Na/Mg en las hojas (Casierra-Posada *et al.*, 2000).

3.3 Variables propiedades físicas y químicas de los sustratos al inicio y final del trabajo

Uno de los problemas que se han encontrado para realizar un apropiado uso y manejo de los sustratos en el país, es el poco conocimiento de sus propiedades hidrofísicas (Gonzales- Murillo *et al.*, 2005). En este trabajo se pretende resaltar la importancia de la medición de las propiedades físico químicas de los sustratos, tanto al inicio como al final del cultivo, para mejorar la producción de cultivos hortícolas.

A continuación, se presentan los resultados de las evaluaciones de las propiedades físicas densidad aparente, densidad real, humedad gravimétrica y propiedades químicas, pH y conductividad eléctrica como se muestra en las tablas 15, 16, 17 y 18.

Tabla 15

Propiedades físico químicas de los sustratos etapa inicial y etapa final densidad aparente (DA), densidad real (DR)

TRAT	DESCRIPCION	DA 1 (g.cm ⁻³)	DA 2 (g.cm ⁻³)	DR 1 (g.cm ⁻³)	DR 2 (g.cm ⁻³)
T1	100C	0,096	0,11	1,69	1,08
T2	70C30F	0,0945	0,13	1,64	1,44
T3	50C50F	0,0895	0,12	1,53	1,13
T4	30C70F	0,1015	0,145	1,94	1,50
T5	100F	0,1355	0,07	1	1,31
T6	SUELO	0,92	0,82	2,33	2,24

Densidad aparente (da): En la etapa inicial, previa a la instalación del cultivo, los tratamientos T1 (100C), T2 (70C30F), T3 (50C50F), T4 (30C70F), T5 (100F) y T6 (suelo) presentaron una densidad aparente de 0.096, 0.094, 0.089, 0.10, 0.13 y 0.92 g.cm⁻³, respectivamente; en la segunda etapa se obtuvo una densidad aparente de 0.11, 0.13, 0.12, 0.14, 0.07 y 0.82g.cm⁻³, respectivamente.

Estudios realizados por Calderón, (2001) reporta en investigaciones realizadas en Colombia, que la densidad aparente en la cascarilla de arroz quemada fue de 0.17g.cm³.

Este mismo autor, cita valores de 0,13 a 0,42g.cm³ obtenidos por la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Por otro lado, el estudio realizado por Flórez *et al.*, (2006) mostró un valor de 0,29 g.cm⁻³ para densidad aparente.

Para el T5 (100F) la primera etapa 0,13 g.cm⁻³, en la segunda etapa 0,07 g.cm⁻³ y según Flórez *et al.*, (2006) para la fibra de coco, los valores para densidad aparente varía entre 0,05 g.cm⁻³-0,4 g.cm⁻³, donde señalan que la variación de la densidad aparente, se debe al efecto que tiene el contenido de humedad, cuando se hidrata la fibra de coco.

Oliveira *et al.*, (2002) determinaron valores de densidad aparente para cascarilla de arroz quemada de 0,14 g.cm³. Por otro lado Belle y Kampp, (1994) encontraron valores de 0,23 g.cm³-0,40 g.cm³; estos valores se encuentran en el rango de los obtenidos en Colombia.

Posiblemente, los resultados varían ya que la cascarilla no fue quemada, lo que coincide con Meneses, (2004) quien explica que esta variación puede deberse al nivel de quemado o tostado de la cascarilla, que se producen en este proceso; además, en los diferentes estudios realizados para cascarilla de arroz quemada, afirma que para los valores de densidad aparente en Colombia, varia en un rango de 0,13 g.cm³ a 0,42 g.cm³.

Según Rubio, (2010) la densidad aparente del suelo, es un buen indicador de propiedades importantes del suelo, como son: la compactación, porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración, lo que condiciona la circulación de agua y aire en el suelo, los procesos de establecimiento de las plantas (emergencia, enraizamiento) y el manejo del suelo. La densidad

aparente, afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica, tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la especie de que se trate.

Los valores bajos de densidad aparente, son propios de suelos porosos, bien aireados, con buen drenaje y buena penetración de raíces, lo que permite un buen desarrollo de las raíces. Los valores altos de densidad aparente, son propios de suelos compactos y poco porosos, con aireación deficiente e infiltración lenta del agua, lo cual puede provocar anegamiento, anoxia y que las raíces tengan dificultades para elongarse y penetrar hasta alcanzar el agua y los nutrientes necesarios. En estas condiciones, el desarrollo y crecimiento de las plantas es impedido o retardado consistentemente (Donoso, 1992).

Densidad real (dr): En la etapa inicial, previa a la instalación del cultivo el T1 (100C), T2 (70C30F), T3 (50C50F), T4 (30C70F), T5 (100F) y T6 (suelo), se obtuvo una densidad real de 1.69, 1.64, 1.53, 1.94, 1 y 2.33 g.cm⁻³, respectivamente; en la segunda etapa se obtuvo una densidad real de 1.08, 1.44, 1.13, 1.50, 1.31 y 2.24 g.cm⁻³, respectivamente.

Datos similares fueron obtenidos por Oliveira *et al.*, (2002) quienes encontraron valores de densidad real para cascarilla de arroz quemada de 1,9g.cm⁻³ y de fibra de coco 1,6 g.cm⁻³, los más altos comparados en este tipo de investigaciones en Colombia, lo que puede explicarse, por el nivel de quemado de la cascarilla que afecta su composición y por la forma de obtención de la fibra de coco.

Por otro lado, valores inferiores a los encontrados en las evaluaciones, fueron reportados por Flórez *et al.*, (2006) quienes realizaron una evaluación de características hidrofísicas de los sustratos cascarilla de arroz quemada, fibra de coco y sus mezclas, donde determinaron densidad real, densidad aparente, granulometría y humedad, donde se pudo inferir, que la densidad real de

la cascarilla de arroz quemada utilizada en Colombia, se encuentra en el rango de 0,85 – 1,16 g.cm⁻³; la densidad real del sustrato fibra de coco se encuentra en el rango de 0,50 - 0,51 g.cm⁻³.

Granulometría (Gran): La variable granulometría mostró los siguientes resultados (Tabla 16 y 17).

Tabla 16

Granulometria inicial (%)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
TAMIZ (mm)	100C (%)	70C30F (%)	50C50F (%)	30C70F (%)	100F (%)	SUELO
2	32,205	26,465	22,015	10,19	13,69	47,52
1	62,455	58,68	51,955	43,15	21,035	16,76
0,5	4,7	7,095	11,965	18,18	29,505	12,1
0,25	0,725	4,035	8,935	15,95	24,11	9,31
<0,25	0,47	3,925	5,495	12,705	11,695	14,31
TOTAL (%)	100,555	100,2	100,365	100,175	100,035	100

Tabla 17

Granulometria final (%)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
TAMIZ (mm)	100C (%)	70C30F (%)	50C50F (%)	30C70F (%)	100F (%)	SUELO
2	37,05	30,835	27,95	29,805	31,62	46,91
1	51,3	40,195	40,935	30,255	13,725	19,19
0,5	5,625	13	12,725	18,675	38,05	12,8
0,25	2,285	10,125	10,06	14,255	0,535	9,69
<0,25	3,74	5,845	8,33	7,01	16,07	11,41
TOTAL (%)	100	100	100	100	100	100

Para el T1 (100C) en la primera etapa, previa a la instalación del cultivo se obtuvo en el tamiz de 2, 1, 0.5, 0.25 y < 0.25 mm un 32.205%, 62,455%, 4,7%, 0,725% y 0,47% de partículas, respectivamente; en la segunda etapa, se obtuvo un 37,05% , 51,3% 5,625%, 2,285% y 3,74% de partículas, respectivamente. Para el T2 (70C30F) se obtuvo en el tamiz de 2, 1, 0.5, 0.25 y < 0.25 mm un 26.465%, 58.68%, 7.095%, 4.035% y 3,925% de partículas, respectivamente en la primera etapa y de 30.835 % , 40.195%, 13%, 10.125% y 5.845% de partículas, respectivamente en la segunda etapa.

Según Quintero, (2004) para la cascarilla de arroz quemada, el 72% son partículas menores de 1mm, valores cercanos a los encontrados por Flórez *et al.*, (2006) donde el 80% de las partículas son menores de 1mm, los cuales difieren de los encontrados por Meneses, (2004) donde en este sustrato, se encontró partículas menores de 1mm, el porcentaje de finos afecta la capacidad de retención.

Belle y Kampp, (1994) encontraron para la cascarilla de arroz quemada, un elevado porcentaje de partículas en el rango de tamaño mayor de 4,8mm, pero la media se encontró entre 1 y 2 mm, por encima de lo encontrado en la investigación de Flórez *et al.*, (2006).

Para el T3 (50C50F), se obtuvo en el tamiz de 2, 1, 0.5, 0.25 y < 0.25 mm %, en la etapa uno 22.015%, 51.955%, 11.965%, 8.935% y 5.495% de partículas, respectivamente, en la segunda etapa 27.95%, 40.935%, 12.725%, 10.06% y 8.33% de partículas, respectivamente; para el T4 (30C70F) se obtuvo en el tamiz de 2, 1, 0.5, 0.25 y < 0.25 mm en la primera etapa 10.19%, 43.15%, 18.18%, 15.95% y 12.705%; en la segunda etapa 29.805%, 30.255%, 18.675%, 14.255% y 7.01% de partículas, respectivamente. Para el tratamiento 5, 100% fibra, se obtuvo en el tamiz de 2, 1, 0.5, 0.25 y < 0.25 mm en la primera etapa 13.69%, 21.035%, 29.505%, 24.11% y 11.695% de partículas respectivamente, en la segunda etapa 31.62%, 13.725%, 38.05%, 0.535% y 16.07% de partículas respectivamente.

Respecto a la granulometría, Flórez *et al.*, (2006) afirman que en las pruebas realizadas a los sustratos cascarilla de arroz quemada, fibra de coco y sus mezclas, se obtuvo que la cascarilla de arroz quemada presentó un porcentaje de partículas muy finas del 66.4%, el cual se encuentra en el rango entre 0.01 y 0.3mm, la mezcla 65% cascarilla de arroz quemada con 35% fibra de coco con un porcentaje de partículas de 79,8% en el rango 0,15-1,19mm; luego la mezcla 35% cascarilla de arroz y 65% fibra de coco, con tamaños de partículas entre 0,15 – 1,19 mm y un porcentaje de 89,3%, por último la fibra de coco, con un porcentaje de 87% para tamaños de partículas entre 0,6 y 2,3 mm.

Para la fibra de coco Arias, (2003) encontró que el 60% de las partículas, fueron mayores de 1mm; en la investigación realizada por Flórez *et al.*, (2006) se encontró un valor de 58,4% en el mismo rango.

Para el T6 (suelo) se obtuvo en el tamiz de 2, 1, 0.5, 0.25 y < 0.25 mm en la primera etapa fue 47.52%, 16.76%, 12.1%, 9.31% y 14.31% y en la segunda etapa 46.91%, 19.19%, 12.8%, 9.69% y 11.41%.

Los análisis granulométricos de los sustratos, se realizaron al inicio y al final del cultivo, lo que posiblemente indica que, a medida que las plantas van creciendo y desarrollando, el sustrato sufre cambios en sus propiedades físico-químicas. Como consecuencia del riego, se produce cierto grado de compactación del sustrato, produciéndose la reducción del tamaño de los poros, lo que provoca un aumento de la retención de agua y una disminución de la distribución del aire, lo que confirma Ansorena, (1994) y Abad, (1996) afectando el rendimiento del cultivo. Debido a este cambio, el sustrato se vuelve más pesado, tal como lo demuestra, la disminución en los rendimientos de los sustratos con mayor contenido de fibra de coco, ya que el exceso de agua puede provocar un descenso del oxígeno en los espacios aéreos del sustrato, afectando el crecimiento de la raíz. La distribución del tamaño de los poros, es el factor clave en el estado hídrico de los sustratos (Abad, 1996).

Tabla 18

Propiedades físico químicas de los sustratos etapa inicial y etapa final humedad gravimetrica (HG), pH, conductividad eléctrica (CE)

TRAT	DESCRIPCION	HG 1 (%)	HG 2 (%)	PH 1	PH 2	CE 1 ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	CE 2 ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
T1	100C	26,22	151,61	6,27	4,4	295,1	1852
T2	70C30F	56,26	346,29	6,55	4,36	511,5	2278
T3	50C50F	88,71	440,28	6,33	4,73	972,5	1300
T4	30C70F	131,83	499,10	6,31	4,28	1387,5	2834
T5	100F	260,52	633,19	5,9	4,32	1246	1907
T6	SUELO	50,26	36,62	5,45	5,47	670,5	2010

Retención de Humedad (h): Para el T1 (100C), T2 (70C30F), T3 (50C50F), T4 (30C70F), T5 (100F) y T6 (suelo) en la primera etapa previa a la instalación del cultivo se obtuvo una retención de humedad 26.22, 56.26, 88.71, 131.83, 260.52 y 50.26%, respectivamente; en la etapa final los valores de retención se incrementaron a 151.61, 346.29, 440.28, 499.10, 633.19 y 36.62%, respectivamente.

Se determinó la porosidad de acuerdo a la fórmula utilizada por Hang, (2014)

Tabla 19

Porosidad de los sustratos y sus mezclas

TRAT	DESCRIPCION	POROSIDAD ETAPA 1	POROSIDAD ETAPA 2
T1	100C	94,32	89,86
T2	70C30F	94,24	90,98
T3	50C50F	94,15	89,40
T4	30C70F	94,77	90,35
T5	100F	86,45	94,68
T6	SUELO	60,52	63,34

La investigación mostró que la mayor retención de humedad en la etapa inicial, la obtuvo el T5 (100F), con un valor de 260,52%; el mayor porcentaje de partículas se encontraron en 0,5 mm con un valor de 29,5 % y una porosidad de 80,45%. Para la etapa final, se encontró que la mayor retención la obtuvo el T5 (100F), con un valor de 633,19%; el mayor porcentaje de partículas se encontraron en 0,5 mm con un valor de 38,05 % y una porosidad de 94,68% que según los resultados encontrados por Gutiérrez *et al.*, (2011) se puede observar que la Fibra de coco (1–2 mm) alcanzó hasta 960 % de humedad gravimétrica, la cual disminuyó drásticamente cuando se mezcló con materiales inorgánicos, con sustratos como la piedra pómez, con una humedad hasta 140 %. También se puede apreciar que la fibra de coco en mezcla, presenta relaciones directas con la retención de humedad, independientemente del tamaño de partícula. La retención de humedad, también varió con el tamaño de partícula; en el sustrato fibra de coco en mezcla con piedra pómez; su contenido gravimétrico fue hasta 20 % más en partículas de 2–3 mm, en comparación con las partículas de 1–2 mm; por lo anterior, se puede afirmar, que posiblemente la fibra de coco en mezcla con otros sustratos, cambia su capacidad de retención de humedad, en

especial al mezclarse con sustratos de origen inorgánico, por lo que es posible que la mezcla funcione mejor con sustratos orgánicos como la cascarilla de arroz.

La fibra de coco pura de 2–3 mm, alcanza alta capacidad de retención de humedad gravimétrica hasta 960 %, por su alto contenido de poros inter-partícula (Vence, 2008) pero la libera fácilmente, ya que presentan macroporos de empaquetamiento compuesto (Hiller, 1998). En el caso de las partículas inorgánicas, los poros que ocurren, son de empaquetamiento simple y vesículas; los primeros al ser continuos y permanentes, contribuyen al buen drenaje del material (Or y Wraight 2000); mientras que los segundos, al estar ocluidos, no tienen intercambio de fluidos (Lemaire, 1995).

Para la etapa 1, el sustrato que menos retención de humedad tuvo fue el T1 (100C), con un valor de 26,22%, el mayor porcentaje de partículas se encontraron en 1 mm con un valor de 62,455 % y una porosidad de 94,32%; para la etapa 2 se encontró que la menor retención la obtuvo el T5 (100C), con un valor de 151,61% y un mayor porcentaje de partículas de 2 mm con un valor de 37,05 % y una porosidad de 89,86%.

Respecto a las mezclas de los sustratos, para el T2 (70C30F), se obtuvo una humedad de 56,26% en la primera etapa y de 346,29% en la segunda etapa, se obtuvo en el tamiz de 2, 1, 0.5, 0.25 y < 0.25 mm un 26.465%, 58.68%, 7.095%, 4.035% y 3,925% de partículas, respectivamente en la primera etapa y de 30.835 %, 40.195%, 13%, 10.125% y 5.845% de partículas respectivamente en la segunda etapa, con una porosidad en la primera etapa de 90.94% y en la segunda etapa de 90.98%.

Para el T3 (50C50F) en la etapa uno se obtuvo 88,71%, en la segunda etapa 440,28%, Para el T3 (50C50F), se obtuvo en el tamiz de 2, 1, 0.5, 0.25 y < 0.25 mm %, en la etapa uno 22.015%, 51.955%, 11.965%, 8.935% y 5.495% de partículas, respectivamente; en la segunda etapa 27.95%, 40.935%, 12.725%, 10.06% y 8.33% de partículas, respectivamente, con una porosidad en la primera etapa de 94,15% y en la segunda etapa de 89.40%.

Para el T4 (30C70F), se obtuvo en la primera etapa 131,83%, en la segunda etapa 499,10%, para el T4 (30C70F) se obtuvo en el tamiz de 2, 1, 0.5, 0.25 y < 0.25 mm en la primera etapa 10.19%, 43.15%, 18.18%, 15.95% y 12.705% en la segunda etapa 29.805%, 30.255%, 18.675%, 14.255% y 7.01% de partículas respectivamente con una porosidad en la primera etapa de 94,77 y de en la segunda etapa de 90.35.

Con respecto al T6 (suelo), en la primera etapa fue 50,26% y en la segunda etapa 36.62%, se obtuvo en el tamiz de 2, 1, 0.5, 0.25 y < 0.25 mm; en la primera etapa fue 47.52%, 16.76%, 12.1%, 9.31% y 14.31% y en la segunda etapa 46.91%, 19.19%, 12.8%, 9.69% y 11.41%. Con una porosidad en la primera etapa de 60.52 y en la segunda etapa de 63,34.

En varias investigaciones, se menciona que las propiedades físicas deben ser óptimas desde el establecimiento del cultivo, debido a que no pueden modificarse una vez establecido (Ansorena, 1994; Cabrera, 1999; Vence, 2008). Es evidente, que todavía se requiere más investigación básica, para entender estas propiedades y su relación con el tamaño, forma, naturaleza y acomodo de las partículas (Verdonck y Demeyer, 2004). En especial, es importante la generación de conocimiento entre el espacio poroso de partículas de los sustratos (Verdonck *et al.*, 1984), la relación de los poros internos con el contenido de humedad (Orozco *et al.*, 1995), además, de la distribución (Burés, 1997), naturaleza y acomodo (Beardsell *et al.*, 1979) de las partículas. Este conocimiento no se puede generar de manera directa, con las metodologías de rutina, ya que los poros ni la morfología de las partículas, ni mucho menos su distribución, se cuantifican directamente en un contenedor.

En la mayoría de las investigaciones de las propiedades físicas de los sustratos, la porosidad no se obtiene de manera directa, sino que se calcula (Horn y Baumgartl, 2000). Aunque, los valores de la retención de humedad no dicen nada con respecto al tamaño de los poros (Vence, 2008). Por otro lado según Gutiérrez *et al.*, (2011) las mejores variables de respuesta en plántulas de lechuga, se presentaron en las mezclas con alto contenido de fibra de coco, en donde ocurren alta capacidad de retención de humedad gravimétrica (240 %) y volumétrica (98 %) y un espacio poroso total de 88 %.

En resultados encontrados por Gutiérrez *et al.*, (2011) señalan que las mezclas puras (orgánicas e inorgánicas) y los materiales cuya relación es menor de 50, sobre todo en partículas de 2–3 mm, son los que retienen menos agua entre 55 y 70 a tensiones de 0–10 cm de columna de agua. Al relacionar el porcentaje y tamaño de los poros con el agua retenida a diferentes tensiones de columna de agua, se encontró que las mezclas con mayor número de poros dentro y entre partículas interconectadas con mezclas con contenido de fibra de coco partículas 2–3 mm, retienen más agua, contrariamente a las mezclas donde ocurren macroporos, como en los materiales inorgánicos puros, donde la retención de agua es menor.

Cabe resaltar, que la variación en tamaño de partícula genera propiedades físicas diferentes (Verdonck y Demeyer, 2004; Anicua *et al.*, 2009) y cuando se mezclan materiales de naturaleza diferente, sus propiedades físicas y micromorfológicas se hacen aún más complejas. Esto se debe a que los materiales orgánicos e inorgánicos presentan diferentes tipos de poros con diferentes funciones (Pape y Lagger, 1994), por lo que sus propiedades varían en función de la proporción en la que se mezclen.

En cuanto a la humedad volumétrica, la disminución en el tamaño de partícula (1–2 mm), tanto los materiales orgánicos como inorgánicos, reducen su capacidad de retención de agua, ya que su espacio poroso total también disminuye (Anicua *et al.*, 2009).

Las propiedades físicas, se relacionan con la proporción de cada tipo de partícula (más almacenamiento de agua a mayor contenido de fibra de coco y mayor percolación a mayor contenido de piedra pómez, de ahí que se presente una relación directa con la humedad gravimétrica en cualquiera de los tamaños analizados. Bunt (1992) menciona que si se desea incrementar la capacidad de aire de un sustrato, se deben agregar en la mezcla, materiales inorgánicos gruesos; sin embargo, este autor no consideró que las partículas inorgánicas también puedan almacenar humedad.

pH: Para los tratamientos T1 (100C), T2 (70C30F), T3 (50C50F), T4 (30C70F), T5 (100F) y T6 (suelo) en la primera etapa se obtuvo un pH de 6.27, 6.55, 6.33, 6.31, 5.9 y 5.45,

respectivamente; en la segunda etapa 4.4, 4.36, 4.73, 4.28, 4.32 y 5.47, respectivamente (Tabla 18).

El sistema radicular de la fresa, se ubica en los primeros 15 cm del suelo. Este debe ser poco profundo, ligero, preferiblemente arenoso, con buen drenaje, buena fertilidad y un pH entre 5.7 a 6.5 (Hancock, 1999), aunque generalmente se produce en diferentes tipos de suelo (Demchak *et al.*, 2013).

Con respecto al pH de los sustratos, Abad *et al.*, (2005) consideran un pH adecuado en el extracto de saturación del sustrato entre 5,2 y 6,3, ya que en este rango, los elementos nutritivos se encuentran en forma asimilable; además, consideran que la salinidad evaluada a través de la CE es satisfactoria para la mayoría de las plantas en un rango de 2 a 3,49 dS.m⁻¹ (2000 a 3490 $\mu\text{S.cm}^{-1}$). Un valor por encima de 5000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ resulta nocivo.

Conductividad eléctrica (ce): Para los tratamientos T1 (100C), T2 (70C30F), T3 (50C50F), T4 (30C70F), T5 (100F) y T6 (suelo) en la primera etapa se obtuvo una conductividad eléctrica 295.1, 511.5, 972.5, 1387.5, 1246 y 670.5 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, respectivamente; en la segunda etapa 1852, 2278, 1300, 2834, 1907 y 2010 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, respectivamente.

Camberato *et al.*, (2000) afirman que los problemas nutricionales son una de las principales causas para una baja calidad en la producción y pérdida de plantas en invernaderos y viveros. El monitoreo del pH y la conductividad eléctrica (CE) de medios de crecimiento, nos dá la posibilidad de corregir este tipo de inconvenientes antes de que se conviertan en problemas que pudieran perjudicar a los cultivos. El pH de sustratos de crecimiento afecta la disponibilidad de nutrientes, especialmente micronutrientes. La conductividad eléctrica, es una medida de la concentración de sales disueltas en un sustrato de crecimiento. Los valores de CE, proveen una idea de la cantidad de fertilizante que se encuentra disponible en el medio para el crecimiento de las plantas.

En los tratamientos con sustrato, con y sin recirculación, los valores de CE en el drenaje se incrementaron con el tiempo hasta alcanzar valores de 2600 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ al final del ciclo. Esto se

explica como consecuencia de una acumulación progresiva de sales en el sustrato debido a la evapotranspiración, de manera que al aplicar la solución nutritiva el drenaje excedente arrastra parte de las sales presentes en el sustrato (Castellanos y Borbón, 2009).

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

3.4 Análisis Económico

Se realizó un análisis económico, donde se presentan los costos de producción de fresa en los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz, sus mezclas en condiciones hidropónicas y suelo, donde se indica los costos para una hectárea.

El Análisis Parcial de Costos, arrojó que todos los tratamientos son rentables, pero los mejores resultados los obtuvo el T3 (50C50F) con una rentabilidad de 95.70% con un ingreso bruto de \$ 1.353.800.000 pesos en un año en una hectárea de fresa hidropónica; por otra parte se observa que el tratamiento T6 (suelo) fue el de más baja rentabilidad con un 89.42% con un ingreso bruto de \$ 599.625.000 pesos.

Cabe resaltar, que es un Análisis Parcial, contrario al Análisis Total de Costos, implica conocer los costos y la rentabilidad real de un negocio teniendo en cuenta muchas variables entre ellas los costos fijos, los costos variables, los impuestos, maquinaria, equipos y otros costos, incluso si es fruta para exportación tener en cuenta el pago de aranceles y demás pagos (Bastidas y Portillo, 2008)

En la Tabla 20, se presentan los costos de producción de la fresa en los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz en condiciones hidropónicas, donde se indica los costos variables para producir una hectárea, donde fueron mayores los costos del tratamiento T6 (suelo) debido a los costos en arrendo por ser un área mayor y preparación del terreno para la instalación de cultivo.

En la Tabla 21, se indica la cantidad de kilos que produce una hectárea hidropónica y una en suelo, de acuerdo al número de plantas por hectárea, que es mayor en hidroponía.

En la Tabla 22, se presenta la rentabilidad obtenida para cada tratamiento calculado con un costo promedio por kilo de \$ 5.000 pesos, obteniendo mayor rentabilidad en el tratamiento T3 (50%C50%F) con el 95.70% y la menor rentabilidad la obtuvo el tratamiento T6 (suelo) con el 89.42%

Tabla 20

Costos de producción de Fresa en pesos Colombianos, bajo cultivo hidropónico y suelo para 1 Hectárea

Detalle	Precio	Cant	Unidad	Cant	Total	T1 (100c)	T2 (70c30f)	T3 (50c50f)	T4 (30c70f)	T5 (100f)	T6 (suelo)	Obs
Sustrato Fibra de Coco	20000	1	Bulto	630						12600000	0	Vida Útil 6 años
Cascarilla de Arroz	10000	1	Bulto	630		6300000	8190000	9450000	10710000		0	Vida Útil 6 años
Total sustrato año						1050000	1365000	1575000	1785000	2100000		
Estructura en A	75000	1	Estructuras	2000	150000000	25000000	25000000	25000000	25000000	25000000	0	Vida Útil 6 años
Contenedores	23000	1	Tubo	6000	138000000	23000000	23000000	23000000	23000000	23000000	0	Vida Útil 6 años
Mano de obra	3000	1	Hora	1200	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	Contratación por hora
Insumos y materiales					4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4500000	Aplicación de herbicidas en suelo
Arrendo lote					1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	3000000	El área necesaria en suelo es mayor
Preparación del Terreno					4000000	0	0	0	0	0	1333333	Duración 3 años
Camas	150000	1	Camas	1000	150000000	0	0	0	0	0	50000000	Vida útil 3 años
Aplicación de cal y abono					3000000	0	0	0	0	0	1000000	3 años
Costos totales en un año						57650000	57965000	58175000	58385000	58700000	63433333	

Tabla 21**Cantidad de kilo por hectárea Hidropónica y en suelo**

Trat	Descrip	Gramos	plantas /ha	Gramos	Kilos	Ton
T1	100C	1215	200000	243000000	243000	243
T2	70C30F	1171,3	200000	234260000	234260	234,26
T3	50C50F	1353,8	200000	270760000	270760	270,76
T4	30C70F	983,8	200000	196760000	196760	196,76
T5	100F	1166,5	200000	233300000	233300	233,3
T6	SUELO	2398,5	50000	119925000	119925	119,925

Tabla 22**Resumen de la rentabilidad obtenida para un cultivo de fresa bajo un sistema hidropónico**

Trat	Descrip	Costo de producción	Rendimiento en kg.ha	Precio (\$) Kg de Fresa	Ingreso Bruto	Utilidad	Renta bilidad
T1	100C	57650000	243000	5000	1215000000	1157350000	95,26
T2	70C30F	57965000	234260	5000	1171300000	1113335000	95,05
T3	50C50F	58175000	270760	5000	1353800000	1295625000	95,70
T4	30C70F	58385000	196760	5000	983800000	925415000	94,07
T5	100F	58700000	233300	5000	1166500000	1107800000	94,97
T6	SUELO	63433333	119925	5000	599625000	536191667	89,42

A continuación se presenta en las Tabla 23 un Análisis de Dominancia donde se muestra que los tratamientos T3 (50C50F) es no dominado y T6 (suelo) es Dominado.

Tabla 23**Análisis de Dominancia**

Trat	Descripción	Ingresos	Costos	Tratamientos no dominados
T3	50C50F	1353800000	58175000	*
T6	SUELO	599625000	63433333	D

Tabla 24**Resultados análisis de dominancia**

Trat	Descripción	Ingresos	Costos	Δ Ingresos	Δ Costos	TRM
T3	50C50F	1353800000	58175000	138800000	525000	264,38
T1	100C	1215000000	57650000	0.00	0.00	

El tratamiento T3 (50C50F) es el que genera mayores ingresos con una inversión más baja, es decir que por cada \$525.000 pesos va a generar \$138.800.000 pesos mostrando una TRM de 264.38%

4. CONCLUSIONES

El uso de diferentes combinaciones de sustrato redujo la producción en frutos por planta de fresa e incrementó la firmeza, en comparación con el tratamiento en suelo; sin embargo, el uso del tratamiento 50% fibra de coco 50% cascarilla de arroz fue más rentable que el tratamiento en suelo, ya que produjo mayor cantidad de frutos por hectárea.

En comparación con el tratamiento en suelo, la utilización del sustrato 100 % cascarilla de arroz, mejora el contenido de Sólidos Solubles Totales y el tratamiento 70% cascarilla de arroz y 30% fibra de coco, tiene una mayor Acidez Titulable.

El uso del tratamiento 100 % fibra de coco, obtuvo un valor más bajo de pH en comparación con el tratamiento 50% fibra de coco, 50% cascarilla de arroz y este a su vez, obtuvo un valor de índice de madurez más bajo en comparación con el tratamiento 100% cascarilla de arroz.

El conocimiento de las propiedades físicas y químicas del suelo y de los sustratos, como Densidad Aparente, Densidad Real, Humedad Gravimétrica, Granulometría, pH y Conductividad Eléctrica, permitieron tener una mayor claridad sobre cómo cambian las mismas desde la etapa inicial o instalación del cultivo, hasta la etapa final del cultivo, y observar cómo pueden afectar en el equilibrio de la solución y el rendimiento.

El tratamiento T3 (50C50F) generó mayores ingresos con una inversión más baja, es decir que por cada \$525.000 pesos va a generar \$138.800.000 pesos mostrando una TRM 264.38%.

5. RECOMENDACIONES

Las tecnologías hidropónicas, pueden ser una alternativa eficiente para mejorar la producción de fresa en espacios reducidos, con productos de buena calidad, mejorar la seguridad alimentaria con productos inocuos y el uso responsable de los recursos naturales como el agua

Realizar investigaciones sobre fertilización y riego, para fortalecer técnicamente la producción de fresa hidropónica, para las condiciones meteorológicas de la zona.

Evaluar cubiertas plásticas o invernaderos para el montaje de futuros proyectos relacionados con cultivos hidropónicos, ya que los cultivos hidropónicos son vulnerables a cambios climáticos bruscos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABAD, M. 1996. Sustratos: propiedades y manejo de materiales orgánicos, minerales y sintético inertes y activos. In: Hidroponía: una esperanza para Latinoamérica. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 59-65p.
- ABAD, M.; NOGUERA, P.; CARRION, C. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo u fertirrigacion. En Cadahía, C. Fertirrigacion de cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ra ed. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 681p.
- ABAD. M; NOGUERA. R; PURCHADES. A. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Manual de cultivo sin suelo. 2da ed. Mundi- prensa. Madrid, España. 137-185p.
- ADAMS, P. 2004. Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. In: Tratado de Cultivo sin Suelo. G. M. Urrestarazu (ed). Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 81p.
- ADAMS, P. 1991. Effect of increasing the salinity of nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. En: Journal of Horticultural Science. Vol. 66, no. 6; p. 201-207.
- AGRONET. 2013. Sistema de reportes y estadísticas . 2p. Disponible en:
<http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx> Consulta:
Octubre 2015.
- AGUILAR, M. 2011. Demanda nutrimental de cuatro variedades de fresa (*Fragaria annanasa* Duch), cultivadas en la región de Zamora Michoacan. Colegio de Postgraduados. México. 45p

- ALARCÓN, V. 2006. Proyectos en cultivo sin suelo ¿Cómo empezar? In: Cultivos sin Suelo. V. A. Alarcón (ed.). Compendios de Horticultura 17. Ediciones de Horticultura, S. L. Reus. España. 11-21p.
- ALAVOINE, F. y CROCHON, M. 1989. Taste quality of strawberry. *Acta Horticulturae* 265: 449–452p.
- ALLEN,R., PEREIRA,L.,RAES,D and SMITH,M.2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos.FAO.Roma.298p.
- ALI-DINAR, H.M.; EBERT, G. and LÜDDERS, P. 1999. Growth, chlorophyll content, photosynthesis and water relations in guava (*Psidium guajava* L.) under salinity and different nitrogen supply. En: *Gartenbauwissenschaft*. Vol 64, no. 2; 54-59p.
- ANAGNOSTOU, K.; VASILAKAKIS, M. D. 1995. Effect of substrate and cultivar on earliness, plant productivity, and fruit quality of strawberry. *Acta Horticulturae* 379: 267–274p.
- ANGULO, R. 2009. Fresa (*Fragaria ananassa* Duch). Bayer CropScience S. A. Colombia. 8-12p. Disponible en: http://blog.bayercropscienceco.bayerbbs-hosting.com/blog/wp-content/uploads/2013/10/Cartilla-FRESA_baja.pdf
- ANICUA, S.; GUTIÉRREZ C.; SÁNCHEZ, G.; ORTIZ, S.; VOLKE, H.; RUBIÑOS, J. 2009. Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura Técnica en México* 35(2): 147–156p.
- ANSONERA, M. J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Mundi Prensa. Madrid, España. 105- 172 p.
- ARIAS, M. 2003. Utilización agrícola de los derivados del mesocarpo del coco, Bogotá: Facultad de ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. 11p

- ASTIZ, M; DEL CASTILLO, J; URIBARRI, A; AGUADO, G; APESTEGUÍA, M. y SÁDABA, S; 2010, Tomate hidropónico, Ed. Navarra Agropecuaria. 42p
- AVILA, 2015. Manual de Fresa. Cámara de Comercio de Bogotá. Vicepresidencia de fortalecimiento empresarial. Cámara de Comercio de Bogotá. Eurosemillas. 15p.
- AWANG, Y. B.; ATHERTON, J. G. and TAYLOR, A. J. 1993. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. I. Growth and leaf relations. *Journal of Horticultural Science*, 68: 783-790.
- AWANG, Y. B.; ATHERTON, J. G. and TAYLOR, A. J. 1993a. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. Part II. Fruit quality. En: *Journal of Horticultural Science*. Vol. 68; p. 791-795.
- BASTIDAS, C y PORTILLA, P. 2008. Plan estratégico exportador de fresa fresca para la cooperativa multiactiva coomcuynar desde Pasto a la Florida - Estados Unidos. Programa de Comercio Internacional y Mercadeo. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Económicas y administrativas. 83p.: Disponible en <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/bibliotecavirtual/viewer.aspx?&var=75049>
- BEARDSELL, D.; NICHOLS, D. G.; JONES, D. L. 1979. Physical properties of nursery potting-mixtures. *Scientia Horticulturae* 11: 1-8.
- BELLE.S. y KAMPP.N. 1994. Utilización de la cascarilla de arroz carbonizada como acondicionador hortícola para un suelo orgánico. *Pesq agropec.*, Brasilia. 20p.
- BERNSTEIN, L.; FRANCOIS, L. E. and CLARK, R. A. 1974. Interactive effects of salinity and fertility on yield of grains and vegetables. En: *Agronomy Journal*. Vol. 66; p. 661-667.
- BOHNERT, H. J.; NELSON, D.E. and JENSEN, R.G. 1995. Adaptations to environmental stress. En: *Plant and Cell*. Vol. 7, no.7; p. 1109-1111.

- BUITRAGO G. V.; LÓPEZ A. P.; CORONADO A P. y OSORNO F. L. 2004. Determination of physical characteristics and mechanical properties of potatoes cultivated in Colombia. *Rev.bras.eng.agric.ambient* (online). Vol 8, No. 1. pp. 102-110
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662004000100015&script=sci_arttext
- BUNT, A.C. 1992. Media and mixes for container – grown plants. Unwin hyman. London, Great Britain. 13p
- BURÉS, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas. Madrid, España. 342 p.
- BURKHART, L. 1943. Firmness of strawberries as measured by a penetrometer. *Plant Physiol.* 18(4).pp. 693-698p.
- CABRERA, R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 5: 5–12p.
- CADAHIA, L. 2005. Fertirrigacion. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. 99p
- CADAHÍA, C. 2000. Fertirrigacion, cultivos hortícolas y ornamentales. Madrid: ed Mundi – prensa. 289-342; 436-462p.
- ÇADLAR, H. y PAYDAS, S. 2002. Changes of quality and aroma compounds of hybrids and some strawberry cultivars during harvest periods. *Acta Horticulturae* 567: 203–206p.
- CALDERON, F. 2001. Los sustratos. Bogotá D.C. 2p. Disponible en:
<http://www.drcalderonlabs.com>
- CALDERÓN, F y CEBALLOS, F. 2003. Los sustratos. 3p. Disponible en;
http://www.drcalderonlabs.com/publicaciones/los_sustratos.htm.

- CAMBERATO, D; LOPEZ, R.; TORRES, A y MICKELBART, M. 2000. Producción comercial de cultivos bajo invernadero y vivero. Artículo. Medición de pH y conductividad eléctrica en sustratos. 4p.
- CANOVAS, M. 2001. Manejo de cultivo sin suelo. In: El cultivo del tomate. Mundi-prensa. España.227-254p.
- CÁNOVAS, F. y MAGÁN,C. 2003. Cultivos sin suelo. In: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. F. F. Camacho (ed). Instituto Cajamar. Madrid, España. 409-453p.
- CARREÑO, M. y UNIGARRO, A. 2005. Métodos Químicos para el análisis de suelos. Universidad de Nariño. Pasto. 55-57p.
- CASTELLANOS, J. y BORBÓN, M. 2009. Panorama de la horticultura protegida en México. In: Manual de Producción de Tomate en Invernadero. J. Z. Castellanos (ed). Ed. Intagri. Celaya, Guanajuato, México. 1-18p
- CASTRO, A.; MOLINA, E.; SALAS, R. 1992. Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos de la fresa (*Fragaria x ananasca*). Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José. Programa Nacional de Fresa. 70p.
- CASIERRA-POSADA y GARCÍA, N. 2006. Produccion y calidad de fruta en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) afectados por estrés salino. En Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín. Vol.59, No 2. 3527-3542p.
- CASIERRA-POSADA y GARCÍA, N. 2005. Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) bajo estrés salino. En: Agronomía Colombiana. Vol. 23, no.1; p. 83-90

- CASIERRA-POSADA, F.; EBERT, G. Y LÜDDERS, P. 2000. Efecto de la salinidad por cloruro de sodio sobre el balance de nutrientes en plantas de lulo. En: *Agronomía Colombiana*. Vol. 17, no. 1-3; p. 85-90p.
- COLINAGRO. 2013. Ficha Técnica Irricol. Registro ICA 5541. 2p Disponible en: <http://recintodelpensamiento.com/ComiteCafeteros/HojasSeguridad/Files/Fichas/FTIrricoInicio201462883612.pdf>.
- CHANDLER, K.; FOLTA, K.; DALE, A.; WHITAKER, V. y HERRINGTON, M. 2012. Strawberries. In: *Fruit Crop Breeding*. D. Byrne and M. Badenes (Eds.) Springer, New York. In Press. 305-311p.
- CHAVES, A y LASSO, Z. 2012. Efecto de dos coberturas plásticas y tres láminas de agua bajo un sistema de riego por goteo en un cultivo de fresa (*Fragaria sp*). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Nariño, Pasto. 17- 28p.
- CHAVES. F y ALVARADO. F, 2012. Cisticercosis cerebral. Análisis de lesiones anatomopatológicas, principales datos clínicos, epidemiológicos y revisión de literatura. 53p. Disponible en: <http://www.binasss.sa.cr/revistas/neuroeje/v6n2/art4.pdf>
- CHARTZOULAKIS, K. 1992. Effects of NaCl salinity on germination, growth and yield of greenhouse cucumber. En: *Journal of Horticultural Science*. Vol. 67, no. 3; p. 115-119.
- CRISOSTO, CH.; GARNES, D.; DOYLE, J. and DAY, K. 1993. Relationship between fruit respiration, bruising susceptibility and temperature in sweet cherries. *HortScience* 28(2):132-135p.
- CORDENUNSI, B.; OLIVEIRA. R.; NASCIMENTO, J.; GENOVESE, M. y LAJOLO, F. 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *J. Agric. Food Chem*. Vol 50, No. 9: 2581-2586p.

- DELGADO. A. 2014. Efecto de las líneas de riego por goteo y la aplicación del silicio en un cultivo de fresa (*Fragaria* sp) bajo cubierta. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. 19p.
- DEMCHAK, K.; ELKNER, C; ESSLINGER, M.; FRAZIER, S.; GUISE, J.; HALBRENDT, J.; HARPER, G.; KRAWCZYK, K.; RICHARDS, J.; HECKMAN, B.; MAJEK, P.; NITZSCHE, P.; OUDEMANS, G.; PAVLIS, D.; POLK, C.; RODRIGUEZ-SAONA, W.; SCJARAPPA, D.; WARD, G.; JOHNSON, B.; BUTLER, J.; FIOLO, W.; LANTZ, M.; EHLENFELDT, J.; DERR, C.; JOHNSON, D.; PFEIFFER, R.; STRAW, K.; YODER, A.; BIGGS, J.; JETT, L.; JETT, E.; MASHBURN, H.; SWARZ.; 2013. Chapter 6: Strawberry. 49 – 114 p. En: The Mid-Atlantic Berry Guide for Commercial Growers, 2013-2014. Pa. State Univ., Agric. Res. Coop. Ext. 271 p.
- D'ANNA, F.; INCALCATERRA. G.; MONCADA, A. and MICELI, A. 2003. Effects of different electrical conductivity on strawberry grown in soilless culture. En: Acta Horticulturae. Vol. 609; p. 355-360.
- DOMINGUEZ, A. 2006. Fertirrigación. 4ta ed. Mundi – prensa. Madrid. España. 200p
- DONOSO ZEGERS. C. 1992 Ecología forestal. Editorial Universitaria, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 27p.
- DURAN. J; MARTINEZ.; E; NAVAS, L. 2000. Los cultivos sin suelo de la hidroponía a la aeroponía. 2p. Disponible en: [http:// www.eumedia.es/articulos/vr/hortofrut/1_01_cultivos.html](http://www.eumedia.es/articulos/vr/hortofrut/1_01_cultivos.html).
- EUROSEMILLAS, 2013. Nuevas variedades de fresa disponibles para Colombia. 2p. Disponible en: <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/MEMORIAS%20Variedades%20Antioquia.pdf>

- EL-BEHAIRY, U.; ABOU-HADID, A.; MEDANY, M. y AWAD, M. 2001. The effect of different cultivars, orientation and soilless culture systems on production and quality of strawberry. *Acta Hort.* 548: 59-64p.
- EL-SIDDIG, K. and LÜDDERS, P. 1994. Interactive effects of nitrogen nutrition and salinity on reproductive growth of apples trees. En: *Gartenbauwissenschaft.* Vol. 59, no. 2; p. 58-61.
- FABELA-GALLEGOS, M.J., HERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, J.R., VÁZQUEZ-VEGA, D.; LOZANO-GUZMÁN, A. 2002. Vibración durante el transporte y su efecto en perecederos. Enfoque introductorio. Instituto Mexicano del Transporte. Publicación técnica No. 188. Sanfandila, Querétaro, México. 200p.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA FAO 2010. *Statistical Yearbook.* FAOSTAT. 2p. Disponible en: http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications/essyearbook/en/#.UrIdX_TuIpk.
- FERRUCHO.A, RUIZ, D. 2013. Evaluación y comparación del comportamiento agronómico de dos cultivares de fresa (Albión y monterrey) sembrados a libre exposición y macrotunel en la sabana de Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Cajica. 38p.
- FISCHER, G. 2011. La relación hoja/fruto en especies frutícolas. *Memorias IV Congreso Colombiano de Horticultura: Aportes de la Investigación al Desarrollo de la Horticultura Colombiana en el Siglo XXI.* 40 – 53p.
- FLÓREZ, V.; GONZÁLEZ-MURILLO, C y QUINTERO.M. 2006. Producción más limpia de rosa (*Rosa spp*) y clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) con dos técnicas de cultivo sin suelo en la sabana de Bogota. Financiado por SENA, ASOCOLFLORES y Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá Facultad de Agronomía. *Revista UNAL.* Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana. Artículo. Evaluación de las características

hidrofísicas de los sustratos cascarilla de arroz quemada, fibra de coco y sus mezclas.451p.

FLOREZ, R. y MORA, R. 2010. Fresa (*Fragaria ananassa* Duch) producción y manejo poscosecha. Primera edición. Produmedios, producción de medios de comunicación, Bogota.114p.

GARCIA, H.; GONZALEZ, A.; RODRIGUEZ, S.; GONZALVEZ, G.; LLANOS-ZAVALAGA, F. and TSANG, V. 2010 Epidemiology and control of cysticercosis in Peru. Rev Peru Med Exp y Salud Pública.;27(4):592-7p.

GARDNER, W.H, KLUTE, A. CAMPBELL, G.S. JACSON, R.D. MORTLAND, M.M. NIELSEN, D.R. (eds.). 1986. Methods of Soil Analysis. Part I, ASA and SSSA, Madison, WI, USA, pp. 493–544p.

GREENWAY, H, and MUNNS, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. Annual Review in Plant Physiology. Vol. 31; p. 149-190.

GONZALES- MURILLO, C.; QUINTERO. M.; MENESES. V. 2005. Producción mas limpia de rosa (*Rosa spp*) y clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) con dos técnicas de cultivo sin suelo en la sabana de Bogota. Financiado por SENA, ASOCOLFLORES y Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá Facultad de Agronomía. Revista UNAL. Determinación de algunas propiedades hidrofísicas de los sustratos utilizados en cultivos de flores en la sabana de Bogotá. Bogota.2005. 427p.

GONZALES. N. 2006. Avanzan los sistemas hidropónicos en México. Hortalizas, frutas y flores. Editorial Agro Sin. S.A. C.V. México D.F. 6p.

GONZALEZ, D y FERRUCHO, D. 2013. Evaluación y comparación del comportamiento agronómico de dos cultivares de fresa (‘albion’ y ‘monterey’) sembrados a libre

- exposición y bajo macrotúnel en la sabana de Bogotá (Colombia). Universidad Militar “Nueva Granada” Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. 44-48p.
- GIÖRGY, S. 1986. *Mechanics of Agricultural Materials*. Elsevier Science Publisher. Amsterdam, The Netherlands and Akademiai Kiadó, Budapest, Hungary. 260-283.
- GUTIÉRREZ, M.A.; HERNÁNDEZ, J.; ORTIZ, C.; ANICUA, R. y SÁNCHEZ; HERNÁNDEZ, M.A. 2011. Relación porosidad–retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga. *Rev. Chapingo Ser.Hortic* vol.17 no.3 Chapingo sep./dic. 5p
- HAKALA, R.; HUOPALAHTI, R. y LAPVETELÄINEN, A. 2002. Quality factors of finnish strawberries. *Acta Horticulturae* 567: 727–729p.
- HAMANO, M. Y.; YAMAZAKI, Y. H.; MIURA, H. 2002. Change in sugar contents and composition of strawberry fruit during development. *Acta Horticulturae* 567: 369–372p.
- HANCOCK, J. 1999. *Strawberries*. Crop Production Science in Horticulture Series, No. 11. CABI Publishing, Wallingford, UK. p. 90- 109p.
- HANCOCK, J. F. 1999. *Strawberries*. CAB International Publishing. New York, USA. 237 p.
- HANG, S, 2014. *Edafología*. Capítulo Porosidad del suelo. 33p.
- HIDEKAZU, I. 2002. Potential on near infrared spectroscopy for nondestructive determination of °Brix in strawberries. *Acta Horticulturae* 567: 751–754p.
- HILLER, D.; 1998. *Environmental Soil Physics*. Academic Press. San Diego, C.A. 771 p.

- HORN, R.; BAUMGARTL, T. 2000. Dynamic properties of soils. A19–A46. In: Handbook of Soil Science (Summer, M. E. Ed. In Chief). CRC Press. Washington, D. C. 15p.
- JACOBY, B. 1994. Mechanisms involved in salt tolerance by plants. p. 97-123. En: Pessarali, M., ed. Handbook of plant and crop stress. Nueva York Marcel Dekker.
- JANSE, J. 1989. Effects of humidity, temperature and concentration of the nutrient solution on firmness, shelflife and flavor of sweet pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). En: Acta Horticulturae. Vol. 244; p. 123-132.
- JENSEN, M. 2001. Producción hidropónica en invernadero. Boletín informativo Num 12. 2p. Disponible en: www.lamolina.edu.pe/hidroponia/bolietin12.htm
- KADER, A. 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry, pp. 145–151. In: The strawberry into the 21st Century. J.J. Luby; A. Dale (eds.). Timber Press. Portland, Oregon, USA. 288 p.
- LLANOS, P. 1988. Manual hidropónico. Ed. Diario del Agro. Bogotá. 30 p
- LEMAIRE, F. 1995. Physical, chemical and biological properties of growing medium. Acta Hort. 39: 273–284p.
- LEMAIRE, F. FATIGUES, L.; REVEIRE, S.; CHARENTIER y MOREL, P. 2005. Cultivos en macetas y contenedores principios agronómicos y aplicaciones. Madrid; Ediciones Mundi- prensa, 210P.
- LIANG W.; JIANG, Y y ZHANG, Y. 2006 Accumulation of soil soluble salt in vegetable greenhouses under heavy application of fertilizers. Agricultural Journal 1:123-127p.
- MAROTO, B. J. V.; LÓPEZ, G. S. 1988. Producción de fresas y fresones. Ediciones Mundi–Prensa. Madrid, España. 119 p.

- MARTINEZ. J. 2004. Producción de fresa en invernadero. Facultad de Ciencias Agro Tecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua, Memorias del IV simposio nacional de horticultura. Mexico.125p.
- MARTÍNEZ, G.; MERCADO. J.; LÓPEZ, M. y PRIETO, B. 2010. Propiedades Fisicoquímicas de Seis Variedades de Fresa (*Fragaria ananassa*) que se Cultivan en Guanajuato. Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México.7p.
- MARTÍNEZ–BOLAÑOS, M.; NIETO–ANGEL, D.; TÉLIZ–ORTIZ D.; RODRÍGUEZ–ALCAZAR, J.; MARTÍNEZ–DAMIAN, T.; VAQUERA–HUERTA, H. Y CARRILLO MENDOZA, O. 2008. Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses. Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.14 no.2 Chapingo may./ago. 15p.
- MASSA D.; INCROCCI, R.; MAGGINI, G.; CARMASSI, C.; CAMPIOTTI, A. and PARDOSSI, A. 2010. Strategies to decrease water drainage and nitrate emission from soilless culture of greenhouse tomato. Agriculture Water Management 97:971-980p.
- MENESES, V. 2004. Evaluación del comportamiento hidráulico de cuatro líneas de goteo y diferentes sustratos utilizados en el cultivo hidropónico del clavel. Informe practica estudiantil. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia Bogotá.16p.
- MILES, C.; WALTERS, J.; MARTIN, D.; INGLIS, A.; WSZELAKI y WALLACE, R. 2012. High Tunnels, Cultivars and Plant Types Influence Disease Incidence and Severity in Organically Managed Strawberries. En: ASHS Mobile Abstracts, http://ashs.org/abstracts/2012/abstracts12/abstract_id_10001.html.
- MIZRAHI, Y., TALEISNIK, E., KAGAN-ZUR, V., ZOHAR, Y., OFFENBACH, R., MATAN, E. and GOLAN, R. 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality

without reducing yield. En: Journal of the American Society for Horticultural Science, 113, no. 2; p. 202-205p.

MISERDIO, E. 2010. Posibilidad de producción de frutillas en Bariloche,. Horticultura. Agencia de Extensión Rural Bariloche EEA INTA Bariloche. Vol 55. 20p.

MOCCIA, S.; MOCANO, A.; OBERTI y CHIESA .2007. Evaluación comparativa de índices de calidad a cosecha en seis variedades de frutilla (*Fragaria annanassa* Duch. V Congreso Ibero Americano de Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones Cartagena- España 433-441 p.

MOLINA, E.; SALAS, R. y CASTRO, A. 1993. Curvas de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Alajuela. Agronomía Costarricense 17(1):67-73p.

MONTERO, T.; MOLLÁ, E.; ESTEBAN, R and ANDRÉU, F. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. Scientia Horticulturae 65: 239–250p.

MUNNS, R. and TERMAAT, A. 1986. Whole plant response to salinity. En: Australian Journal of Plant Physiology. Vol. 13, no. 1; p. 143-160.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 4103.1997. Ed. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. Bogotá D.C. 8-9 p.

OLIVEIRA.V; FREIRA, F; VENTURIN.R; CARRIJO.O, MACARENTHAS.H. 2002. Caracterización física de los sustratos para la producción de hortalizas. Brasilia. 15p.

OR, D.; WEAGHT, J. M. 2000. Soil water content and water potential relationships. *In* Handbook of soil Science. SUMMER, M.E. (ed). CRC press. Wastington, D.C. 53 – 83 p.

- ORNELAS, J.; YAHIA, N.; RAMÍREZ, J.; PÉREZ, M.; ESCALANTE, V.; IBARRA, C.; ACOSTA, V.; GUERRERO y OCHOA, E 2013. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. *Food Chemistry*. 138 (1), 372 – 381p.
- OROZCO, R.; MARFA, O.; BURÉS, S. 1995. Water status of graded perlites. *Acta Hort*. 401: 137–144p
- OZGUVEN y YILMAZ, 2002. The effects of the gibberelle acid treatments on the yield and fruit quality in strawberry *Fragaria annanassa* Duch cv Camarosa. *Acta horticulturae* 567:277-279 p
- PAPE, T. y LAGGER, D. 1994. Manual for soil descriptions and classification. Department of Soil Science and geology. Wageningen Agricultural University. Wageningen, The Netherlands. 15p.
- PARASKEVOPOULOU, P. y VASSILAKAKIS, C. 1995. Effects of temperature, duration of cold storage and package on postharvest quality of strawberry fruit. *Acta Horticulturae* 379: 337–344p
- PEREZ , M.; OJEDA,M.; MOGOLLON, N. GIMENEZ. A 2013. Efecto sobre los sustratos y ácido giberelico sobre el crecimiento, producción y calidad de fresa *Fragaria ananassa* Duch cv Camarosa. Venezuela. *Revista Bioagro* 25. 31-38p.
- PEREZ Y SANZ, 2008. Tecnicas de poscosecha manejo almacenamiento y transporte de frutos:In *La fresa Huelva* junta de Andalucía. Consejería de agricultura y pesca. Huelva, España, 273 a 276 p.
- PERRIN, R.; WIKELMAN, D.; MOSCARDI.E. y ANDERSON, J. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México. CYMMIT. 54 p.

- PERKINS, V. P. 1995. Growth and ripening of strawberry fruit. *Horticultural Reviews* 17: 267–297p.
- QUIAN, M.; FINN, C.; SCHROEDER, J. 2005. Objective flavor comparison of Oregon strawberries and those from other climatic conditions. Progress report FY 2004–2005, Oregon Strawberry Commission, USA. 7 p.
- QUINTERO, C. 2004. Determinación de las curvas de retención de humedad para sustratos usados en cultivos de flores en la Sabana de Bogotá. Bogotá: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. 16p.
- RAVIV, M. and LIETH, H. 2008. Significance of soilless culture in agriculture. In: *Soilless Culture Theory and Practice*. M. Raviv and H. Lieth (eds.). Ed. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands. 111p.
- RESH, H. 2006. *Cultivos hidropónicos*. Madrid. Ed 5ta, Mundo Prensa. 364p.
- RIVERA A. Y TONG, C. 1998. Commercial Postharvest handling of Strawberries (*Fragaria* spp). Disponible en: <http://www.extension.umn.edu/Documents/D/G/DG6237.html>
- RODRÍGUEZ-DELFIN, A.; CHANG, M.; HOYOS, M. y FALCÓN, F. 2010. Efecto del sustrato sobre la producción de fresa en sistema de columna. *Red Hidroponía, Boletín No 46*. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 11p.
- ROOUELLAC Y TRAJIKOVSKI, 2004, Breeding for fruit quality and nutrición in strawberries. *Acta horticulturae* 842: 737-740 p
- RUBIO, A.2010. La densidad aparente en suelos forestales del parque natural Los Alcornocales. Universidad de Sevilla. Sevilla. 27 p.

- SAMYKANNO, K.; PANG, E. y MARRIOTT. P. 2013. Genotypic and environmental effects on flavor attributes of 'Albion' and 'Juliette' strawberry fruits. *Scientia Horticulturae*. 164, 633-642p.
- SÁNCHEZ C. 2000. Hidroponía, una gota viva de esperanza. Programa de Capacitación Productiva. (PRO.CA.PRO. – JUNAE – DINA.E. MTSS). asanchez@mtss.gub.uy. 16p.
- SÁNCHEZ del C.F; ESCALANTE.R; ESPINOZA.R. 1991. Experiencia sobre la producción de flores y hortalizas de México con sistemas hidropónicos. *Rev Chapingo. Serie Hort* (73-74). 7-13 p.
- SÁNCHEZ. U. 2013. Agencia de noticias Universidad Nacional de Colombia. Bogota. 2p. Disponible en: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/article/innovacion-biosostenible-con-fibra-de-coco.html>
- SANCHO, H. 2010. Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y uso en los programas de fertilización. FERTICA, Costa Rica. San José, Costa Rica. *Informaciones Agronómicas*. N° 36. 11p.
- SANTANDER, F. 2011. Manual de hidroponía popular. 2p. Disponible en <http://www.elmejorguia.com/hidroponia/Sustratos.htm>
- SANTOYO, J Y MARTÍNEZ, C. 2009. Paquete tecnológico para la producción de fresa. Gobierno del estado de Sinaloa, SAGARPA y fundación produce. 10p
- SHANNON, M. C., GRIEVE, C. M. and FRANCOIS, L. E. 1994. Whole-plant to salinity. p. 199-244. En: Wilkinson, R. E., ed. *Plant-environment interactions*. Nueva York: Marcel Dekker.

SAVVAS, D.; SIGRIMIS, E.; CHATZIEUSTRATIOU and PASCHALIDIS,C.; 2009. Impact of a progressive Na and Cl accumulation in the root zone on pepper grown in a closed-cycle hydroponic system. *Acta Horticulturae* 807:451-456p.

SECRETARÍA DE DESARROLLO AGROPECUARIO MÉXICO. 2006. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México, Guía Técnica para el cultivo de la fresa. México. 8,9p. Disponible en: http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/horticola/fresa/groups/public/documents/edomex_archivo/icamex_arch_cultfresa.pdf

SHOKAEVA, D. 2007. Important features of strawberry genotypes and peculiarities of inheritance. *Sodininkyste ir darz ininkyste*. 26:102-114p.

SORIA. J. 2012. Curso de hidroponía básica para principiantes. *Hidroponía y acuarística del Caribe*. 7p. Disponible en: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_247_Curso%20Hidropon%C3%ADa%20Basica.pdf

SONNEVELD, C.; BAAS, R.; NUSSEN, H. M. C and DE HOOG, J. 1999. Salt tolerance of flower crops in soilless culture. En: *Journal of Plant Nutrition*. Vol. 22, no. 6; p. 1033-1048.

STRASSBURGER, A.; NOGUEIRA, R.; ERNANI, J.; BARBOSA, C.; DE SOUZA, D y BUCHWEITZ, J. 2010. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de "dia neutro" em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. *Bragantia*, 69(3), 623-630p.

STRAWBERRY PLANTS. ORG. 2012. Strawberry Varieties. Introduction to the Strawberry varieties page. Disponible en: *Spreading the Passion for Strawberry Plants*, <http://strawberrypants.org/2010/05/strawberry-varieties/>.

- STRIK, B. C.; PROCTOR, J. T. A. 1998. The importance of growth during flower and differentiation to maximizing yield in strawberry genotypes. *Fruit Var. J.* 42:45-48p.
- SZCZESNIAK, A.S. y SMITH, B.J. 1969. Observations on Strawberry Texture, a three-pronged approach. *J. Texture Studies.* 1: 65-89
- TAIZ, L. Y ZEIGER, E. 2006. *Plant Physiology.* 4th ed. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts: pp. 193-219; 539 – 556p.
- TÜZEL I.; TUNALI, U.; TÜZEL, Y. and ÖZTEKIN, G. .2009. Effects of salinity on tomato in a closed system. *Acta Horticulturae* 807:457462p.
- UDURRAGA, P y VARGAS, S. 2013. Manual de frutilla. INIA N° 262. 112 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. 26p.
- VAN-OS, E. 2009. Comparison of some chemical and non-chemical treatments to disinfect a recirculating nutrient solution. *Acta Horticulturae* 843:229-234p.
- VÁZQUEZ-ALVARADO, R.; VALDEZ-CEPEDA, R. Y F. BLANCO-MACIAS, F. 2009. Riego y fertilización del nopal verdura. Memorias del VII Simposium-Taller “Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México”. *Revista Salud Pública y Nutrición. Edición Especial No. 2.* 10p.
- VENCE, B. 2008. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. *Ciencia del Suelo (Argentina)* 26:105–114p.
- VERDONCK, O. y DEMEYER, P. 2004. The Influence of the particle sizes on the physical properties of growing media. *Acta Hort.* 644: 99–101p.

- VERDONCK, O.; PENINCK, R. y DE BOODT, M. 1984. The physical properties of different horticultural substrates. *Acta Hort.* 150:155–167p.
- VERHEUL, M. J.; SØNSTEBY, A.; SVEIN, O. G. 2006. Influences of day and night temperatures on flowering of *Fragaria x ananassa* Duch., cvs. Korona and Elsanta, at different photoperiods. *Scientia Horticulturae*, 112(2): 200-206p
- WALKER, R. R.; KRIEDMANN, P. E. and MAGGS, D. H. 1979. Growth, leaf physiology and fruit development in salt-stressed guavas. En: *Australian Journal of Agricultural Research*. Vol. 30, no. 3; p. 477-488.
- WROLSTAD, R. Y SHALLENBERGER, R. 1981. Free sugars and sorbitol in fruits – a compilation from the literature. *Journal of the Association of Official Analytical Chemist* 64: 91–103p.