

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ**

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Evaluación de un sistema semi hidropónico utilizando dos tipos de sustrato frente a un sistema convencional en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (var. Albión) bajo condiciones de invernadero.

Alcides Ramón Guzmán Jua

Ingeniería en Agronomía

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero agrónomo

Quito, 3 de marzo de 2021

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ**

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

Evaluación de un sistema semi hidropónico utilizando dos tipos de sustrato frente a un sistema convencional en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (var. Albión) bajo condiciones de invernadero.

Alcides Ramón Guzmán Jua

Nombre del profesor, Título académico

Mario Caviedes, PhD.

Quito, 3 de marzo de 2021

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Alcides Ramón Guzmán Jua

Código: 00122894

Cédula de identidad: 1900569169

Lugar y fecha: Quito, 3 de marzo de 2021

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi protector y guía espiritual en toda mi vida.

A la Universidad San Francisco de Quito por darme la oportunidad para formarme como persona y profesional.

A mi familia, especialmente mi madre Eudosia y a mi padre Ramón por haberme inculcado valores que me sirvieron durante mis estudios.

A mi abuelita Faustina y a mis hermanos Adriano, Liliana, Yadira y Diana por ser mi motor de ánimo y perseverancia.

A mi familia quiteña Fernando León, Susana León-Yáñez, Susana Yáñez y Gabriela León por haber sido mi pilar fundamental, ya que sus consejos supieron ayudarme durante mi estancia en la universidad.

A todos mis profesores de la universidad, en especial a mi director de tesis Mario Caviedes que con su experiencia y conocimientos colaboró en mi exitosa formación académica universitaria.

A Santiago Latorre, gerente de la empresa Ecuagroimport por su apoyo al llevar a cabo tan grandioso proyecto.

A Cristian, Darío y Sixto, personal de campo de la Granja Experimental de universidad, por haberme ayudado en la ejecución del experimento.

A mis amigos y compañeros de carrera que juntos emprendimos esta maravillosa profesión.

A mi querida Zamora Chinchipe, especialmente a la comunidad Shuar, por ser mi raíz ancestral y fuente de inspiración para salir adelante y alcanzar los objetivos planificados satisfactoriamente.

RESUMEN

El cultivo de frutilla variedad Albión se evaluó en un sistema semihidropónico utilizando dos tipos de sustrato frente a un sistema convencional en suelo. El experimento fue realizado bajo invernadero en la Granja Experimental de la Universidad San Francisco de Quito, en un área de 200 m². Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 3 tratamientos: T1 (sustrato a base de cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino), T2 (sustrato a base de cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50%), y T3 (cultivo convencional en suelo). Las variables evaluadas fueron: altura de la planta a los 15, 30 y 45 días, días a la floración, número de frutos/planta, peso de frutos/planta, rendimiento por tratamiento, longitud de fruto, diámetro de fruto y grados Brix. El análisis estadístico demostró que no hubo diferencia estadística entre los tratamientos en las variables peso de frutos/planta, longitud de fruto y diámetro de fruto. Para las variables altura de la planta, días a la floración y número de frutos/planta hubo diferencia estadística con superioridad del T3 sobre los tratamientos T1 y T2. En grados Brix, el T2 fue el mejor, frente a los tratamientos T1 y T3, mientras que, en rendimiento por tratamiento, los tratamientos con sustrato fueron superiores al cultivo en suelo, dada la mayor densidad de plantas (140 plantas) frente a (70 plantas). Sin embargo, el T1 fue el mejor frente a los tratamientos T2 y T3.

Palabras clave: Albión, cascarilla de arroz, compost de corteza de pino, fibra de coco, frutilla, semihidroponía.

ABSTRACT

A semi-hydroponic system was evaluated using two types of substrate against a conventional system in soil in the cultivation of the strawberry variety Albion under a greenhouse at the Experimental Farm of the Universidad San Francisco de Quito. The experiment was carried out in an area of 200 m² using a Completely Random Block Design (DBCA) with 3 treatments: T1 (substrate based on rice husk, coconut fiber and pine bark compost), T2 (substrate based on rice husk at 50% and coconut fiber at 50%), and T3 (conventional soil cultivation). The variables evaluated were: plant height at 15, 30 and 45 days, days to flowering, number of fruits / plant, weight of fruits / plant, yield per treatment, length of fruit, diameter of fruit and Brix degrees. The statistical analysis showed that there was no statistical difference between the treatments in the variables weight of fruits / plant, length of fruit and diameter of fruit. For the variables height of the plant, days to flowering and number of fruits / plant there was a statistically significant difference with superiority of T3 over treatments T1 and T2. In Brix degrees, T2 was the best compared to treatments T1 and T3, while, in yield per treatment, substrate treatments were superior to soil cultivation, given the higher density of plants (140 plants) compared to (70 plants). However, T1 was the best compared to treatments T2 and T3.

Key words: Albion, coconut fiber, pine bark compost, rice husk, semi-hydroponics, strawberry.

TABLA DE CONTENIDO

I. Introducción.....	12
1.1 Antecedentes.....	12
1.2 Justificación.....	14
II. Marco teórico.....	15
2.1 Taxonomía y Botánica del Cultivo.....	15
2.2 Botánica del cultivo.....	15
2.2.1 Sistema radicular.....	16
2.2.2 Tallo.....	16
2.2.3 Hojas.....	17
2.2.4 Flores.....	17
2.2.5 Fruto.....	17
2.3 Sistemas hidropónicos y semi hidropónicos.....	17
2.4 Tipos de sistemas hidropónicos.....	19
2.4.1 Sistema o cultura en aguas profundas (DWC).....	20
2.4.2 Sistemas de técnica de flujo laminar con nutrientes (NFT).....	20
2.4.3 Sistemas de flujo y reflujos / inundación y drenaje.....	20
2.4.4 Sistemas aeropónicos.....	21
2.5 Sistemas semi hidropónicos.....	21
2.5.1 Sistema de maceta capilar.....	22
2.6 Sustratos.....	22
2.6.1 Alta porosidad.....	22
2.6.2 pH (5,5-6,0).....	23
2.6.3 Conductividad eléctrica (CE).....	23
2.6.4 Volumen / altura del contenedor.....	23
2.7 Variedades de frutilla.....	24
2.7.1 Variedades de día corto.....	24
2.7.2 Variedades de día neutro.....	25
2.8 Manejo agronómico de la frutilla.....	26
2.8.1 Suelo.....	26
2.8.2 Plásticultura.....	27
2.8.3 Plantación.....	27
2.8.4 Fertilización.....	27
2.8.5 Deshierba.....	27
2.8.6 Riego.....	27
2.8.7 Cosecha.....	28

III. Objetivos e Hipótesis	28
3.1 General.....	28
3.2 Específicos.....	28
3.3 Hipótesis.....	29
IV. Materiales y Métodos	29
4.1 Material biológico.	29
4.2 Materiales del sistema semi hidropónico y convencional.....	29
4.2.1 Semi hidropónico	29
4.2.2 Convencional.....	30
4.3 Métodos de manejo del experimento.....	30
4.3.1 Manejo del experimento.....	30
4.3.2 Fertirrigación	31
4.4 Métodos Estadísticos.....	32
4.4.1 Diseño experimental	32
4.4.2 Unidad experimental	32
4.4.3 Tratamientos	33
4.4.4 Variables a evaluar	33
V. Resultados	35
5.1 Altura de la planta	35
5.2 Días a la floración	39
5.3 Número de frutos/planta	40
5.4 Peso de frutos/planta	41
5.5 Longitud de fruto	42
5.6 Diámetro de fruto.....	43
5.7 Rendimiento por tratamiento	44
5.8 Grados Brix	45
VI. Discusión.....	46
VII. Conclusiones.....	49
VIII. Recomendaciones	51
IX. Referencias bibliográficas.....	52
X. Anexos.....	57
Anexo A: Plan de fertilización de la frutilla	57
Anexo B: Análisis químico del agua de riego	58
Anexo C: Datos de las variables	59
Anexo C1. Altura de la planta (15 días).....	59
Anexo C2. Altura de la planta (30 días).....	59

Anexo C3. Altura de la planta (45 días)	60
Anexo C4. Días a la floración	60
Anexo C5. Número de frutos/planta	60
Anexo C6. Peso frutos/planta	60
Anexo C7. Rendimiento por tratamiento	61
Anexo C8. Longitud de fruto	61
Anexo C9. Diámetro de fruto	61
Anexo C10. Grados Brix	61
Anexo D: Manejo del experimento	62
Anexo D1: Armado de las estructuras del sistema semihidropónico	62
Anexo D2: Colocación del sustrato	62
Anexo D3: Siembra de las plantas	63
Anexo D4: Desarrollo de las plantas	63
Anexo D5: Cosecha	63
Anexo E: Toma de datos	64
Anexo E1: Altura de la planta	64
Anexo E2: Longitud y diámetro de fruto	64
Anexo E3. Grados Brix	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1. Aleatorización de los tratamientos	33
Tabla # 2. ANOVA de la variable altura de la planta a los 15 días después de la siembra	35
Tabla # 3. Prueba de Tukey de la variable altura de la planta a los 15 días después de la siembra.	35
Tabla # 4. ANOVA de la variable altura de la planta a los 30 días después de la siembra	36
Tabla # 5. Prueba de Tukey de la variable altura de la planta a los 30 días después de la siembra.	37
Tabla # 6. ANOVA de la variable altura de la planta a los 45 días después de la siembra	37
Tabla # 7. Prueba de Tukey de la variable altura de la planta a los 45 días después de la siembra	38
Tabla # 8. ANOVA de la variable días a la floración	39
Tabla # 9. Prueba de Tukey de la variable días a la floración.	39
Tabla # 10. ANOVA de la variable número de frutos/planta	40
Tabla # 11. Prueba de Tukey de la variable número de frutos/planta	40
Tabla # 12. ANOVA de la variable peso de frutos/planta	41
Tabla # 13. Prueba de Tukey de la variable peso de frutos/planta	41
Tabla # 14. ANOVA de la variable longitud de fruto	42
Tabla # 15. Prueba de Tukey de la variable longitud de fruto	42
Tabla # 16. ANOVA de la variable diámetro de fruto	43
Tabla # 17. Prueba de Tukey de la variable diámetro de fruto	43
Tabla # 18. ANOVA de la variable rendimiento por tratamiento	44
Tabla # 19. Prueba de Tukey de la variable rendimiento por tratamiento	44
Tabla # 20. ANOVA de la variable grados Brix	45
Tabla # 21. Prueba de Tukey de la variable grados Brix	45

I. Introducción

1.1 Antecedentes

La frutilla es una planta originaria de Chile, perteneciente a la familia botánica Rosaceae. Es baja en calorías y presenta un alto contenido en antioxidantes, proteínas y vitaminas. Ayuda al buen desempeño del metabolismo y estimula la buena digestión del organismo (Chordi, Soliva. 2013). Sin embargo, la fruta cultivada actualmente (*Fragaria x ananassa*) es un híbrido obtenido mediante el cruzamiento de la especie chilena *Fragaria chiloensis* y la variedad norteamericana *Fragaria virginiana*. La altitud óptima del cultivo va desde los 1300 y 3600 msnm con una temperatura que ronda los 15° C (Tonelli, 2010).

Los países principales que producen frutilla en el mundo son China, Estados Unidos, España, México y Turquía (FAO, 2018). La producción de la fruta en el Ecuador está en aumento, gracias a las condiciones agroclimáticas favorables que presenta el país. Ecuador goza de una eterna primavera gracias a su ubicación en la costa noroeste del Pacífico de América del Sur. Precisamente el nombre del país se debe al estar atravesado por la Línea Ecuatorial o Ecuador recibiendo la mayor cantidad de luz a diferencia de otros países del continente. Otro factor es la Cordillera de los Andes, la cual está presente de Norte a Sur, formando la región Interandina o Sierra. Debido a esto, el país recibe ventajas alimenticias en sus productos, haciéndolos únicos por su gran calidad en sabor y variedad (Vintimilla, 2014).

Pichincha es la provincia con la mayor producción nacional de frutilla abarcando el 58%. A continuación, está Tungurahua con el 35%. Finalmente se encuentran las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Azuay con un 7% de producción. (Chávez, 2019).

En Pichincha, la parroquia Yaruquí es la zona con mayor área de superficie cultivada, siendo las variedades Albión y Monterrey las más utilizadas gracias a sus excelentes resultados en rendimiento, contenido de azúcar y mayor vida post cosecha (Parra, 2018).

Para el cultivo de la frutilla, generalmente se utiliza un sistema convencional en suelo agrícola, realizando previamente un análisis de suelo para determinar la cantidad de nutrientes en la superficie a cultivar. Es necesario la preparación del terreno, desfonde, desinfección y acolchado con propileno de color negro. La fertilización debe ser óptima y utilizar abonos agrícolas en bajas cantidades (Villagrán et al. 2013).

En este sistema el manejo cultural no es el más adecuado. De esta forma, la hidratación puede ser incompleta, ya que, al realizar este proceso, parte del suministro proporcionado al cultivo se filtra, perdiendo una cierta cantidad de agua. El sistema convencional requiere una mayor cantidad de mano de obra; además que, al estar trabajando éstos agachados o de cunclillas se produce un cansancio muscular para cada trabajador y ya durante la tarde, el rendimiento de mano de obra de cada uno de ellos será menor (Toigo, 2015).

El manejo de plagas y enfermedades representa la mayor preocupación en este sistema por su alta incidencia en el cultivo. Las plagas que más atacan son la araña roja, los trips y las larvas del lepidóptero *Heliothis zea*. Entre las enfermedades más representativas se encuentran la Podredumbre gris, oídio, antracnosis, mancha púrpura y la pudrición de la corona, siendo esta última la más perjudicial. La planta al estar en el suelo es vulnerable a los ataques de diferentes hongos como *Phytophthora* sp. y *Phytium* sp, los cuales afectan el sistema radicular ocasionando la podredumbre de la raíz. Otros hongos como *Rhizopus* sp. y *Rhizotonia* sp. afectan los frutos y el posterior desarrollo de la podredumbre del fruto, lo cual origina pérdidas significativas si no se almacena inmediatamente la fruta a bajas temperaturas (Morales et al. 2017).

Por tal razón, es necesario buscar otros sistemas de cultivo innovadores como la semi hidroponía.

1.2 Justificación

La semi hidroponía es una nueva tecnología que incorpora nuevas herramientas, nuevos métodos y procesos a los cultivos. Su utilización reduce enormemente el uso innecesario de algunos agroquímicos y el ahorro económico es significativo (Agritotal, 2018).

Un cultivo semi hidropónico no se encuentra en el suelo, sino más bien se extiende en chorizos o canales abiertos con sustrato establecidos a una altura de 1 m mínimo sobre estructuras de hormigón, metal o madera. Las ventajas de efectuar esta estrategia empiezan por el aprovechamiento de cualquier tipo de terreno. El uso de sustrato es muy eficiente, ya que hace la función de esponja reteniendo el agua por mucho más tiempo dentro de cada chorizo o canal abierto, permitiendo que la planta se nutra constantemente. Además, el sustrato lleva cascarilla de arroz que permite la aireación, evitando que se compacte. Entonces, la planta al tener esa porosidad puede consumir más nutrientes. El ahorro hídrico es otra de las ventajas que genera el tipo de cultivo debido a que el agua es dosificada diariamente. Así, ya se tiene un porcentaje calculado para hidratar los sustratos (Jesú, 2018).

Con esta estrategia agrícola es posible optimizar el espacio y duplicar su uso. Otra ventaja significativa del cultivo semi hidropónico de frutilla es que, a los agricultores o a las personas que están implementando este cultivo se les hace más fácil el manejo, ya que la estructura al estar a una altura adecuada hace que la siembra y la poda sean tareas diarias mucho más sencillas y la cosecha resulta óptima. Debido a tal característica, el rendimiento de mano de obra es mucho mayor, pues se necesitará una cantidad menor de obreros trabajando en el cultivo. El control de plagas es otra ventaja importante. En un

cultivo establecido en el suelo algunas plagas importantes suelen atacar al cultivo perjudicando su producción. En un cultivo semi hidropónico hay menor incidencia de humedad y por tanto de hongos, evitando el gasto innecesario de fungicidas e insecticidas (Quishpe, 2013).

Cabe agregar que con la implementación de un cultivo semi hidropónico de frutillas se promueve la conservación y el cuidado del suelo, además de utilizar este espacio libre para otro cultivo apto como pastos o simplemente conservar las hectáreas de la propiedad como un terreno fértil para cualquier propósito a futuro.

II. Marco teórico

2.1 Taxonomía y Botánica del Cultivo

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Rosoideae

Género: *Fragaria*

Especie: *Fragaria chiloensis* var. *Ananassa* (Trópicos.org. 2020).

2.2 Botánica del cultivo

La frutilla es una planta herbácea y perenne, de estatura pequeña, cultivada específicamente por sus frutos, los cuales son muy apetecidos en el mercado nacional e internacional.

2.2.1 Sistema radicular

La raíz es fasciculada y se pueden distinguir dos tipos: raíces principales largas y raíces secundarias derivadas de las principales. En una planta desarrollada, las raíces principales son generalmente escasas y se pueden contar hasta 50 de ellas. Tienen cambium vascular y suberoso, y están encargadas del almacenamiento de nutrientes y del anclaje de la planta. Las raíces secundarias son numerosas con ciclo de vida corto. No presentan cambium vascular ni suberoso. Son delgadas, claras y están agrupadas en forma de cabellera. La función primordial es la absorción de agua y nutrientes del suelo (Adlercreutz, 2016).

En condiciones favorables edafoclimáticas, pueden emerger nuevas raíces de la corona en la base de cada hoja, pero si la corona está sobre la superficie, éstas se secan. La longitud del sistema radicular puede ser diferente de acuerdo a la variedad, condiciones edáficas, patógenos y humedad del suelo. Sin embargo, normalmente alcanza 30 cm aproximadamente en forma horizontal y entre 30 y 50 cm en forma vertical (Lozada, 2017).

2.2.2 Tallo

El tallo es un rizoma cilíndrico, grueso y de tamaño pequeño con aproximadamente 3 cm de longitud. Del rizoma emergen yemas, las cuales evolucionan en coronas o estolones que darán nacimiento a cuatro o más plántulas hijas iguales a la planta madre. Los estolones son de color verde y se van alargando poco a poco en forma lateral hasta alcanzar un tamaño variable de acuerdo a la variedad del cultivo y condiciones edafoclimáticas. Los estolones son tallos verdaderos especializados en el transporte de los nutrientes o asimilados y tienen una función de sostén para las nuevas plántulas en su fase inicial de crecimiento (Caminiti, 2015).

2.2.3 Hojas

Las hojas presentan un haz de color verde intenso y un envés pseudo - pubescente, tienen forma trifoliar con bordes aserrados y están dispuestas en una roseta. El limbo es brillante, con una alta cantidad de estomas, razón por la cual pueden perder agua fácilmente. Los pecioloos son verdes, largos y también presentan pubescencia. Tienen estípulas en sus bases, las cuales los protegen y un brote del cual se originan las nuevas hojas o inflorescencias (Días et al.2015).

2.2.4 Flores

Las flores están agrupadas en una inflorescencia desarrolladas a partir de una yema terminal. Tienen un color blanco muy representativo y generalmente son hermafroditas o perfectas, ya que poseen los dos sexos. El cáliz está formado por 5 sépalos de color verde claro. La flor está formada por 5 o 6 pétalos blancos ovales, contienen entre 20 y 40 estambres y abundantes pistilos ubicados sobre un receptáculo de buen grosor (Pérez, 2018).

2.2.5 Fruto

La frutilla posee un fruto agregado o aquenio, formado a partir del receptáculo desarrollado debido a la fecundación de los óvulos en la polinización. Cuando el fruto está maduro, tiene un color rojo característico en la mayoría de las variedades, pulpa de color rojo claro la cual puede ser hueca o compacta. El tamaño está entre los 2 y 5 cm de diámetro (Sepúlveda, 2015).

2.3 Sistemas hidropónicos y semi hidropónicos

La hidroponía es el arte de cultivar un huerto sin tierra. En este sistema se utiliza agua con nutrientes específicos, los cuales son requeridos por las plantas. Se utilizan bombas para poder circular el agua con los nutrientes y al mismo tiempo se oxigena la solución para evitar daño en las raíces. La hidroponía brinda un ahorro de agua esencial,

ya que se aprovecha al máximo cualquier cantidad del líquido vital. Con un espacio mínimo, ahorrando más agua que en la agricultura tradicional y un diseño novedoso, la hidroponía se caracteriza por ofrecer una producción rápida en todos sus cultivos (Beltrano, Giménez. 2015).

La historia de la hidroponía empieza en los Jardines Colgantes de Babilonia, famosos por ser una de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo. Esta tecnología funcionaba con la desviación del caudal del río Éufrates terminando en unos canales que caían en forma de cascada por los muros del jardín. Por otro lado, Marco Polo dice haber visto personalmente unos jardines flotantes en Asia en el siglo XIII. No obstante, la hidroponía como tal no es una tecnología de vanguardia heredada de los antiguos reinos. En los años noventa, la NASA logró cultivar plantas de leguminosas utilizando la aeroponía sin gravedad en una de las estaciones espaciales, dando esperanza a la posibilidad de producir una agricultura sostenible a largo plazo en el espacio. Por ello, la hidroponía es una gran alternativa para la producción de alimentos utilizando poco espacio y ahorrando agua considerablemente (Soria, 2012).

Este sistema favorece un crecimiento rápido vegetal, mayores rendimientos y una calidad por excelencia en el sabor de los productos. Cuando una planta se cultiva en el suelo, sus raíces buscan constantemente la nutrición necesaria para sustentar la planta. Si la planta tiene su sistema radicular expuesto directamente al agua con la solución nutritiva, ésta no gasta energía innecesariamente. La energía que la planta habría gastado para absorber nutrientes es utilizada en todos los procesos de la maduración de los frutos. Como resultado, el crecimiento de las hojas se desarrolla casi al mismo tiempo que las flores y frutos. Las plantas no requieren del suelo para realizar el proceso de la fotosíntesis. El suelo es necesario para su alimentación, ya que de él absorben el agua y

los nutrientes. Cuando los nutrientes son disueltos en agua, éstos son tomados por la raíz de la planta a través de procesos como nebulización, inundación e inmersión (Soto, 2015).

Los sistemas hidropónicos facilitan un control específico de los factores ambientales como la temperatura y el equilibrio del pH, así como la exposición directa a la solución nutritiva. El sistema funciona a través de un objetivo principal: dar a las plantas la alimentación que necesitan y cuando la necesitan. La hidroponía permite administrar los nutrientes de acuerdo con las necesidades que el cultivo en particular lo requiere. Además, el agricultor puede controlar la cantidad de luminosidad que las plantas están recibiendo, así como el tiempo de exposición. Al controlar el entorno de la planta, se reducen muchos elementos de riesgo. Las plantas que se cultivan tradicionalmente en suelo agrícola presentan factores que impactan negativamente en su crecimiento y desarrollo. Los hongos en el suelo pueden transmitir enfermedades a las plantas y las plagas pueden afectar todos los cultivos. Los sistemas hidropónicos eliminan los factores bióticos y abióticos que perjudican la producción de los cultivos en campo abierto. Sin suelo, la planta germina más rápido, haciendo que la maduración sea precoz sin disminuir la calidad y tamaño de la planta. Además, al evitar la presencia de hongos de suelo, se eliminan los fungicidas y los alimentos cosechados en este sistema son más saludables y de óptima calidad (Zaragoza, 2013).

2.4 Tipos de sistemas hidropónicos

Hay cuatro tipos principales de sistemas hidropónicos:

- Sistema o cultura en aguas profundas (DWC)
- Técnica de flujo laminar con nutrientes (NFT).
- Flujo y reflujo (inundación y drenaje)
- Aeroponía

2.4.1 Sistema o cultura en aguas profundas (DWC)

El cultivo en aguas profundas es sin duda el tipo de sistema hidropónico más fácil de usar. En un sistema de cultivo en aguas profundas, se necesita un tanque para contener la solución nutritiva. De esta forma, las raíces de las plantas reciben continuamente el suministro de oxígeno, agua y nutrientes que necesitan. Para suplir el oxígeno a las plantas, el sistema utiliza una bomba de aire para ponerlo a disponibilidad en la solución, evitando que las raíces tomen un color marrón, signo de ahogamiento radicular. Generalmente, las plantas son colocadas en macetas de red y éstas a su vez son ubicadas sobre una tabla a base de espuma o sobre la superficie del tanque (TECA, 2015).

2.4.2 Sistemas de técnica de flujo laminar con nutrientes (NFT)

La técnica NFT, es un sistema hidropónico comercial muy conocido. En este sistema, las plantas son cultivadas en canales o tubos que contienen una solución nutritiva. Esta solución es bombeada desde el tanque principal y circula desde un extremo hasta otro. Cuando la solución llega al final del tubo, cae sobre un canal para ser llevada de regreso al tanque principal y la circulación empieza nuevamente. La recirculación es igual al sistema de aguas profundas, pero se diferencia de ésta en la ubicación de las raíces, ya que el sistema radicular no se encuentra sumergida en su totalidad. Las plantas son colocadas sobre agujeros establecidos en los tubos utilizando macetas de red o esponjas (Rodríguez, 2013).

2.4.3 Sistemas de flujo y reflujo / inundación y drenaje

Los sistemas de flujo y reflujo, que también se conocen con el nombre de inundación y drenaje, son un sistema menos común. Son muy eficientes y pueden ser una gran alternativa si no se cuenta con recursos para la implementación de un sistema hidropónico a gran escala. A diferencia de los sistemas DWC y NFT, un sistema de flujo y reflujo no expone las raíces de sus plantas a la solución de nutrientes de manera

constante. En cambio, se cultiva en una bandeja llena de medio de cultivo. La bandeja se inunda con su solución nutritiva varias veces al día, dependiendo de factores como:

- Tamaño de las plantas
- Requerimiento de agua
- Temperatura del invernadero
- Área de crecimiento de las plantas

La inundación se realiza a través de un tanque debajo de la bandeja, una bomba de agua y un temporizador que se ajusta para la circulación de la solución con intervalos de tiempo. Una vez que la bandeja se ha inundado, por efecto de gravedad la solución vuelve al tanque, donde es oxigenado con una bomba de aire. La programación del temporizador marcará el próximo intervalo para seguir con el proceso (Chacón, Tigse. 2017).

2.4.4 Sistemas aeropónicos

Son considerados sistemas hidropónicos de vanguardia. La aeroponía es parecida a un sistema NFT, ya que las raíces no están sumergidas completamente en una solución. La principal diferencia es que un sistema aeropónico rocía la raíz directamente con la solución nutritiva constantemente en lugar de suministrar un canal con solución de flujo permanente. La mayoría de los agricultores nebulizan en un ciclo parecido al sistema inundación y drenaje, pero el ciclo es más corto. Por ello, calculan unos minutos entre cada nebulización. A veces se rocía continuamente con un rociador más delgado con el fin de lograr un mayor suministro de oxígeno a la raíz (Otazú, 2010).

2.5 Sistemas semi hidropónicos

Los sistemas semi hidropónicos son llamados también sistemas de cultivo fuera de tierra. Los cultivos se plantan en sustratos inertes y se les suministran soluciones ricas en nutrientes, oxígeno y agua.

2.5.1 Sistema de maceta capilar

Este sistema usa macetas que son colocadas en una solución nutritiva de poca profundidad o a su vez en una superficie capilar saturada con nutrientes. Los diversos sustratos que están disponibles para este sistema incluyen arcilla expandida, fibra de coco, aserrín, arena fina y una serie de otros materiales finos que contienen más espacio de aire que las mezclas para macetas tradicionales para garantizar un mayor suministro de oxígeno a las raíces. Los cultivadores de ciertas epífitas en plantas como orquídeas y bromelias a menudo prefieren este método, ya que expone las raíces de la planta al aire circundante en su hábitat natural (Zaragoza, 2013).

El sistema también es un método tradicional para la producción de plantas en macetas, que se beneficia de niveles reducidos de pudrición de la raíz y la humedad ambiental adicional proporcionada a través de la evaporación de la estera capilar o solución nutritiva. El sistema de macetas capilares permite que el agua y los nutrientes pasen a las raíces, al tiempo que evita que las bacterias y otros patógenos dañen las raíces. Tampoco hay riesgo de que entren bacterias en el sistema, lo que reduce la cantidad de agroquímicos necesarios. Este sistema crea un grado moderado de estrés hídrico, que mejora el sabor de cultivos frutales como los tomates al acumular nutrientes, lo que da como resultado frutas con grandes cantidades de azúcar y aminoácidos (Zárate, 2014).

2.6 Sustratos

Las plantas de frutilla necesitan sustratos adecuados con buena porosidad, buen drenaje, buena retención de humedad y con densidades acordes a la temperatura del invernadero (Abdallah, 2015).

2.6.1 Alta porosidad

La frutilla requiere grandes cantidades de oxígeno en sus raíces. Por esa razón, es indispensable que la frutilla se siembre en sustratos con porosidad alta. Como las

propiedades químicas y físicas de los sustratos de base biológica pueden variar según las diferentes fuentes, se recomienda una pequeña prueba para evaluar los materiales antes de introducirlos a gran escala (Vence, 2012).

2.6.2 pH (5,5-6,0)

El pH del sustrato debe estar entre 5.5 y 6.0 con el fin de que la raíz logre un pH entre 6.0 y 6.5 que es lo ideal para el cultivo. Si el pH en la zona radicular sobrepasa los 7.0 se produce un desequilibrio en la planta. Las hojas pierden su color verde característico, tornándose amarillentas debido a la deficiencia de hierro, especialmente las hojas jóvenes. El riego para las plantas en sustrato es limitado, ya que apenas sobrepasa los 500 ml por día. Sin embargo, el volumen de sustrato es mucho mayor alcanzando más de 2 litros por planta. Es conveniente aplicar nitrógeno amónico ($\text{NH}_4\text{-N}$) para equilibrar el pH de la zona de la raíz evitando exceder los 7.0. La aplicación de $\text{NH}_4\text{-N}$ debe ser realizada minuciosamente, ya que el exceso del producto promueve la producción de más brotes foliares y menos flores. Las raíces en crecimiento activo en hidroponía absorben iones de hidrógeno (H^+) junto con la absorción de $\text{NO}_3\text{-N}$. Por consecuencia, aumenta el pH de la zona de la raíz haciéndose básica. Sin embargo, cuando las raíces sean viejas, el pH bajará a causa de la oxidación y deterioro de estas (Barbaro et al. 2014).

2.6.3 Conductividad eléctrica (CE)

Las frutillas requieren un CE hasta 1.0 dS / m. Cuando la CE de la zona de la raíz excede 1,2 dS / m, se enjuaga la zona de la raíz con agua para eliminar las sales excesivamente acumuladas en la zona de la raíz (Molina, 2010).

2.6.4 Volumen / altura del contenedor

El volumen de sustrato recomendado es de dos litros por planta, pero hay una mejor respuesta de la planta cuando se utiliza un volumen mayor de sustrato. Pero, los

contenedores altos funcionan mejor que los pequeños, ya que los contenedores altos tienen mejor drenaje (Abdallah, 2015).

2.7 Variedades de frutilla

Las variedades de frutilla pueden clasificarse en dos grandes grupos de acuerdo a la cantidad de horas luz que requieren. Estos grupos corresponden a variedades de día corto y variedades de día neutro.

2.7.1 Variedades de día corto

Las variedades de día corto requieren días cortos, generalmente menos de 14 horas luz para producir sus frutos. Las variedades más representativas son Camarosa y Benicia (Portal Frutícola, 2017).

2.7.1.1 Camarosa

La planta produce frutos rojos y brillantes de gran tamaño. El potencial de rendimiento es de alto a excelente. Es una variedad sensible a Oidio. La densidad de plantación ronda las 55.000 plantas/ha., con un marco de plantación de 29 cm entre plantas (Restrepo, Aristizabal. 2010).

2.7.1.2 Benicia

Esta es una planta de vigor moderado a alto. Produce una baya un poco más grande y firme. Tiene buen sabor y un color interior más oscuro y uniforme. Es resistente a enfermedades, excepto que es susceptible a la marchitez por *Verticillium*, lo que requiere más cuidados por parte del productor para poder cultivar con éxito esta variedad. Es tolerante a lluvias y resistente a Oidio, a diferencia de la variedad Camarosa. Tiene una densidad de plantación de 55.000 plantas/ha. y un marco de plantación de 29 cm entre plantas (Medina, 2020).

2.7.2 Variedades de día neutro

Estas variedades tienen la capacidad de florecer y dar frutos sin importar cuán largos o cortos sean los días. Hoy en día existen varias variedades excelentes y son una gran opción en producción, porque proveen un suministro constante de fruta en lugar de que todo madure al mismo tiempo. Destacan las variedades Albión, San Andreas y Monterrey (Bolda, 2013).

2.7.2.1 Albión

Variedad de día neutro con buena producción y vida post cosecha. Planta de crecimiento inicial lento y tamaño intermedio. Fruto firme de color rojo externamente con hombros claros y elevada cantidad de azúcar (10-14° Brix). Requiere P, K antes de la plantación y N en su etapa inicial. Tiene menor ataque de *Botrytis* por ser tolerante a las lluvias. Es resistente a podredumbre de la fruta gris y la antracnosis de las hojas. Sin embargo, es sensible a ácaros. Tiene una densidad de plantación de 65.000 plantas/Ha, con un marco de plantación de 25 cm entre plantas. El potencial de rendimiento es 75 Ton/Ha para un periodo de 9 meses. En el mercado es muy utilizada en fresco por su gran aporte de azúcar. En la agroindustria se procesa como congelado (López-Valencia et al. 2018).

2.7.2.2 San Andreas

Es una variedad moderadamente neutra, con mayor respuesta al fotoperiodo. Tiene una producción ligeramente superior que Albión. La planta tiene un igual a las otras variedades y resalta la precocidad en su desarrollo vegetativo. Por tal motivo es muy importante verificar la temperatura para evitar exceso crecimiento foliar, haciendo que la producción sea tardía. El fruto posee un color uniformizado en toda la baya con una pulpa clara. En general tiene mayor resistencia a enfermedades como Oidio y tolera a algunas enfermedades causadas por la presencia de hongos en el suelo. Tiene una densidad de

plantación de 62.000 plantas/ha. y un potencial de rendimiento de 78 Ton/Ha para un período 9 meses. Tienen muy buena aptitud como fruta fresca por su buen tamaño, color y brillo (Ramos, 2011).

2.7.2.3 Monterrey

Es una variedad con precocidad en la floración. La producción de la variedad Monterrey es muy parecida a la variedad Albión. Al igual que la variedad San Andreas, tiene un desarrollo vegetativo muy abundante, el cual debe ser controlado para evitar una producción tardía, debido al gasto energético en el crecimiento foliar. El fruto es de color rojo externo parejo con una pulpa roja también. Tienen firmeza y buena vida postcosecha. Para su manejo es importante proporcionar nitrógeno en las etapas iniciales del establecimiento del cultivo. En la etapa de producción la fertilización con N, P, K, C, Mg debe ser superior a las otras variedades de día neutro. Presenta una adecuada tolerancia a lluvias y por ende a la *Botrytis*. Tiene una densidad de plantación de aproximadamente 62.000 plantas/ha. y su potencial de rendimiento es de 81 Ton/Há. para un periodo de 9 meses (Villagrán, et al 2014).

2.8 Manejo agronómico de la frutilla

La labranza del suelo y la disponibilidad de nutrientes pueden mejorarse mediante el uso de abonos verdes.

2.8.1 Suelo

El suelo para el cultivo de la frutilla debe ser equilibrado de acuerdo a su estructura y composición química. Además, debe tener abundante materia orgánica y drenaje excelente, buena aireación y retención de agua. El suelo debe ser franco-arenoso con un ph entre 6 y 7 (Bolda, Surendra, 2015).

2.8.2 Platicultura

El cultivo de frutilla necesita una buena temperatura en el suelo. Es por esto por lo que se utiliza plástico sobre las camas donde se siembran las plantas. Debajo del plástico se coloca el riego que generalmente es por goteo. Esta actividad facilita la floración y posterior producción. Además, evita el crecimiento excesivo de la maleza, quemadura foliar y protege de la erosión por las lluvias (Chiqui, Lema. 2020).

2.8.3 Plantación

La frutilla se siembra en agujeros distribuidos a lo largo de las camas en un sistema 3 bolillo. Al momento de plantar se considera la corona como un punto de referencia, ya que esta se cubre con la tierra o sustrato un poco más de la mitad, para tener un buen desarrollo de la planta. (Olivera, 2012).

2.8.4 Fertilización

La fertilización es primordial. Se necesita tener un plan de fertilización para las diferentes etapas del cultivo, especialmente en la etapa inicial y durante la producción. Después de la primera cosecha, las plantas se fertilizan para vigorizarlas y promover una nueva producción (Romero-Romano et al. 2012).

2.8.5 Deshierba

Se realiza a menudo, especialmente en el cultivo en suelo durante las primeras 6 a 8 semanas. El propósito es eliminar las malas hierbas y aflojar el suelo (Medina, 2015).

2.8.6 Riego

El riego es esencial para la producción de frutillas de alto rendimiento. Como las plantas de frutilla tienen raíces cortas, el agua debe ser permanente para alcanzar una alta producción. Se requiere un promedio de 300 mm a 450 mm de agua de riego durante la temporada de crecimiento. Se debe respetar la calidad del agua, independientemente del

propósito de aplicación del agua. Las frutillas son sensibles a la sequía severa; un suelo o sustrato seco las elimina o disminuye la formación de frutos. Por otro lado, no toleran el anegamiento, haciendo que las raíces no tomen oxígeno, lo cual permite el ataque de diversos hongos presentes en el suelo. Las frutillas necesitan una dosis de 25 mm de agua por semana. Se deben administrar aproximadamente 50 mm de agua semanalmente desde la floración hasta la plena cosecha (García, 2015).

2.8.7 Cosecha

Los frutos aparecen a los 28 o 30 días si las condiciones son óptimas después de la primera floración. El tiempo que dura la primera floración hasta la plena floración es de 12 días. Se produce un gran aumento en la cantidad de frutos maduros durante los primeros 4 a 6 días de cosecha. Los frutos se cosechan cada dos días a temperaturas normales durante 6 o 7 cosechas. Es importante no recoger los frutos cuando las plantas estén mojadas. Se debe mantener los frutos cosechados con sombra y guardarlos en refrigeración inmediatamente. Los frutos para recoger deben estar completamente rojos para obtener un buen tamaño y altos grados Brix, ya que éstos no mejoran en calidad después de la cosecha (Morales, 2017).

III. Objetivos e Hipótesis

3.1 General

Determinar la eficiencia de un sistema semi hidropónico utilizando dos tipos de sustrato frente a un sistema convencional en el cultivo de la frutilla variedad Albión.

3.2 Específicos

- Cuantificar la respuesta en dos tipos de sustrato y suelo agrícola en el cultivo de frutilla variedad Albión.

- Evaluar la respuesta de dos sustratos en un sistema semi hidropónico y convencional a través de las variables: altitud de la planta, días a la floración, longitud de fruto, diámetro de fruto, peso de frutos/planta, número de frutos/planta, rendimiento por tratamiento y grados Brix.
- Seleccionar el mejor sustrato de un sistema semi hidropónico para el cultivo de la frutilla bajo invernadero.

3.3 Hipótesis

Los sistemas semi hidropónicos facilitan el mayor rendimiento productivo frente a un sistema convencional en el cultivo de la frutilla.

IV. Materiales y Métodos

4.1 Material biológico.

Las plantas de variedad Albión fueron proporcionadas por la empresa Ecuagroimport con un total de 1400. Se eligió a la variedad, ya que es muy utilizada en el Ecuador por la mayoría de los productores de frutilla gracias a su buena producción y excelente vida post cosecha. Aunque puede ser sensible a plagas como ácaros, es muy resistente a diversas enfermedades.

4.2 Materiales del sistema semi hidropónico y convencional

4.2.1 Semi hidropónico

- 2 rollos de cable 3 mm x 1000 mts
- 2 rollos de plástico de polietileno.
- 1 cabezal de riego, válvulas y accesorios
- 2 rollos cinta Hidrotrip x Rollo – 1500 m.
- Tabla de 1m x 0.10 m
- Tabla de 1m x 0.20 m

- 112 cariavacas
- 58 sacos sustrato Sustrafresa

4.2.2 Convencional

- 1 rollo plástico liso negro – 1.20 x 600 m
- 1 cabezal de riego, válvulas y accesorios
- 2 rollos cinta Hidrotrip x Rollo – 1500 m.
- Manguera y accesorios.

4.3 Métodos de manejo del experimento

4.3.1 Manejo del experimento

4.3.1.1 Invernadero

Se reestructuró el área seleccionada donde antes se encontraban cultivos de tomate y pimiento y se estableció el invernadero. Para ello, se colocó un sarán nuevo de color blanco para aumentar luz y bajar la temperatura.

Para el techo, se estableció un plástico pentacapa especial para berries con un porcentaje de difusión ≥ 54 , el cual fue otorgado por la empresa Ecuagroimport, teniendo una dimensión de 7.9 m de ancho y 106 m de largo cada nave. El área total del invernadero es de 400 m² y el área destinada al proyecto es de 200 m².

4.3.1.2 Armado de las camas

Se realizó una labor de arado y a continuación se pasó rastra para evitar la presencia de terrones, luego se hizo una nivelación manual del terreno y la posterior elaboración de las camas. Aquí se colocó el plástico de polietileno sobre las camas previamente establecidas y se realizaron los agujeros para la colocación de las plantas.

Las camas tienen una altura de 0.35 m y un ancho de 0.60 m en su base y en su parte superior 0.50 m. La distancia entre camas es de 0.60 m.

Se realizó la primera deshierba a los 20 días después de la siembra en suelo, así como en los sustratos; esto debido a la germinación de algunas plántulas de arroz a causa de la utilización de cascarilla de arroz en los sustratos.

4.3.1.3 Construcción de la Estructura

Se colocaron los postes junto con las cariavacas, las cuales son unas piezas metálicas que sirven de soporte y dan forma a las canaletas. Las dimensiones de las estructuras son las siguientes:

Cada estructura para el sistema semihidropónico tiene una longitud de 9.5 m, 0.60 m ancho y una altura total de 1.30 m, compuesta de 2 canaletas horizontales, las cuales tienen una altura de 0.18 m, un ancho de 0.20 m y una distancia entre canaletas de 0.20 m. Las canaletas 14 postes (7 por lado) a una distancia de 1.50 m, se ubicaron a una profundidad de 0.30 m y la distancia entre estructuras y camas se estableció en 0.60 m.

Luego de hacer los hoyos y el ajuste de los postes se procedió a poner el cable galvanizado en los extremos de las cariavacas para dar la forma a las canaletas horizontales semi hidropónicas. Una vez establecidas las estructuras, se colocó el plástico sujetándolo con el cable a las cariavacas para que queden firmes en la estructura.

Finalmente, se colocó el sustrato cuidadosamente. Para ello, se fue regando sobre el plástico poco a poco hasta que ocupe todo el volumen de cada canaleta. Posteriormente se niveló el sustrato y se regó para humedecerlo previo a la plantación.

4.3.2 Fertirrigación

Productos aplicados por semana

- Solución A (3 Litros): Ultrasol inicial (15-30-15) 330 gr.
- Solución B (3 Litros): Nitrato de Potasio 85 gr + Sulfato de magnesio 220 gr.
- Solución C (3 Litros): Nitrato de Calcio 339 gr

Se realizaron 3 fertirriegos diarios de 100 L de la siguiente manera:

- 200 cc Solución A
- 200 cc Solución B
- 200 cc Solución C
- 5 cc Microponic.

Se utilizó agua potable, con el fin de evitar utilizar agua de reservorio ya que no era recomendable utilizarla por la posible presencia de hongos.

4.4 Métodos Estadísticos

4.4.1 Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar o DBCA, con 3 tratamientos y 4 repeticiones o bloques. Se utilizó la prueba de significación Tukey al 5% de significación y se analizaron 8 variables: altura de la planta, días a la floración, número de frutos/planta, longitud del fruto, diámetro de fruto, rendimiento, peso fruto y grados Brix.

4.4.2 Unidad experimental

El diseño estuvo conformado por 12 unidades experimentales sembradas a doble hilera con una distancia de plantación de 25 cm entre plantas, 15 cm entre hileras en el semihidropónico y 25 cm entre plantas, 20 cm entre hileras en suelo con un sistema 3 bolillo. El número de plantas fue de: 1120 en sustrato y 280 en suelo, para un total de 1400 plantas.

Tabla # 1. Aleatorización de los tratamientos

Bloques	Tratamientos		
B1	T1	T2	T3
B2	T2	T3	T1
B3	T3	T1	T2
B4	T3	T2	T1

4.4.3 Tratamientos

El experimento constó de 3 tratamientos, que son los siguientes:

- Tratamiento 1 Sustrafresa: Sustrato a base de cascarilla de arroz, compost de corteza de pino y fibra de coco.
- Tratamiento 2 Sustrafresa: Sustrato a base de cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50%.
- Tratamiento 3: Cultivo convencional en suelo.

4.4.4 Variables a evaluar

4.4.4.1 Altura de la planta

Esta variable se midió en cm a los 15, 30 y 45 días después de la siembra considerando la distancia entre la corona y el ápice de la hoja terminal.

4.4.4.2 Días a la floración

Se contaron los días desde la primera siembra hasta la primera floración de más del 50% de las plantas en cada tratamiento.

4.4.4.3 Número de frutos/planta

Se seleccionaron 10 plantas para cada tratamiento y se contó la cantidad de frutos por cada planta seleccionada.

4.4.4.4 Longitud de fruto

Se eligieron los frutos de las plantas seleccionadas por tratamiento para medirlos y calcular el promedio.

4.4.4.5 Diámetro de fruto

Se midió el diámetro de los frutos de las plantas seleccionadas por tratamiento y se calculó el promedio.

4.4.4.6 Peso fruto

Se pesaron los frutos obtenidos de las 10 plantas seleccionadas por tratamiento expresándolos en gramos.

4.4.4.7 Rendimiento por tratamiento

Se estimó en kg/ha la producción obtenida en base a la densidad de plantas por tratamiento. Esto de acuerdo a la densidad de plantación en la variedad Albión (65,000 plantas/ha) con 6 cosechas durante 2.5 meses de cultivo.

4.4.4.8 Grados Brix

Se obtuvieron los frutos de cada planta seleccionada por tratamiento para obtener una pasta. Luego se colocó en el refractómetro para obtener el valor.

V. Resultados

5.1 Altura de la planta

Tabla # 2. ANOVA de la variable altura de la planta a los 15 días después de la siembra

ANOVA					
Fuentes	GL	SC	CM	Fc	Ft
TOTAL	11	33.7			
BLOQUES	3	0.12	0.04	0.31	4.34
TRATAMIENTOS	2	32.82	16.41	126.23*	3.46
ERROR EXPERIMENTAL	6	0.76	0.13		

*significativo $p \leq 0,05$

CV: 4.51%

Sy: 0.18

Sd: 0.25

El ANOVA realizado para la variable altura de la planta a los 15 días después de la siembra muestra diferencia estadística (*) entre los tratamientos, pero no en los bloques. Esto significa que tanto los sustratos como el suelo ofrecen características diferentes para el crecimiento de la planta.

Tabla # 3. Prueba de Tukey de la variable altura de la planta a los 15 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS (cm)			
	T2 Sustrato (Cascarilla arroz 50%, fibra coco 50%)	T1 Sustrato (Cascarilla arroz, fibra coco y compost de corteza de pino)	T3 Cultivo convencional en suelo
Ȳ	6.78	6.87	10.33
Rango	b	b	a

La Tabla # 3 indica diferencia estadística en altura de la planta a los 15 días después de la siembra entre los tratamientos de cultivo convencional en suelo (T3) y

sustrato con cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2). De la misma forma, existe diferencia estadística entre el (T3) y el sustrato con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1). Los tratamientos (T2) y (T1) no presentan diferencia estadística entre ellos. El (T3) presenta una mayor altura de la planta con un rango (a) a diferencia de los sustratos, los cuales tienen menor altura de la planta con un rango (b).

Tabla # 4. ANOVA de la variable altura de la planta a los 30 días después de la siembra

ANOVA					
Fuentes	GL	SC	CM	Fc	Ft
TOTAL	11	93.03			
BLOQUES	3	2.09	0.70	0.59	4.34
TRATAMIENTOS	2	83.82	41.91	35.22*	3.46
ERROR EXPERIMENTAL	6	7.12	1.19		

***significativo $p \leq 0,05$**

CV: 7.80%

Sy: 0.55

Sd: 0.77

Realizado el ANOVA para la variable altura de la planta a los 30 días después de la siembra, muestra diferencia estadística (*) entre los tratamientos, pero no en los bloques, dando a conocer que tanto los sustratos como el suelo ofrecen características diferentes para el desarrollo de la planta.

Tabla # 5. Prueba de Tukey de la variable altura de la planta a los 30 días después de la siembra.

	TRATAMIENTOS (cm)		
	T2 Sustrato (Cascarilla arroz 50%, fibra coco 50%)	T1 Sustrato (Cascarilla arroz, fibra coco y compost de corteza de pino)	T3 Cultivo convencional en suelo
Ȳ	12.05	12.19	17.73
Rango	b	b	a

La Tabla # 5 indica diferencia estadística en altura de la planta a los 30 días después de la siembra entre los tratamientos de cultivo convencional en suelo (T3) y sustrato con cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2). De la misma forma, existe diferencia estadística entre el (T3) y el sustrato con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1). Los tratamientos (T2) y (T1) no presentan diferencia estadística entre ellos. El (T3) presenta un mayor crecimiento de la planta con un rango (a) a diferencia de los sustratos, los cuales tienen menor crecimiento de la planta con un rango (b).

Tabla # 6. ANOVA de la variable altura de la planta a los 45 días después de la siembra

ANOVA					
Fuentes	GL	SC	CM	Fc	Ft
TOTAL	11	30.85			
BLOQUES	3	12.97	4.32	4.36*	4.34
TRATAMIENTOS	2	11.95	5.98	6.04*	3.46
ERROR EXPERIMENTAL	6	5.93	0.99		

*significativo $p \leq 0,05$

CV: 4.73%

Sy: 0.50

Sd: 0.70

El ANOVA realizado para la variable altura de la planta a los 45 días después de la siembra muestra diferencia estadística (*) entre los tratamientos y bloques. Esto significa que tanto los sustratos como el suelo de cada bloque ofrecen características particulares para el desarrollo de la planta.

Tabla # 7. Prueba de Tukey de la variable altura de la planta a los 45 días después de la siembra

	TRATAMIENTOS (cm)		
	T2 Sustrato (Cascarilla arroz 50%, fibra coco 50%)	T1 Sustrato (Cascarilla arroz, fibra coco y compost de corteza de pino)	T3 Cultivo convencional en suelo
Ȳ	20.15	20.50	22.42
Rango	b	b	a

La Tabla # 7 indica diferencia estadística en altura de la planta a los 45 días después de la siembra entre los tratamientos de cultivo convencional en suelo (T3) y sustrato con cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2). De la misma forma, existe diferencia estadística entre el (T3) y el sustrato con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1). Los tratamientos (T2) y (T1) no presentan diferencia estadística entre ellos. El (T3) presenta una mayor altura de la planta con un rango (**a**) a diferencia de los sustratos, los cuales tienen menor altura de la planta con un rango (**b**).

5.2 Días a la floración

Tabla # 8. ANOVA de la variable días a la floración

ANOVA					
Fuentes	GL	SC	CM	Fc	Ft
TOTAL	11	81			
BLOQUES	3	1.67	0.56	2.55	4.34
TRATAMIENTOS	2	78.0	39.0	177.27*	3.46
ERROR EXPERIMENTAL	6	1.33	0.22		

*significativo $p \leq 0,05$

CV: 2.00%

Sy: 0.23

Sd: 0.33

Dado el ANOVA realizado para la variable días a la floración muestra diferencia estadística (*) entre los tratamientos, mas no en los bloques. Esto indica que tanto los sustratos como el suelo ofrecen características diferentes para la formación de las flores.

Tabla # 9. Prueba de Tukey de la variable días a la floración.

TRATAMIENTOS (días después de la siembra)			
	T1 Sustrato (Cascarilla arroz, fibra coco y compost de corteza de pino)	T2 Sustrato (Cascarilla arroz 50%, fibra coco 50%)	T3 Cultivo convencional en suelo
Ȳ	26.00	24.50	20.00
Rango	c	b	a

La Tabla # 9 expresa diferencia estadística en días a la floración para los tres tratamientos, ya que presentaron rangos diferentes. El cultivo convencional en suelo (T3) con rango (**a**) tiene la mayor precocidad en la floración, mientras que los cultivos en sustrato tienen menor precocidad, resaltando el sustrato con cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2) con rango (**b**) sobre el sustrato con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) que tiene el rango (**c**).

5.3 Número de frutos/planta

Tabla # 10. ANOVA de la variable número de frutos/planta

ANOVA					
Fuentes	GL	SC	CM	Fc	Ft
TOTAL	11	1.61			
BLOQUES	3	0.89	0.30	3	4.34
TRATAMIENTOS	2	0.65	0.33	33*	3.46
ERROR EXPERIMENTAL	6	0.07	0.01		

*significativo $p \leq 0,05$

CV: 4.42%

Sy: 0.05

Sd: 0.07

El ANOVA realizado para la variable número de frutos/planta muestra diferencia estadística (*) entre los tratamientos, mas no en los bloques. Esto indica que tanto los sustratos como el suelo ofrecen características únicas que permiten la disponibilidad de los nutrientes que son absorbidas por las plantas para la eventual formación de los frutos.

Tabla # 11. Prueba de Tukey de la variable número de frutos/planta

	TRATAMIENTOS		
	T2 Sustrato (Cascarilla arroz 50%, fibra coco 50%)	T1 Sustrato (Cascarilla arroz, fibra coco y compost de corteza de pino)	T3 Cultivo convencional en suelo
\bar{Y}	2.08	2.28	2.43
Rango	b	ba	a

La Tabla # 11 expresa diferencia estadística en el número de frutos/planta entre los tratamientos de cultivo convencional en suelo (T3) y el sustrato con cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2). El sustrato con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) no presenta diferencia estadística respecto a los tratamientos T3 y T2. Sin embargo, el T3 con rango (**a**) tiene la mayor cantidad de frutos/planta, seguido del T1 con rango (**ba**). El T2 presenta la menor cantidad de frutos/planta con rango (**b**).

5.4 Peso de frutos/planta

Tabla # 12. ANOVA de la variable peso de frutos/planta

ANOVA					
Fuentes	GL	SC	CM	Fc	Ft
TOTAL	11	253.2			
BLOQUES	3	63.93	21.31	1.02n.s	4.34
TRATAM	2	63.49	31.75	1.51n.s	3.46
ERROR EXP	6	125.78	20.96		

*significativo $p \leq 0,05$

CV: 17.41%

Sy: 2.29

Sd: 6.47

El ANOVA realizado para la variable peso de frutos/planta no muestra diferencia estadística ni en los tratamientos ni en los bloques. Esto indica que las características de los tratamientos no influyen en el peso de los frutos/planta.

Tabla # 13. Prueba de Tukey de la variable peso de frutos/planta

	TRATAMIENTOS (gr)		
	T2 Sustrato (Cascarilla arroz 50%, fibra coco 50%)	T1 Sustrato (Cascarilla arroz, fibra coco y compost de corteza de pino)	T3 Cultivo convencional en suelo
Ȳ	24.10	25.33	29.48
Rango	a	a	a

En la Tabla # 13 se observa que no hay diferencia estadística en el peso de frutos/planta entre los tres tratamientos: sustrato con cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2), sustrato con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) y el cultivo convencional en suelo (T3) presentando todos, el rango (**a**).

5.5 Longitud de fruto

Tabla # 14. ANOVA de la variable longitud de fruto

ANOVA					
Fuentes	GL	SC	CM	Fc	Ft
TOTAL	11	0.20			
BLOQUES	3	0.007	0.002	0.10n.s	4.34
TRATAMIENTOS	2	0.05	0.03	1.50n.s	3.46
ERROR EXPERIMENTAL	6	0.14	0.02		

*significativo $p \leq 0,05$

CV: 3.76%

Sy: 0.07

Sd: 0.10

Dado el ANOVA realizado para la variable longitud de fruto, no hay diferencia estadística ni en los tratamientos ni en los bloques. Por lo tanto, las características de los tratamientos no influyen en la longitud del fruto.

Tabla # 15. Prueba de Tukey de la variable longitud de fruto

	TRATAMIENTOS (cm)		
	T2 Sustrato (Cascarilla arroz 50%, fibra coco 50%)	T1 Sustrato (Cascarilla arroz, fibra coco y compost de corteza de pino)	T3 Cultivo convencional en suelo
\bar{Y}	3.69	3.74	3.84
Rango	a	a	a

La Tabla # 15 da a conocer que no hay diferencia estadística en la longitud del fruto entre los tres tratamientos: sustrato con cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2), sustrato con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) y el cultivo convencional en suelo (T3). En este caso todos los tratamientos tienen el rango (a).

5.6 Diámetro de fruto

Tabla # 16. ANOVA de la variable diámetro de fruto

ANOVA					
Fuentes	GL	SC	CM	Fc	Ft
TOTAL	11	0.15			
BLOQUES	3	0.006	0.002	0.13	4.34
TRATAMIENTOS	2	0.05	0.03	2.00	3.46
ERROR EXPERIMENTAL	6	0.094	0.015		

*significativo $p \leq 0,05$

CV: 4.42%

Sy: 0.06

Sd: 0.09

Según el ANOVA realizado para la variable diámetro de fruto, no muestra diferencia estadística ni en los tratamientos ni en los bloques, lo cual indica que los tratamientos no influyen en el diámetro de fruto.

Tabla # 17. Prueba de Tukey de la variable diámetro de fruto

	TRATAMIENTOS (cm)		
	T1 Sustrato (Cascarilla arroz, fibra coco y compost de corteza de pino)	T2 Sustrato (Cascarilla arroz 50%, fibra coco 50%)	T3 Cultivo convencional en suelo
\bar{Y}	2.70	2.75	2.86
Rango	a	a	a

La Tabla # 17 expresa que no hay diferencia estadística en el diámetro de fruto entre los tres tratamientos: sustrato con cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2), sustrato con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) y el cultivo convencional en suelo (T3), ya que todos presentan el rango (a).

5.7 Rendimiento por tratamiento

Tabla # 18. ANOVA de la variable rendimiento por tratamiento

ANOVA					
Fuentes	GL	SC	CM	Fcal	Fesp
TOTAL	11	1069770.00			
BLOQUES	3	270118.33	90039.44	1.02n.s	4.34
TRATAMIENTOS	2	268224.13	134112.07	1.51n.s	3.46
ERROR EXPERIMENTAL	6	531427.54	88571.26		

*significativo $p \leq 0,05$

CV: 17.41% Sy: 148.80 Sd: 210.44

El ANOVA para la variable rendimiento por tratamiento no muestra diferencia estadística ni en los tratamientos ni en los bloques. Esto quiere decir que las características de los tratamientos no influyen en el rendimiento de la frutilla por tratamiento.

Tabla # 19. Prueba de Tukey de la variable rendimiento por tratamiento

	TRATAMIENTOS (kg/ha)		
	T3 Cultivo convencional en suelo	T2 Sustrato (Cascarilla arroz 50%, fibra coco 50%)	T1 Sustrato (Cascarilla arroz, fibra coco y compost de corteza de pino)
\bar{Y}	1915.88	3133.00	3292.26
Rango	b	a	a

En la Tabla # 19 se observa diferencia estadística en el rendimiento por tratamiento de la frutilla entre los tratamientos con sustrato: sustrato con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1), sustrato con cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2) con rango (**a**) frente al tratamiento de cultivo convencional en suelo (T3) con rango (**b**). Sin embargo, no hay diferencia estadística entre los tratamientos (T1) y (T2), ya que ambos presentan el rango (**a**).

5.8 Grados Brix

Tabla # 20. ANOVA de la variable grados Brix

ANOVA					
Fuentes	GL	SC	CM	Fc	Ft
TOTAL	11	3.99			
BLOQUES	3	2.62	0.87	12.08*	4.34
TRATAMIENTOS	2	0.94	0.47	6.53*	3.46
ERROR EXPERIMENTAL	6	0.43	0.072		

*significativo $p \leq 0,05$

CV: 3.49%

Sy: 0.13

Sd: 0.14

El ANOVA realizado para la variable grados Brix muestra diferencia estadística tanto en los bloques como en los tratamientos. Esto indica que tanto los sustratos como el suelo de cada bloque ofrecen características diferentes para la concentración de azúcares en los frutos.

Tabla # 21. Prueba de Tukey de la variable grados Brix

	TRATAMIENTOS		
	T1 Sustrato (Cascarilla arroz, fibra coco y compost de corteza de pino)	T3 (Cultivo convencional en suelo)	T2 Sustrato (Cascarilla arroz 50%, fibra coco 50%)
Y	7.33	7.70	8.00
Rango	b	ba	a

La Tabla # 21 expresa diferencia estadística en los grados Brix entre los tratamientos con sustratos: cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2) y sustrato con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1). El cultivo convencional en suelo (T3) no presenta diferencia estadística respecto a los tratamientos T2 y T1. Sin embargo, el T2 con rango (**a**) tiene el mayor contenido de grados Brix, seguido del T3 con rango (**ba**). El T1 presenta la menor de grados Brix con rango (**b**).

VI. Discusión

El experimento presenta una superioridad general del tratamiento con cultivo convencional en suelo (T3) en las seis cosechas, seguido de los tratamientos con sustrato a base de cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) y el sustrato a base de cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2).

El análisis de la varianza demuestra la diferencia entre los tratamientos para la altura de la planta. El crecimiento de la planta fue precoz en todos los tratamientos. De acuerdo con Quishpe (2013) en su estudio de la respuesta de la frutilla en un sistema semihidropónico, se obtuvo una mayor altura de la planta en el tratamiento en suelo frente a los sustratos, con valores de 5.44 cm, 10.06 cm y 11.44 cm a los 15, 30 y 45 días respectivamente, lo cual coincide con los resultados logrados en el presente experimento. Sin embargo, dichos valores son inferiores a los valores obtenidos en el experimento presente, ya que la altura de la planta alcanzó valores de 10.33 cm, 17.73 cm y 22.42 cm a los 15, 30 y 45 días respectivamente. Este resultado se debe posiblemente al desarrollo de etiolación en todas las plantas de los tratamientos a causa de las variaciones de luz y temperatura dentro del invernadero, ocasionando que las plantas se alarguen en búsqueda de la luz (Rueda, 2015).

En días a la floración, hubo diferencia estadística significativa para todos los tratamientos. En el experimento realizado por Rea (2012), se obtuvo un promedio de 56.67 días en los tratamientos en tierra y en el sustrato a base de (Pomina + Turba + Humus), siendo estos los más precoces. Estos valores son muy tardíos en comparación con el experimento presente que alcanzó valores por debajo de los 30 días. Según Chiqui, Lema (2010) las plántulas obtenidas de hijuelos empiezan la floración después del primer mes de plantación. Esta es una de las razones para que la floración haya sido precoz, incluso más temprana en todos los tratamientos del experimento.

En cuanto al número de frutos/planta hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos. De acuerdo con Zaragoza (2013) en su investigación de técnicas hidropónicas de producción en el cultivo de la fresa, el mejor tratamiento para el número de frutos/planta fue el tratamiento en suelo con un valor promedio de 2.52 frutos, frente a los 2.36 frutos alcanzados en sustrato, lo cual es similar a los resultados obtenidos en este experimento. Los frutos promedio por planta son de 2 a 4 frutos aproximadamente y aunque los resultados están dentro del rango permitido, la poca cantidad de frutos se debe a la escasa formación de las flores en cuanto a la fertilización tardía en los tratamientos, ya que esta debe ser realizada a los 15 días antes de la primera floración (Pérez, 2018).

Para el peso de frutos/planta, no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Zaragoza (2013) obtuvo mayor peso de frutos/planta en el tratamiento en suelo, frente al tratamiento en sustrato, coincidiendo con los resultados alcanzados en este experimento. El peso de frutos/planta se debe principalmente que son frutos desarrollados a partir de la precocidad de las primeras flores, haciendo que el fruto sea pequeño y, por ende, tenga menos peso (Balbontín, Ortiz. 2017).

Para el rendimiento por tratamiento, el peso de frutos/planta se transformó a kg/ha (Rea, 2012), tomando como referencia la densidad de plantación en la variedad Albión (65,000 plantas/ha). La densidad de plantación en el (T3) fue de 70 plantas, a diferencia de los sustratos que tienen 140 plantas cada tratamiento (T1) y (T2), todos en una misma área. El mejor rendimiento estimado fue el tratamiento con sustrato a base de cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) con 3292.26 kg/ha seguido del tratamiento con sustrato a base de cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% con 3133 kg/ha, dejando en último lugar al tratamiento en suelo (T3) con 1915.88 kg/ha. La ventaja de los sustratos en la densidad de las plantas es muy superior al cultivo en suelo, ya que en el mismo espacio se cultivan el doble de plantas (Morales, 2017).

Los resultados para la longitud de fruto no expresaron diferencia estadística significativa. Llumiquinga (2017) obtuvo una longitud de fruto de 4.71 cm utilizando una fertilización óptima para el cultivo de la frutilla. Estos resultados son muy superiores a los resultados alcanzados en el presente experimento. Esta diferencia se debe posiblemente a la temprana formación de frutos con fertilización tardía realizada en todos los tratamientos. El diámetro de fruto expresa resultados parecidos, ya que el experimento muestra valores bajos en esta variable, debido a los mismos inconvenientes presentes en la longitud del fruto. Generalmente, el tamaño del fruto mínimo ronda los 4 cm en una planta bien desarrollada después de los 3 meses. Sin embargo, la cosecha en el presente experimento se realizó a los 2.5 meses, lo cual explica el tamaño pequeño del fruto (Galárraga, 2015).

En cuanto a los grados Brix, hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos (T1) y (T2). Según Ibadango (2017) en su estudio: Eficiencia y rentabilidad del sistema semihidropónico vertical frente al convencional, se obtuvo un valor de 7.06 grados Brix en el tratamiento en suelo, mientras que el tratamiento semi hidropónico obtuvo un valor de 6.59. Estos resultados son ligeramente inferiores con los valores alcanzados en el experimento presente, el cual obtuvo 7.7 grados Brix en el cultivo convencional en suelo (T3) y 8.0 grados Brix en el mejor tratamiento con sustrato (T2). Quishpe (2013) sugiere que la aparición de insectos en el cultivo disminuye la cantidad de grados Brix en el cultivo. Posiblemente la aparición de hormigas en el tratamiento de cultivo en suelo (T3) fue un factor negativo para la baja cantidad de azúcares en los frutos en el tratamiento. El tratamiento (T1) sufrió ahorcamientos del pedúnculo floral, y esa sería la causa para que los nutrientes no lleguen a los frutos, haciendo que la concentración de azúcares o grados Brix sea inferior a los otros tratamientos.

VII. Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación determinan que el tratamiento de cultivo convencional en suelo (T3) presentó la mayor altura de la planta con 10.33 cm, 17.73 cm y 22.42 cm a los 15, 30 y 45 días respectivamente y por lo tanto es el mejor frente a los tratamientos (T1) con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino que alcanzó una altura de 6.87 cm a los 15 días, 12.19 cm a los 30 días y 20.50 cm a los 45 días y el (T2) con cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50%, en el cual las plantas alcanzaron una altura de 6.78 cm a los 15 días, 12.05 cm a los 30 días y 20.15 cm a los 45 días.

El tratamiento de cultivo convencional en suelo (T3) presentó la mayor precocidad en días a la floración con un valor promedio de 20.0 días y por lo tanto es el mejor, frente a los tratamientos (T2) de cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% que obtuvo un valor promedio de 24.5 días y el (T1) con cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino que obtuvo un valor promedio de 26.0 días.

El tratamiento de cultivo convencional en suelo (T3) presentó la mayor cantidad de frutos/planta con un valor promedio de 2.43 frutos y por lo tanto es el mejor, frente a los tratamientos de cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) que obtuvo un valor promedio de 2.28 frutos y el (T2) de cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% con un valor promedio de 2.08 frutos.

De la misma manera, para el peso de frutos/planta, el tratamiento de cultivo convencional en suelo (T3) es el mejor al presentar un valor promedio de 29.48 gramos, frente al tratamiento (T1) que obtuvo un valor promedio de 25.33 gramos, dejando atrás al (T2) con un valor promedio de 24.10 gramos.

El tratamiento de cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) presentó el mayor rendimiento por tratamiento estimado, de acuerdo a su máxima capacidad en su densidad de plantación (140 plantas) con un valor promedio de 3292.26 kg/ha y por tanto es el más eficiente, frente a los tratamientos de cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2) que obtuvo un valor promedio de 3133 kg/ha dado su potencial de producción de acuerdo con su densidad de plantación (140 plantas) y el tratamiento de cultivo convencional en suelo que obtuvo un valor promedio de 1915.88 kg/ha, dado su potencial de producción de acuerdo con su densidad de plantación (70 plantas).

En cuanto a la longitud y diámetro de fruto, el tratamiento de cultivo convencional en suelo (T3) presentó la mayor longitud y diámetro con un valor promedio de 3.84 cm y 2.86 cm respectivamente siendo el mejor, frente a los tratamientos de cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) que obtuvo un valor promedio de 3.74 cm de longitud y 2.70 cm de diámetro, y el tratamiento de cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2) que obtuvo un valor promedio de 3.69 cm de longitud y 2.75 cm de diámetro.

En grados Brix, el tratamiento de cascarilla de arroz al 50% y fibra de coco al 50% (T2) presentó el mayor valor promedio con 8.0 siendo el mejor, frente a los tratamientos de cultivo convencional en suelo (T3) que obtuvo un valor promedio de 7.70 y el tratamiento de cascarilla de arroz, fibra de coco y compost de corteza de pino (T1) que obtuvo un valor promedio de 7.33 grados Brix.

VIII. Recomendaciones

- Elaborar con anticipación un plan de fertilización, así como los fertilizantes para poder implementarlos en el inicio del cultivo.
- Realizar la siembra cuando el sustrato tenga la capacidad de campo al máximo, saturando el sustrato con tres días de anticipación.
- Utilizar cintas de riego intercaladas para que el riego y fertirriego sea uniforme y llegue a todas las plantas.
- Aporcar las plantas a los 10 días después de la siembra para que las plantas queden fijas en el sustrato cubriendo posibles raíces sueltas.
- Realizar aplicaciones foliares a los 15 días después de la siembra con microelementos esenciales para fortalecer el desarrollo de las plantas antes de la floración.
- Eliminar las aperturas florales malformadas o formadas en plantas semidesarrolladas para evitar gasto de energía por parte de la planta.
- La fibra de coco puede ser un limitante al tener un precio alto. Por ello, sería ideal buscar un sustituto como la fibra del tallo de la palma o probar compost de cáscara de café.
- Realizar ensayos utilizando diferentes porcentajes de sustrato utilizando los tres elementos principales: cascarilla de arroz, compost de corteza de pino y fibra de coco.
- Replicar un ensayo utilizando el sistema de macetas para brindar alternativas para evitar la pérdida de flores y frutos por ahorcamiento foliar de la planta.

IX. Referencias bibliográficas

Abdallah, Francisco. 2015. Algunos aspectos sobre nutrición de la Fresa Hidropónica. Costa Rica.

Adlercreutz, Enrique. 2016. “Cultivos anuales y bianuales de frutilla en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires: Modificaciones en los parámetros de crecimiento. Universidad Nacional del Litoral.

Agritotal, 2018. Implementan un sistema semi hidropónico para la producción de frutillas. Agritotal, The New Farm Company S.A.

Balbontín, Ortiz. 2017. Pauta de chequeo Frutilla Nro. 17. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Barbaro, Karlanian, Mata. 2014. Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. INTA.

Beltrano, Giménez. 2015. Cultivo en Hidroponía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

Bolda, Mark. 2013. Repaso de enfriamiento en las variedades de día neutro Albión, Monterrey y San Andreas. University of California.

Bolda, Surendra. 2015. Manual de Producción de Fresa para los Agricultores de la Costa Central. Costa Rica.

Caminiti, Aníbal. 2015. Cultivo de Frutillas en la provincia del Neuquén. Estación Experimental Agropecuaria Bariloche. Centro Regional Patagonia Norte. INTA. Argentina.

Chacón, Tigse. 2017. Automatización de los procesos de un huerto hidropónico para el control de variables, utilizando sistemas basados en microcontroladores. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Chávez, Ana Camila. 2019. Evaluación de recubrimientos naturales y fungicidas para el control postcosecha de mohos en mora (*Rubus laciniatus* var. *Brazos*) y Frutilla (*Fragaria x ananassa*). Universidad San Francisco de Quito.

Chiqui, Lema. 2020. Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, cantón Cuenca. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Chordi, Soliva. 2013. Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente procesada sometida a tratamientos de conservación por pulsos de luz de alta intensidad. Universitat de Lleida.

Días, Barros, Morales, Cortes, Sánchez-Mata. 2015. Nutritional parameters of infusions and decoctions obtained from *Fragaria vesca* L. roots and vegetative parts. LWT – Food Science and Technology.

FAO. 2018. Cultivos Fresas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

García, Jorge. 2015. Hacia el riego de precisión en el cultivo de fresa en el entorno de Doñana. Universidad de Córdoba.

Huachi, David. 2019. Evaluación de dos bioestimulantes en el cultivo de fresa (*Fragaria annanasa*) variedad Albión californiana. Universidad Técnica de Ambato.

Jesú, Cristian. 2018. Frutillas en altura. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Llumiquinga, Pedro. 2017. Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne; variedad Albión. Universidad Central del Ecuador.

López-Valencia, Sánchez-Gómez, Acuña-Caita, Fischer. 2018. Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)

cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria, Mosquera (Colombia).

Lozada, Carmen. 2017. Evaluación de tres bioestimulantes para el incremento de masa radicular y productividad en un cultivo establecido de fresa (*Fragaria × ananassa*). Universidad Técnica de Ambato.

Medina, Juan Alberto. 2015. Evaluación de cuatro abonos orgánicos en la producción de la fresa (*Fragaria chiloensis*) variedad Albión en la granja educativa del colegio bachillerato San Vicente Ferrer de la parroquia Chuquiribamba cantón Loja–provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja.

Medina, Juan. 2020. Resultados de los ensayos de variedades comerciales de fresa Campaña 2010-2011. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, España.

Molina, Eloy. 2010. Fertilización de fresa. Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica.

Morales, Carmen. 2017. Manual de manejo agronómico de la frutilla. INIA. Chile.

Morales, Riquelme, Hirzel, France. 2017. Manual de Manejo Agronómico de la frutilla. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.

Olivera, Julio. 2012. Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). INIA-Ministerio de Agricultura Perú.

Otazú, Víctor. 2010. Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía. Centro Internacional de la Papa (CIP).

Parra, Elisandra. 2018. Producción y Comercialización de frutilla (*Fragaria sp*) en la parroquia Yaruquí, cantón Quito, provincia de Pichincha. Universidad Técnica del Norte.

Pérez, Laura. 2018. Inducción de la floración en fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad Albión, mediante la aplicación de extracto de sauce (*Salix humboldtiana*) y agua de coco (*Cocos nucifera* L). Universidad Técnica de Ambato.

Portal Frutícola, 2017. Guía varietal y fecha de plantación de frutillas (fresas). Revista Portal Frutícola, Chile.

Quishpe, Jhon. 2013. Evaluación de la respuesta de la frutilla (*Fragaria dioica*) al sistema de cultivo semi hidropónico en el Quinche-Pichincha 2012. Universidad Politécnica Salesiana.

Ramos, Alondra. 2011. Calidad de fresa variedad San Andreas producida con vermicompost en invernadero. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán.

Rea, Luis. 2012. Análisis del rendimiento de la fresa (*Fragaria chiloensis* L. Duch) sometida a diferentes tipos de sustratos dentro de un cultivo semi-hidropónico en la parroquia Salinas provincia del Imbabura. Universidad Técnica de Babahoyo.

Restrepo, Aristizabal. 2010. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba. Universidad de Aintioquía.

Rodríguez, D. A. 2013. Producción de hortalizas en sistemas NFT. Universidad Agraria la Molina, Perú.

Romero-Romano, Ocampo-Mendoza, Sandoval-Castro, Tobar-Reyes. 2012. Fertilización orgánica – mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Indígena de México.

Sepúlveda, Délano, Correa. 2015. Cultivo de Frutilla. Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente de Chile.

Rueda, Darwin. 2015. Botánica Sistémica. Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Soria, José. 2012. Curso de Hidroponía Básica para principiantes. Asohofrucol - Asociación Hortofrutícola de Colombia.

Soto, 2015. Hidroponía familiar en sustrato: Hágalo fácil. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Universidad de Costa Rica.

TECA-Technologies and Practices for Small Agricultural Producers. 2015. Diseño de un sistema acuapónico. Fisheries and Aquaculture Department (FI) in FAO.

Toigo, Sonia. 2015. Producción de Fresas en Sistema Semi-hidropónico Suspenso (28 A). EPAGRI - Empresa de Investigación Agropecuaria y Extensión Rural de Santa Catarina.

Tonelli, Betina. 2010. Cátedra Horticultura. Cultivo de Frutilla. Universidad Nacional de Entre Ríos.

Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 30 Nov 2020:
<http://www.tropicos.org/Name/40010679>

Vence, Lilia. 2012. Métodos de determinación de parámetros que estiman la disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas y su relación con la respuesta vegetal. Universidad de Buenos Aires.

Villagrán, Legarraga, Zschau. 2013. Establecimiento del cultivo de la frutilla. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Vintimilla, Alfredo. 2014. Análisis de factores climáticos en las diferentes regiones del Ecuador para el diseño de pavimentos. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

Zaragoza, Ramón. 2013. Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa*) bajo invernadero. Centro de Investigación en Química Aplicada. México.

Zárate, Margarita. 2014. Manual de Hidroponía. Universidad Nacional Autónoma de México.

X. Anexos

Anexo A: Plan de fertilización de la frutilla

ETAPA	DIAS	PRODUCTO	DOSIS (KG/HA)	N	P205	K2O	CaO	MgO	S	K:N
Brotación a floración	75	ULTRASOL INICIAL	95	14	29	14		1		
		NITRATO DE POTASIO	25	3		12				
		NITRATO DE CALCIO	100	16			27			
		SULFATO DE MAGNESIO	65				10	8		
		TOTAL	285	33	29	26	27	11	8	0.78
Floración a crecimiento fruta	60	MAP	10		5	3				
		SULFATO DE MAGNESIO	80				13	10		
		NITRATO DE CALCIO	95	15		25				
		ULTRASOL PRODUCCION	175	23	11	70				
		TOTAL	360	37	16	73	25	13	10	1.96
Crecimiento fruta - Cosecha	120	SULFATO DE MAGNESIO	80				13	10		
		NITRATO DE CALCIO	60	9		16				
		ULTRASOL PRODUCCION	225	29	14	90				
		SULFATO DE POTASIO	13			7			2	
		TOTAL	378	39	14	97	16	13	13	2.51
Post-cosecha	60	SULFATO DE MAGNESIO	30				5	4		
		NITRATO DE CALCIO	40	6		11				
		ULTRASOL K	70	9		32				
		ULTRASOL MULTIPROPOSITO	0	0	0	0				
		TOTAL	140	16	0	32	11	5	4	2.06
		TOTAL CICLO	1163	125	58	228	78	42	35	1.83
		Coregido por el factor de eficiencia		156	192	268	130	70	59	1.72

Anexo B: Análisis químico del agua de riego

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOAGNARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-F003
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS	Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E20-1631
 Fecha emisión Informe: 14/01/2021

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Alcides Guzmán

Dirección¹: La Primavera

Provincia¹: Pichincha

Cantón¹: Quito

Teléfono¹: 0984346693

Correo Electrónico¹: aldes.2803@gmail.com

N° Orden de Trabajo: SFA-20-CGLS-1635

N° Factura/Documento: 026-001-10395, 10396

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Agua	Conservación de la muestra: En refrigeración hasta su análisis	
Provincia ¹ : Pichincha	Coordenadas ¹ :	X: ---
Cantón ¹ : Quito		Y: ---
Parroquia ¹ : Puembo		Altitud: ---
	Lote ¹ : ---	
Muestreado por ¹ : Alcides Guzmán	Tipo de envase ¹ : Plástico	
Fecha de muestreo ¹ : 09-12-2020	Fecha de inicio de análisis: 09-12-2020	
Fecha de recepción de la muestra: 09-12-2020	Fecha de finalización de análisis: 14-01-2021	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-1744	USFQ Granja	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/43	---	7,01
		Conductividad eléctrica	Conductimétrico PEE/SFA/44	dS/m	0,108
		Alcalinidad total	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO ₃ /l	33,00
		Carbonatos	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO ₃ /l	---
		Bicarbonatos	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO ₃ /l	33,00
		Cloruros	Volumétrico PEE/SFA/46	mg/l	0,44
		R.A.S.	Cálculo PEE/SFA/64	---	0,45
		Sodio	Absorción Atómica PEE/SFA/49	mg/l	6,40
		Calcio	Absorción Atómica PEE/SFA/49	mg/l	11,15
		Magnesio	Absorción Atómica PEE/SFA/49	mg/l	2,47
		Cobre	Absorción Atómica PEE/SFA/50	mg/l	< 0,49
		Hierro	Absorción Atómica PEE/SFA/50	mg/l	< 0,44
		Manganeso	Absorción Atómica PEE/SFA/50	mg/l	< 0,48
		Zinc	Absorción Atómica PEE/SFA/50	mg/l	0,13

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO03
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS	Hoja 2 de 2

Observaciones:

- R.A.S.: Relación de Adsorción de Sodio
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

• **Límites de referencia:**

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN		
		NINGUNO	LIGERO – MODERADO	SEVERO
• Conductividad Eléctrica	dS/m	0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
• Cloruros:				
- Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0 – 10,0	> 10,0
- Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
• Bicarbonato:				
- Aspersión	mgCaCO ₃ /l	75	75 – 425	> 425
• pH	Rango normal		6,5 – 8,4	

FUENTE: TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 4 "Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego"



Q. A. Luis Cacuango
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliar y Aguas

Anexo C: Datos de las variables

Anexo C1. Altura de la planta (15 días)

BLOQUES						
TRAT	1	2	3	4	TOTAL	Media
1	6.92	6.75	6.85	6.95	27.47	6.87
2	7.16	6.13	6.79	7.03	27.11	6.78
3	9.97	10.63	10.35	10.37	41.32	10.33
	24.05	23.51	23.99	24.35	95.90	8.00

Anexo C2. Altura de la planta (30 días)

BLOQUES						
TRAT	1	2	3	4	TOTAL	Media
1	12.38	11.87	12.44	12.07	48.76	12.19
2	13.19	12.06	11.97	10.98	48.20	12.05
3	18.05	16.70	16.47	19.68	70.90	17.73
	43.62	40.63	40.88	42.73	167.86	13.99

Anexo C3. Altura de la planta (45 días)

BLOQUES						
TRAT	1	2	3	4	TOTAL	Media
1	18.17	21.23	19.98	22.63	82.01	20.50
2	19.44	19.46	19.20	22.48	80.58	20.15
3	22.27	22.81	21.74	22.85	89.67	22.42
	59.88	63.50	60.92	67.96	252.26	21.02

Anexo C4. Días a la floración

BLOQUES (días)						
TRAT	1	2	3	4	TOTAL	Media
1	27	26	26	25	104	26.00
2	25	24	25	24	98	24.50
3	20	20	20	20	80	20.00
	72	70	71	69	282	23.50

Anexo C5. Número de frutos/planta

BLOQUES						
TRAT	1	2	3	4	TOTAL	Media
1	2.00	2.20	2.40	2.50	9.10	2.28
2	2.20	2.00	2.50	1.60	8.30	2.08
3	2.20	2.10	2.90	2.50	9.70	2.43
	6.40	6.30	7.80	6.60	27.10	2.26

Anexo C6. Peso frutos/planta

BLOQUES						
TRAT	1	2	3	4	TOTAL	Media
1	23.60	23.10	27.90	26.70	101.30	25.33
2	27.70	25.30	26.00	17.40	96.40	24.10
3	23.90	25.20	36.90	31.90	117.90	29.48
	75.20	73.60	90.80	76.00	315.60	26.30

Anexo C7. Rendimiento por tratamiento

BLOQUES						
TRAT	1	2	3	4	TOTAL	Media
1	1534.00	1501.50	1813.50	1735.50	6584.50	1646.13
2	1800.50	1644.50	1690.00	1131.00	6266.00	1566.50
3	1553.50	1638.00	2398.50	2073.50	7663.50	1915.88
	4888.00	4784.00	5902.00	4940.00	20514.00	1709.50

Anexo C8. Longitud de fruto

BLOQUES						
TRAT	1	2	3	4	TOTAL	Media
1	3.73	3.70	3.91	3.60	14.94	3.74
2	3.87	3.75	3.48	3.64	14.74	3.69
3	3.72	3.83	3.90	3.89	15.34	3.84
	11.32	11.28	11.29	11.13	45.02	3.76

Anexo C9. Diámetro de fruto

BLOQUES						
TRAT	1	2	3	4	TOTAL	Media
1	2.78	2.60	2.76	2.63	10.77	2.70
2	2.82	2.83	2.66	2.68	10.99	2.75
3	2.68	2.88	2.97	2.89	11.42	2.86
	8.28	8.31	8.39	8.20	33.18	2.77

Anexo C10. Grados Brix

BLOQUES						
TRAT	1	2	3	4	TOTAL	Media
1	6.44	7.02	7.70	8.10	29.26	7.33
2	7.80	7.43	8.09	8.67	32.00	8.00
3	7.03	7.61	7.88	8.23	30.75	7.70
	21.27	22.06	23.67	25.00	92.01	7.68

Anexo D: Manejo del experimento

Anexo D1: Armado de las estructuras del sistema semihidropónico



Anexo D2: Colocación del sustrato



Anexo D3: Siembra de las plantas



Anexo D4: Desarrollo de las plantas



Anexo D5: Cosecha



Anexo E: Toma de datos

Anexo E1: Altura de la planta



Anexo E2: Longitud y diámetro de fruto



Anexo E3. Grados Brix