

CAPÍTULO I

Introducción

1. Introducción

La producción de Frutilla en Cultivo Hidropónico en los últimos años se ha convertido en una buena opción para tener una infrutescencia sana, aumentar la producción y reducir los tratamientos fitosanitarios.

La frutilla comercial que todos conocemos se llama *Fragaria x ananassa* y la *x* en su nombre denota que se trata de un híbrido entre dos especies diferentes de frutilla: la *Fragaria virginiana* (Europa) y la *Fragaria chiloensis* (América). (Star Tres, 2018).

Entre sus propiedades nutricionales es una de las frutas que contiene más antioxidantes, contiene grandes cantidades de vitamina C. Debido a sus notables efectos antioxidantes la frutilla ayuda a prevenir el cáncer y ayuda a combatirlo si éste ya afectó a las células (Nutrigame, 2018).

Es una infrutescencia muy solicitada en el mercado nacional y regional, debido a su valor nutricional, y su agradable aroma y sabor.

En Bolivia se presentó un importante crecimiento de producción, ya se cultivó 200 hectáreas de este fruto, cada hectárea produce 24 toneladas de frutilla, este año los productores de Comarapa cultivaron 170 hectáreas de frutilla, invirtiendo aproximadamente 18 mil dólares, obteniendo un rédito bruto de 35 mil dólares (BoliviaRural, 2015).

Según la Representante de productores de frutilla de Tarija Gabriela Farfán, el departamento tuvo un importante crecimiento económico generando un ingreso de medio millón de bolivianos anualmente en la zona de El Portillo, esta comunidad tiene una producción de 30 mil kilos de frutilla de las variedades Albión, Aromas y San Andreas, se genera un ingreso económico para los productores de más de medio millón de bolivianos, en Tolomosita incursionaron en este cultivo con 46 mil plantines traídos desde Argentina dando ingreso económico a más de 46 familias (El País Online, 2017).

La Hidroponía o cultivo sin tierra es un conjunto de Técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen la planta), sin perder de vistas las necesidades de la planta como ser temperatura, humedad, agua y nutrientes. Basados en la experiencia, los rendimientos por unidad de área cultivada son altos debido a una mayor densidad, mayor productividad por planta y eficiencia en el uso de los recursos agua, luz, y nutrientes (Beltrano, J. 2015).

1.1. Problemática

En Bolivia se requiere cultivares más productivos, con mejor calidad y con menos restos de pesticidas y productos químicos.

En Tarija no existen unidades comerciales en donde se cultive con sistemas de producción hidropónicos de alta densidad, el cultivo hidropónico permite a los agricultores controlar fácilmente el suministro de nutrientes mediante el ajuste de la concentración de solución nutritiva. Recientemente se han llevado numerosas investigaciones a nivel mundial para mejorar la productividad de fresas en invernadero en sistemas hidropónicos.

Las fresas en tales condiciones consumen menos agua, requieren nada de aplicación de herbicida, y poco o nada de aplicaciones de insecticidas o fungicidas, la fruta se mantiene limpia, aumenta su tamaño, incrementa el rendimiento, y mejora su precocidad y calidad.

Por tanto si éste es un sistema de cultivo tan viable, la falta de información e investigación hace que los productores no se atrevan a practicarlo.

1.2. Justificación

Este trabajo de investigación se realizó por la importancia del cultivo de frutilla en nuestro medio ya que es un cultivo de mucho potencial económico en el mercado Regional, Nacional e Internacional.

El estudio tiene relevancia debido a que el cultivo hidropónico es una buena alternativa por las grandes ventajas y beneficios que brinda practicarlo correctamente.

Se propone esta investigación como alternativa para escoger la variedad de frutilla más apta y mejorar el manejo de este cultivo, reducir el número de tratamientos fitosanitarios, reducir el ataque de insectos, al no estar en el suelo no hay crecimiento de maleza lo que significa que no hay necesidad de herbicidas.

La importancia de este trabajo radica en la falta de investigación en esta área de la Agricultura; habiendo más información, investigación, y experimentos en lo que es Hidroponía en frutilla alentará a los agricultores a practicarla y gozarán de ésta para beneficiarse de las ventajas de este tipo de sistema.

Este sistema de cultivo permitirá producir aprovechando lugares no aptos para cultivo gracias al suministro adecuado de los requerimientos nutricionales a través de agua y solución nutritiva.

1.3. Objetivo General

- Evaluar del comportamiento agronómico de dos variedades de frutilla (fragaria x ananassa) en cultivo hidropónico con sustrato de fibra de coco en condiciones de invernadero.

1.4. Objetivos Específicos

- Determinar la mejor variedad para usar en un sistema hidropónico.
- Evaluar el porcentaje de establecimiento de los plantines de frutilla en cada variedad.
- Realizar un seguimiento a la duración de los estados fenológicos de las variedades.

1.5. Hipótesis del Trabajo

Con el uso del cultivo hidropónico y con fibra de coco como sustrato las dos variedades tendrán un buen comportamiento agronómico ante este sistema.

Capítulo II

Marco Teórico

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del cultivo de frutilla

La fresa pertenece a la familia Rosácea y género *Fragaria*, ésta es una planta herbácea y de pequeña altura. La actual fresa cultivada proviene del cruzamiento entre *Fragaria virginiana* del Este de Norteamérica y *Fragaria chiloensis*, fresón chileno. Es considerada como una fruta exótica de gran aroma, por lo que se convierte en un cultivo con grandes ofertas de mercado. Puede cultivarse en una amplia variedad de climas, pero los mejores rendimientos se obtienen en zonas templadas, sin vientos ni heladas en primavera, y sin lluvias ni elevadas temperaturas en épocas de cosecha (Undarraga.2013).

2.2. Composición Nutricional.

COMPOSICIÓN FRUTA COMESTIBLE	x 100 gramos
Energía (Kcal)	27
Proteínas (g)	0,6

Lípidos totales (g)	0,3
Hidratos de Carbono (g)	5,5
Fibra (g)	1,6
Agua (g)	90,3
Calcio (mg)	21
Yodo (mcg)	8
Hierro (mg)	0,4
Magnesio (mg)	13
Sodio (mg)	2
Potasio (mg)	152
Fosforo (mg)	23
Vitamina B6 (mg)	0,06
Vitamina C (mg)	57
Vitamina A (mcg)	2
Vitamina E (mg)	0,22

(Fuente: Nutrigame, 2016.)

2.3. Descripción Botánica

La fresa, aunque en el ámbito técnico es considerada una especie hortícola herbácea y caulescente. A medida que la corona envejece se van lignificando algunos tejidos conductivos y crecen las coronas laterales. Las raíces funcionales, hojas y otros órganos se forman sobre la parte leñosa de la corona (Flórez, 2010).

2.4. Morfología

2.4.1. Sistema Radicular

Presentan un sistema radicular fasciculado, compuesto por raíces y raicillas; La profundidad del sistema radicular es variable, En condiciones óptimas pueden alcanzar los 2-3m, aunque lo normal es que no sobrepasen los 40cm, encontrándose la mayor parte (90%) en los primeros 25 cm (Infoagro, 2013.Citado por: AgroEs, 2015).

2.4.2. Tallo

El tallo está constituido por un eje corto de forma cónica llamado “corona”, en el que se observan numerosas escamas foliares. De esta corona, nacen también algunos tallos rastreros que producen raíces adventicias, de las cuales brotan nuevas plantas (estolones) (Infoagro, 2013.Citado por: AgroEs, 2015).

2.4.3. Hoja

Las hojas se insertan en la corona y se disponen en roseta. Presentan un largo peciolo y están provistas de dos estípulas rojizas. Su limbo está dividido en tres folíolos con un gran número de estomas (300-400 estomas/mm²), pediculados y de bordes aserrados (Infoagro, 2013. Citado por: AgroEs, 2015).

2.4.4. Flores

Las inflorescencias se pueden desarrollar a partir de una yema terminal de la corona o de yemas axilares de las hojas. La ramificación de la inflorescencia puede ser basal o distal. En el primer caso aparecen varias flores de porte similar, mientras que en el segundo aparece una única flor terminal y otras laterales de menor tamaño (Infoagro, 2013. Citado por: AgroEs, 2015).

2.4.5. Fruto

Los frutos son pequeños aquenios de color oscuro dispuestos sobre el engrosamiento del receptáculo. (Infoagro, 2013) Citado por: (AgroEs, 2015).

El fruto es un poli aquenio en el que la parte comestible es el receptáculo hipertrofiado que aloja los aquenios. La forma del fruto es de forma variable y la coloración varía entre rosa y violeta. El peso del fruto puede variar entre 2 y 60 gramos. El número de aquenios por infrutescencia varía entre 120 y 200. El peso por 1000 aquenios es de 1-1,2 gramos. La capacidad germinativa de estas semillas son de más de 10 años (AgroEs.es, 2015).

2.5. Taxonomía

Reino: Vegetal.

Phylum: Telemophytae.

División: Tracheophytae.

Subdivisión: Anthophyta.

Clase: Angiospermae.

Subclase: Dicotyledoneae

Grado Evolutivo: Archichlamydeae

Grupo de Ordenes: Corolinos

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subflia.: Rosoideae

Nombre científico: *Fragaria chiloensis* Duch.

Nombre común: Frutilla

Herbario Universitario (T.B.). (2018).

2.6. Requerimientos Climáticos

2.6.1. Temperatura

De acuerdo a Rene Cabezas Albarracín (2017) la Frutilla se desarrolla en Temperaturas de 10°C a 25°C, el crecimiento óptimo es en temperaturas de 20°C a 25°C, en floración temperaturas de 20°C, y cuando la planta entra en fructificación variaciones de temperatura en el día a 16°C y en la noche a 10°C.

2.6.2. Humedad Relativa

El rango óptimo de humedad relativa oscila entre el 65 y 70%. Si la presencia de humedad es excesiva, favorece la presencia de enfermedades, mientras que si es deficiente, provoca daños en la producción (Infoagro, 2013) Citado por: (AgroEs, 2015).

2.7. Variedades de Frutilla

Se clasifican según su requerimiento de horas luz, en Variedades de día corto, largo y de día neutro.

2.7.1. Variedades de Día Neutro

El Instituto de investigaciones Agropecuarias INIA Raihuem menciona que estas variedades no responden al fotoperiodo (largo del día), sólo requieren temperaturas adecuadas (15°C - 28°C) para desarrollar yemas florales. Existen también las variedades de día corto y de día largo. No responden al fotoperiodo, es decir sólo requieren de condiciones de temperatura adecuadas para inducir la floración (INIA Raihuem, 2012).

2.7.2. Variedad Albión

Según el Departamento Técnico Agrícola Llahuen (2018), es una variedad moderadamente neutra con producción estable. Potencial para cultivo tanto en suelo como en semi Hidroponía o sustrato.

Mercado: Excelente aptitud para el mercado fresco ya que es la variedad que acumula una mayor cantidad de azúcar en la fruta, muy demandada también para la agro industria (congelado).

Planta: De tamaño intermedio, de lento crecimiento inicial en zonas que presentan temperaturas bajas en primavera.

Manejo: Mayor requerimiento de nitrógeno en la etapa inicial del cultivo.

Potencial de rendimiento: 75 Ton/Ha.

2.7.3. Variedad San Andreas

Variedad moderadamente neutra, con mayor respuesta al fotoperiodo. Con potencial para cultivo tanto en suelo como en hidroponía. Planta: Tamaño intermedio, de rápido crecimiento vegetativo inicial por lo que debe ser plantada con temperaturas adecuadas (sobre 12°C en suelo), para no presentar exceso de crecimiento vegetativo, lo que podría retrasar la entrada en producción.

Manejo: Evitar las fuentes de amonio en la fertilización nitrogenada, preferir nitratos. Para mantener firmeza de frutos, realizar aportes permanentes de calcio foliar, en la etapa de producción. Enfermedades y plagas: en general es la variedad que ha presentado mayor resistencia a enfermedades (principalmente oídio) y mejor tolerancia al complejo de hongos de suelo. - Densidad de plantación: 62.000 plantas/Há (27 cm entre plantas).

Potencial de rendimiento: 78 Ton/Ha. (Departamento Técnico Agrícola Llahuen, 2018).

2.8. Estadios Fenológicos de la Frutilla

La fenología es la ciencia que trata de los fenómenos biológicos periódicos, como la brotación, la floración, la maduración del fruto, etc. Bajo el punto de vista agronómico su conocimiento puede prever la respuesta de la planta. Desde un punto de vista

agronómico estos datos, convenientemente tratados, sirven para predecir la posible aparición de una plaga, la necesidad de efectuar un abonado específico, la aplicación de un producto hormonal, etc. Citado por: (ivia.gva.es, 2017).

Estos son los estados fenológicos según “**La codificación BBCH**”:

- **Estadio principal 0. Brotación.**

- Letargo: las hojas postradas y muertas parcialmente.
- La yema principal comienza a crecer.

- **Estadio principal 6. Floración.**

- Primeras flores, abiertas (primarias o flores)
- Comienzo de la floración: Alrededor de 10 % de las flores, abiertas
- Plena floración: flores secundarias (tipo B) y terciarias (tipo C), abiertas; caen los primeros pétalos
- Flores marchitándose: la mayoría de los pétalos, caídos

- **Estadio principal 8. Maduración del fruto.**

- Comienzo de la maduración: la mayoría de los frutos, blancos
- Los primeros frutos comienzan a adquirir el color varietal típico
- Cosecha principal: La mayoría de los frutos, coloreados
- Segunda cosecha: más frutos coloreados

(Agro.es, 2017)

2.9. Requerimientos nutricionales de la frutilla

Según Cabezas Albarracín (2017).

Etapa de crecimiento vegetativo

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Cu	Zn	Mo
Inicial (ppm)	180	45	260	160	50	70	2.0	0.8	1.0	0.15	0.20	0.08

Etapas de Floración y fructificación

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Cu	Zn	Mo
Inicial (ppm)	170	50	320	170	50	50	2.5	1.0	1.0	0.15	0.25	0.10

2.10. Labores Culturales

2.10.1. Fechas de plantación

Las fechas de plantación para las variedades de día neutro son todo el año siempre y cuando la temperatura permita su crecimiento, se requiere climas templados y se obtendrá buenos rendimientos con una infrutescencia grande y precoz, según Zschau (2012) es conveniente realizar una plantación de primavera de estas variedades de día neutro (INIA Raihuem, 2012).

2.10.2. Manejo de poda en Frutilla

En frutilla se realizan podas de estolones y hojas, las que pueden realizarse en diferentes estaciones y según la variedad (Undarraga. 2013).

2.10.3. Poda de Estolones

Si se permite el desarrollo de los estolones se debilita la planta con la consiguiente menor producción de frutos. Además hay una disminución de la producción ya que la planta tiene una respuesta vegetativa y disminuye la respuesta a la inducción floral (Undarraga. 2013).

2.10.4. Poda de Hojas

Consiste en eliminar todas las hojas adultas que ya no son funcionales, denominadas “hojas parásitas” (que perjudican el crecimiento de las hojas más jóvenes con mayor actividad fotosintética), como también todos los restos de inflorescencias, cuidando de no dañar las coronas de la planta. Existen dos tipos de poda de hoja: Poda alta o deshoje y poda baja (Undarraga. 2013).

2.10.5. Cosecha y pos cosecha

La frutilla se considera como un fruto no climatérico, es decir no mejora su calidad gustativa después de cosechada solo aumenta el color y disminuye la firmeza. Tiene una alta tasa respiratoria por lo que se asocia a una corta vida de almacenamiento. Presenta una epidermis delgada, gran porcentaje de agua, y alto metabolismo la cual la hace perecible y expuesta al daño mecánico o daño por microorganismos.

El índice de madurez es el color, se comenzará la recolección cuando el fruto ha adquirido el color típico de la variedad, al menos $2/3$ a $3/4$ de su color rojo según la distancia a transportar.

La cosecha se realiza a mano, tomando la fruta por el pedúnculo que se corta de 0,5cm a 1 cm desde el cáliz, doblando y tirando suavemente para quebrarlo, se debe evitar el exceso de presión con los dedos.

Una vez cosechada la fruta debe ser transportada a “packing” ingresándolas a cámaras frigoríficas dentro de las 3 horas siguientes, con alta humedad relativa ya que presentar baja humedad por un largo periodo aumentara la pérdida de peso afectando la calidad de la fruta adicionalmente la temperatura debe ser cercana a 0°C , y se debe mantener la cadena de frio hasta el lugar de venta (INIA Raihuem, 2012).

2.11. Plagas y Enfermedades de la Frutilla

Varias enfermedades afectan la frutilla, disminuyendo la longevidad de la planta, el rendimiento y la calidad de la fruta (Undarraga. 2013). Dentro de estas patologías se pueden reconocer:

2.11.1. Plagas

2.11.1.A. Araña Roja

(*Tetranychus urticae*): Según InfoAgro (2015) Se trata de la plaga más perjudicial en el cultivo de fresa. Aparece fundamentalmente cuando las temperaturas son altas (30°C) y el ambiente seco. Es frecuente encontrar finas telarañas en el envés de las hojas afectadas. Para evitar la propagación de esta plaga, se deben llevar a cabo una serie de medidas preventivas:

- Aumento de la humedad relativa.
- Manejo de material vegetal sano.
- Eliminación de malas hierbas y material infestado.

2.11.1.B. Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Según InfoAgro (2015) Se trata de una plaga que afecta principalmente a flores y frutos. Para el control de esta plaga, es conveniente la realización de medidas preventivas como:

- Colocación de trampas adhesivas azules a la altura del cultivo.
- Colocación de plantas-reservorio alejadas del lugar de plantación.
- Eliminación de malas hierbas.

2.11.2. Enfermedades

2.11.2.A. Podredumbre Gris (*Botrytis cinerea*)

Según InfoAgro (2015), los hongos causantes de esta enfermedad se desarrollan en condiciones de alta humedad relativa (95%) y temperaturas entre los 15-20°C. Los daños pueden aparecer en cualquier parte de la planta, pero se suelen localizar fundamentalmente en el fruto, siendo más frecuente debajo del cáliz. Originan manchas color pardo, donde se extienden rápidamente los fructificaciones del hongo.

Se debe evitar el exceso de humedad, ya sea disminuyendo la dosis y frecuencia de riego, aumentando el marco de plantación o ventilando. También es conveniente retirar tejidos enfermos utilizando siempre herramientas desinfectadas.

2.11.2.B. Oídio (*Sphaerotheca macularis f. sp. fragariae*)

El hongo causante de esta enfermedad se desarrolla preferiblemente en condiciones de elevada humedad y temperatura comprendida entre 15-27°C. Dicha enfermedad se manifiesta dando lugar a un polvo blanco (micelio) en el envés de las hojas, con la consiguiente decoloración en el haz. Dicha enfermedad se manifiesta dando lugar a un polvo blanco (micelio) en el envés de las hojas, con la consiguiente decoloración en el haz. Finalmente, se observan manchas púrpuras o rojizas en el envés. Además, se produce el curvamiento de los márgenes de las hojas hacia arriba. En el fruto, los síntomas se manifiestan con la presencia de micelio que llega a envolverlo por completo.

Para controlar esta enfermedad se deben realizar una serie de medidas preventivas como: establecer un correcto marco de plantación, eliminación de malas hierbas y plantas sintomáticas, desinfección de herramientas, etc. (InfoAgro, 2015).

2.11.2.C. Mancha Púrpura (*Mycosphaerella fragariae*)

El hongo causante de esta enfermedad, también conocida como viruela, se ve favorecido en condiciones de alta humedad relativa y temperaturas suaves (15-20°C). Dicha enfermedad se manifiesta con pequeñas manchas circulares (2 a 3mm de diámetro) de color rojo oscuro en el haz de las hojas normalmente. Finalmente, dichas manchas se tornan de color blanco o pardo con el borde púrpura.

Para su control se recomienda llevar a cabo medidas preventivas como: eliminación de material vegetal sintomático, favorecer la aireación del cultivo, evitar excesos de fertilización nitrogenada, etc. (InfoAgro, 2015).

2.12. Fisiopatías de la Frutilla

2.12.1. Frutos albinos

Se debe al exceso de nitrógeno, lo que genera una deficiencia en la concentración de azúcares en el fruto. Se corrige reduciendo la concentración de nitrógeno e incrementando la concentración de calcio y potasio, para ello será necesario practicarle al cultivo un análisis foliar para determinar la concentración en peciolo de calcio y potasio (Intagri, 2018).

2.12.2. Quemadura o escaldadura del fruto

Se presenta bajo condiciones de alta radiación solar, la fruta es afectada cuando es expuesta directamente a la luz solar. Presenta una coloración albina sólo en la zona donde intercepta luz (Intagri, 2018).

2.12.3. Daño en fruto por exceso de agua

El ablandamiento de la pulpa es común de las plantas con exceso de agua, esta característica genera susceptibilidades para la entrada de patógenos (Intagri, 2018).

2.12.4. Frutas deformes por deficiencia de Boro

Este elemento es un nutriente indispensable para un adecuado desarrollo de los órganos reproductivos florales, en caso de no monitorear nutricionalmente al cultivo, la deficiencia del elemento se manifiesta con la aparición de frutos pequeños y deformes (Intagri, 2018).

2.12.5. Deformación de fruto por falta, pobre o mala polinización

La flor de la fresa es una flor hermafrodita y es autopolinizable, este fruto es compuesto por lo cual cada pelito (pistilo) debe de ser polinizado por individual por lo cual se necesitan muchas visitas de abejas, abejorros etc., a la flor para poder conseguir un fruto bien formado, manteniendo excelentes calidades en la fresa. Estos problemas de mala o

pobre polinización en frutilla, la tendremos si no contamos con buenas entradas de aire en nuestro cultivo como la falta de abejas o abejorros que nos ayuden. La muestra de una mala polinización es que las frutillas muestras sólo unos eterios llenos, los demás se encuentran los pistilos secos o muertos (Tips y Temas Agronómicos, 2018).

2.13. Cultivo Hidropónico

2.13.1. Historia

El registro más antiguo data en 1699 con Jhon Woodward quien logró hacer crecer hierba buena y menta en agua de un pozo, en 1940 en experiencias que han quedado registradas habían demostrado que las plantas eran susceptibles de crecer y alcanzar su pleno desarrollo en agua con agregado de sales minerales en cantidades adecuadas. En 1928, el profesor William Frederick Gericke de la Universidad de California en Berkeley, fue el primero en sugerir que los cultivos en solución se utilizasen para la producción vegetal agrícola. Gericke causó sensación al hacer crecer tomates y otras plantas que alcanzaron tamaños notables (mayores que las cultivadas en tierra) en soluciones minerales lo cual lo llevó a la realización de su artículo titulado “Acuacultura: un medio para producir cosechas” (1929). Por analogía con el término geopónica (que significa agricultura en griego antiguo) llamó a esta nueva rama hidroponía en 1937. Gericke recoge el mérito por haber comenzado cultivos en “grande” (Palomino, 2008).

2.13.2. Hidroponía

Según el Griego: Hidro=Agua, Pono=Trabajo

Se denomina Hidroponía al cultivo de plantas sin tierra, creando las condiciones necesarias a través de una solución de agua a la que se la han añadido sales minerales. Se puede decir que es un sistema eficiente para producir verduras, frutales, flores de excelente calidad en espacios reducidos. Hay diversas formas de hacer hidroponía, algunas de las cuales hacen uso de SUSTRATOS solidos que no son TIERRA, en estos sustratos las plantas pueden tener un sostén adecuado para crecer y además ofrecen la posibilidad de mantener la humedad y favorecer la oxigenación de las raíces de las plantas (Siñaniz, 2017).

2.13.3. Sistema Hidropónico de Flujo Laminar (NFT) Nutrient Flow Technic

El sistema NFT se basa en el flujo permanente de una cantidad de solución a través de caños de los que el cultivo toma para su nutrición. Este sistema consta de caños de distribución (Siñaniz, 2017).

2.13.4. Ventajas de la Hidroponía

* Menos horas de trabajo y más livianas.- Debido a que el sistema puede automatizarse, a que no crece malezas en el sistema, y también que la naturaleza de las tareas son diferentes en este sistema.

* Mínima pérdida y uso eficiente de agua.- Ya que esta es aportada, y la misma es reutilizada, en sistemas hidropónicos la pérdida por infiltración y evaporación son mínimas.

* Mínimo problema con las malezas.- Se considera mínimo en estos sistemas, ya sea por que los medios sean esterilizados o estériles, al no existir suelo el problema de las malezas tiende a desaparecer.

* Balance ideal de agua, aire y nutrientes.

* Excelente drenaje.

(Siñaniz, 2017).

2.13.5. Desventajas de la Hidroponía

* Costo Inicial alto.

* Requiere buen conocimiento de fisiología y nutrición.

* Se requiere agua de buena calidad.

(Siñaniz, 2017).

2.14. Sustratos

Un sustrato es un medio sólido e inerte, que protege y da soporte a la planta para el desarrollo de la raíz en las hortalizas y flores, permitiendo que la solución nutritiva se encuentre disponible para su desarrollo (Siñaniz, 2017).

2.14.1. Características de un buen sustrato

Según “HYDRO ENVIRONMENT S.A” (2008)

2.14.1.A. Retención de Humedad

La retención de humedad por el sustrato, determina la posibilidad de que la planta tenga disponibles los nutrientes para que esta pueda realizar sus procesos metabólicos (fotosíntesis, transpiración, respiración y procesos reproductivos). Para que esta retención de humedad se encuentre disponible va a depender mucho de su granulometría (tamaño de las partículas) y porosidad (espacio que hay entre las partículas). Mientras más elevada sea la capacidad de retención de agua del sustrato, menos frecuentes serán los riegos.

2.14.1.B. La Capilaridad

Esta propiedad consiste en que el sustrato tenga la capacidad de absorber y distribuir en todas las direcciones la solución nutritiva a través del micro poros. Cuando el sustrato no tiene capilaridad, la solución nutritiva se mueve verticalmente a través del perfil del mismo, llegando rápidamente al drenaje y dejando zonas secas en las cuales no se puede desarrollar las raíces haciendo que la planta no se desarrolle bien o no crezca adecuadamente. Cuando el sustrato tiene una buena capilaridad, el agua es absorbida en todas direcciones, haciendo que las raíces de las plantas encuentren una humedad homogénea en todo el recipiente.

2.14.1.C. Capacidad de Aireación en la Raíz

El nivel de capacidad de aireación óptimo varía entre un 20% y un 30%, esto se define como la proporción del volumen de oxígeno que se encuentra disponible en el sustrato, después de que éste se haya saturado de agua y haya terminado de drenar. Durante todo este proceso la raíz de nuestra planta debe tener una respiración adecuada y por ello es importante elegir un sustrato con estructura estable, muy poroso y la aireación complementaria de la solución, ya que de esta forma evitaremos el peligro de la falta de oxígeno en la zona radicular (raíces); por esto se considera que los sustratos utilizados en hidroponía proporcionan mayor oxigenación en comparativa a la obtenida en suelos naturales.

2.14.1.D. Estabilidad Física

La compactación y descomposición del sustrato puede causar una reducción en el espacio poroso y en la capacidad de aireación a lo largo del cultivo. Es por ello que la estabilidad de las propiedades físicas es de vital importancia en cultivos de larga duración. Los sustratos más inadecuados son aquellos que se desmoronan fácilmente con la acción del agua.

2.14.1.E. Buen Drenaje

Todo tipo de recipiente y de sustrato que se estén utilizando, deberá permitir un buen drenaje. Cuando una planta hidropónica requiere una mayor cantidad de solución nutritiva o agua, debemos aplicar mayor cantidad de riegos, pero nunca debemos de inundar el sustrato, ya que esto va contra la disponibilidad del oxígeno.

2.14.1.F. Químicamente Inerte

Significa que no debe suministrar ningún elemento que pueda representar una alteración en la solución nutritiva.

2.14.1.G. Biológicamente Inerte

El sustrato hidropónico debe ser a diferencia del suelo, un medio carente de actividad biológica; en este sentido, cualquier presencia de microorganismos o insectos tendría un carácter contraproducente ya que puede causar daños, infecciones o enfermedades a nuestros cultivos.

2.14.1.H. Bajo Costo y Disponibilidad

Los sustratos deben poderse conseguir en el medio y claro tener un costo accesible para el productor sin sacrificar la calidad del sustrato.

2.14.2. Fibra de coco

La Fibra de coco se encuentra dentro de los residuos agroindustriales de origen tropical, se genera después de que el fruto del cocotero ha sido procesado con fin de obtener las fibras más larga. Esta fibra de coco es empleada en hidroponía la cual tiene una alta relación de carbono/nitrógeno, esto permite que se mantenga químicamente estable. La retención de humedad que tiene es muy buena con un 57% (Hydro Environment, 2017).

Éstas son algunas de las características físicas y químicas que nos ofrece este sustrato:

- pH: 5,5-6,5.
- Conductividad eléctrica: < 0,8 ms/cm.
- Porcentaje de aireación: 10-40 %.
- Capacidad de retención de agua: 25-50 %.
- CIC (capacidad de intercambio catiónico): 70-100 meq/100 g.
- C/N (relación carbono nitrógeno): 80:1.
- Contenido en celulosa: 20-30 %.

(Agromatica, 2018)

2.14.3. Ventajas y Desventajas de la fibra de coco según Agromática (2017).

2.14.3.A. Ventajas

- Es un subproducto natural y orgánico procedente del coco. No contamina ni consume energía.
- Tiene una gran capacidad de aireación y retención de agua.
- Se puede escoger entre varias granulometrías según lo que cultivemos.
- Tiene un pH estable, entre 5,5 y 6,5.
- Ofrece una rápida respuesta cuando se pretende corregir una carencia mineral.
- Se rehidrata fácilmente, por lo que la respuesta al estrés hídrico es rápida.
- Retiene nutrientes con gran facilidad, y los libera de forma progresiva (capacidad de intercambio catiónico).

2.14.3.B. Desventajas

- Puede ser más caro que otros sustratos (aunque con agua se expande y hay mucha superficie de cultivo).
- Dependiendo de la calidad del agua, puede retener con facilidad sales.

2.15. Solución Nutritiva

La nutrición de la planta en Hidroponía se brinda a través de una solución nutritiva balanceada y equilibrada que se formula a partir de un análisis de agua, la especie vegetal a cultivar, su etapa fenológica y las condiciones ambientales que se tengan.

La solución nutritiva es un conjunto de sales minerales disueltas en agua, que puede variar su proporción dependiendo de la especie y la etapa fenológica de la planta. La preparación de la solución nutritiva se realizara en base a los diferentes fertilizantes existentes en el mercado (Siñaniz, 2017).

Según Siñaniz (2017) Los nutrimentos se clasifican por su concentración en el tejido vegetal en:

Macronutrientes:

N, P, K, Ca, Mg, S, C, H, O.

Micronutrientes:

B, Cl, Na, Fe, Zn, Mn, CU, Mo, Si, Co, NI.

La solución nutritiva se debe de encontrar en un pH entre 5.5 y 6 para que la mayoría de los nutrimentos estén disponibles.

2.16. Soluciones Madre

Existen 3 soluciones madre: A (macronutrientes), B (micronutrientes) y C (calcio). La solución madre es una solución nutritiva concentrada en la cual las sales minerales se encuentran disueltas en un menor volumen de agua. De esta mezcla se tomará lo necesario para preparar la cantidad de solución requerida (Siñaniz, 2017).

2.17. Invernadero

Los invernaderos son barreras físicas entre el cultivo y el medio ambiente, que permiten la creación de un microclima específico, protegiendo a las plantas contra factores climáticos adversos como la lluvia, viento, plagas, enfermedades y animales. Invernadero es toda estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones climáticas “artificiales”, y con ello conseguir una serie de ventajas en el cultivo de las plantas (García, 2009).

CAPÍTULO III

Materiales y Métodos

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización

La investigación se realizará en un invernadero ubicado en Tarija provincia Cercado, Municipio Cercado, Zona Juan XXIII, específicamente en la Calle Porvenir #2128.

Coordenadas:

Latitud Sur	21° ,32'22.4''
Longitud	64°42'45.60''
Altitud msnm	1874

3.2. Materiales.

3.2.1. Material Biológico.

Plantines de *Fragaria x ananassa* de la Variedad San Andreas provenientes de los invernaderos del SEDAG.

Plantines de *Fragaria ananassa* de la variedad Albión provenientes de la comunidad de San Andrés.

3.2.2. Descripción de las variedades utilizadas

3.2.2.A. Variedad: San Andreas

Principales características:

- Variedad de día neutro
- Buena aptitud para el mercado fresco ya que es la variedad que presenta el mayor tamaño y homogeneidad de frutos.
- Fruta muy firme, con color rojo medio brillante y sabor y olor excelente.
- Fruto muy firme con excelente vida de post cosecha.
- Muy resistente Phytophthora y Antracnosis.
- Menos incidencias de botritis y oídio.
- Grados brix (6-8°Brix).
- Peso de fruto de 20-25 gr.

3.2.2.B. Variedad: Albión

Principales Características:

- Variedad de día neutro, tiene período de fructificación largo
- Excepcional calidad organoléptica del fruto y excepcional sabor.
- Alta resistencia a condiciones meteorológicas adversas y a enfermedades.
- Muy buena aptitud para mercado fresco.
- Es de muy fácil recolección y aguanta bien la pos-cosecha resistencia a enfermedades y plagas.
- Albión es muy resistente a Anthracnosis, Verticillium y Phytophthora. y más resistente a la araña roja.
- Peso de fruto 26 – 32 gr.
- Fruto con gran acumulación de azúcar (10-14 °Brix).

3.2.3. Materiales del Equipo del Sistema Hidropónico

- Tinaco (cántaro de 460LTS)
- Estructura de fierro
- Bomba de agua de 1^{1/2} Hp
- Timmer
- Medidor de pH y CE electrónico.
- Estructura de hierro
- SALVA MOTOR
- Tuberías de Plástico de 8 micrones, blanco por fuera y negro por dentro

- Tuberías de alta presión.
- Fibra de coco.
- Agua Potable (Desclorada)

3.2.4. Nutrientes a Usar

Nitrato de calcio (25kg-15.5%N, 26%CaO)

Nitrato de potasio (25kg- 13%N, 45%K₂O)

Fosfato mono amónico (25kg-12%N, 61%P₂O₅)

Sulfato de magnesio (25kg- 16%MgO, 13%S)

Quelato de hierro (100gr-6%Fe)

Ácido bórico Técnico

Sulfato de cobre

Sulfato de zinc

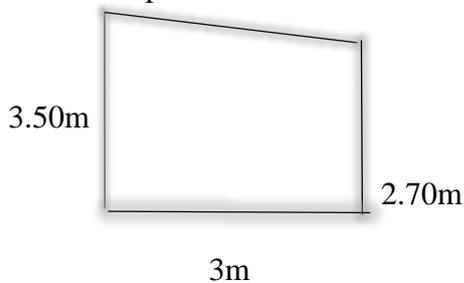
Sulfato de manganeso

Molibdato de Amonio

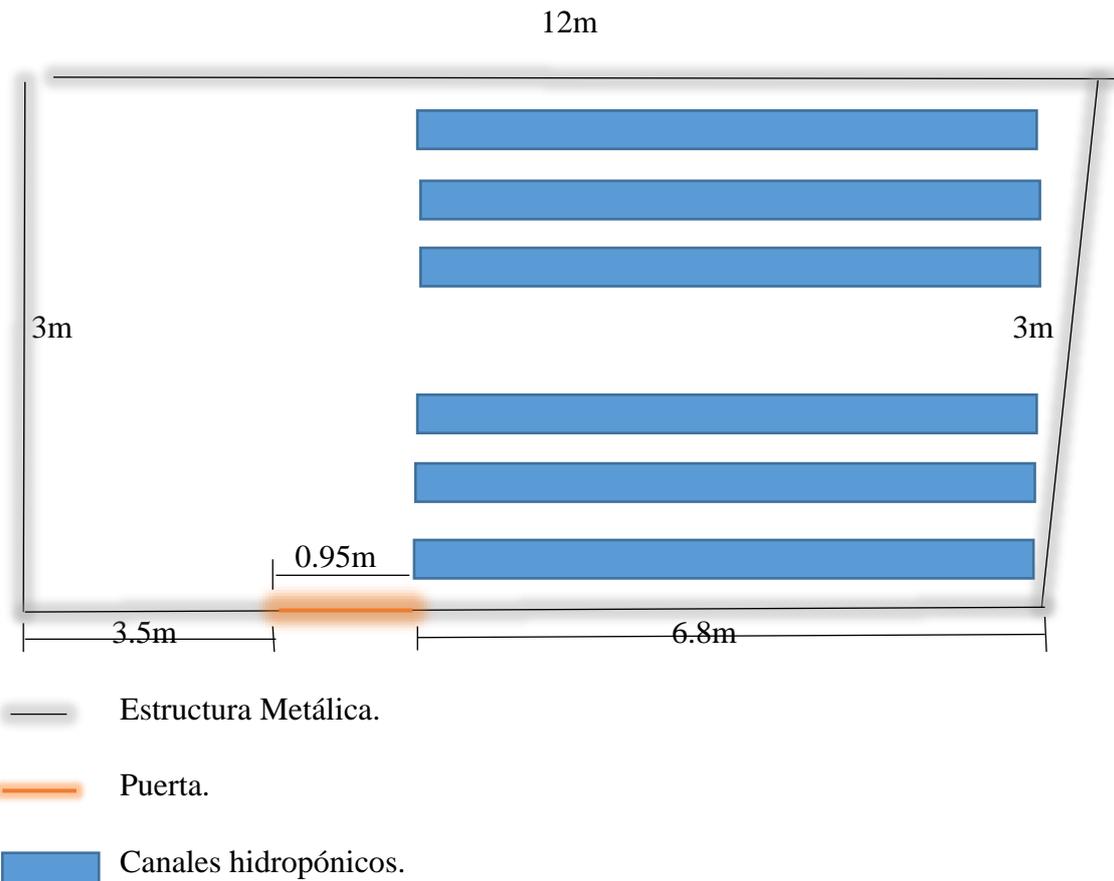
3.2.5. Características del Invernadero

El presente ensayo ser implantará en un invernadero cuyas características son:

Altura 3.50 m en el punto más alto y 2.70 m en la caída, un invernadero de una sola caída con una superficie de 13mts².



Cuenta con un techo de policarbonato, y una cubierta lateral de malla milimétrica y nylon.



3.3. Agua Potable (desclorada)

Se llenará al tinaco 600 litros de agua para la previa desclorificación que consiste en mover el agua y dejarla reposar una noche o un día entero para que el cloro salga en forma de gas.

3.4. Tipo de Sistema Hidropónico a Usar

Se construirá un sistema hidropónico de flujo laminar (NFT) que se basa en el flujo permanente de una cantidad de solución a través de caños de los que el cultivo tomará para su nutrición.

3.5. Método

3.5.1. Frecuencia de Flujo de la Solución en el Sistema.-

Para la distribución de la solución se usó un tubo ciego con perforaciones cada 5cm que permitieran hacer fluir el agua por toda la zona de las raíces, para la nutrición mineral se usará una solución nutritiva (A,B,C) preparada en el laboratorio de biotecnología de la UAJMS, cada semana se medirá y regulará el pH entre 5.5 a 6.5 con una solución de HNO₃ si es necesario, después del trasplante se aplicaran 6 riegos diarios de 15 minutos

cada uno en intervalos de 1 hora entre riego, pasadas las 7pm del día el sistema dejara de funcionar hasta las 7am del día siguiente.

3.5.2. Diseño Estadístico

En la presente investigación, se utilizará el diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos con 3 repeticiones, haciendo un total de 6 unidades experimentales. Cada unidad experimental estará constituida por 30 plantas de frutilla.

Donde los tratamientos estarán constituidos por las variedades y el sustrato de fibra de coco.

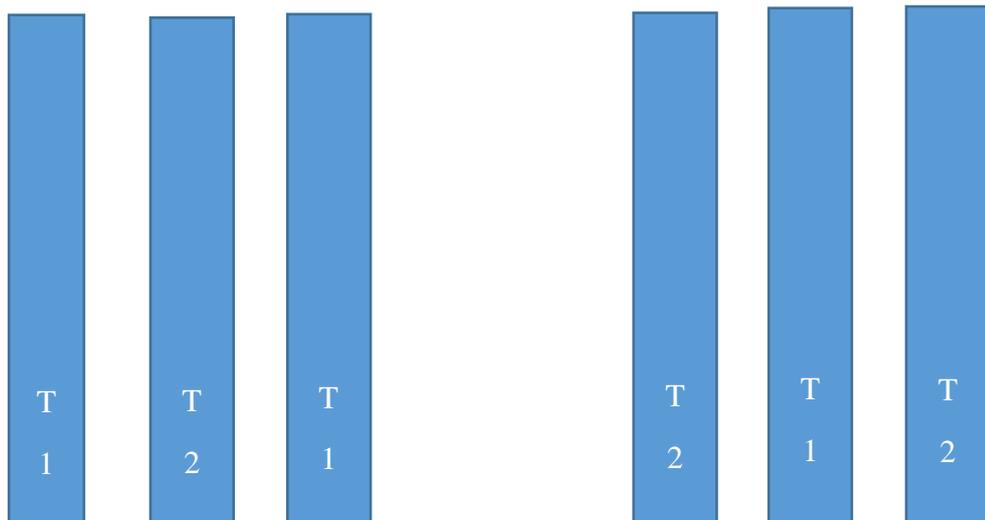
3.5.3. Tratamientos

Variedades (Más apta en sistema hidropónico)

V1: Albión.

V2: San Andreas.

3.5.4. Diseño en el Invernadero



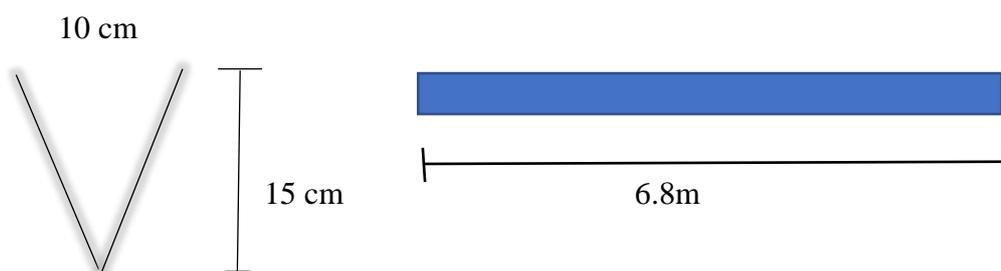
Características	Unidad	Cantidad
Ancho	m	0.15
Largo	m	6.8
Área Total de los canales	m ²	1,02
Separación entre Canales	cm	17
Parcela neta	m ²	6.12
Área total de Ensayo	m ²	19.72
Número de Canales		3

3.6. Procedimientos experimentales

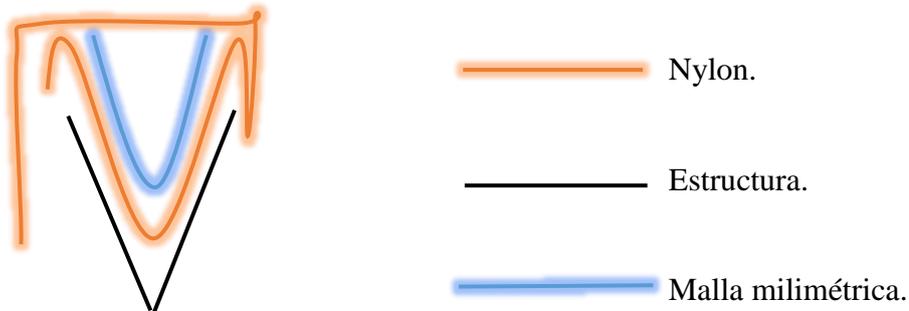
El presente ensayo se implantará un invernadero de una sola caída con una superficie de 13m², donde se realizó el armado del sistema hidropónico y la previa plantación de los plantines de frutilla siguiendo todas las normas de sanidad que un invernadero demanda, detalladas a continuación:

3.6.1. Armado del Sistema Hidropónico

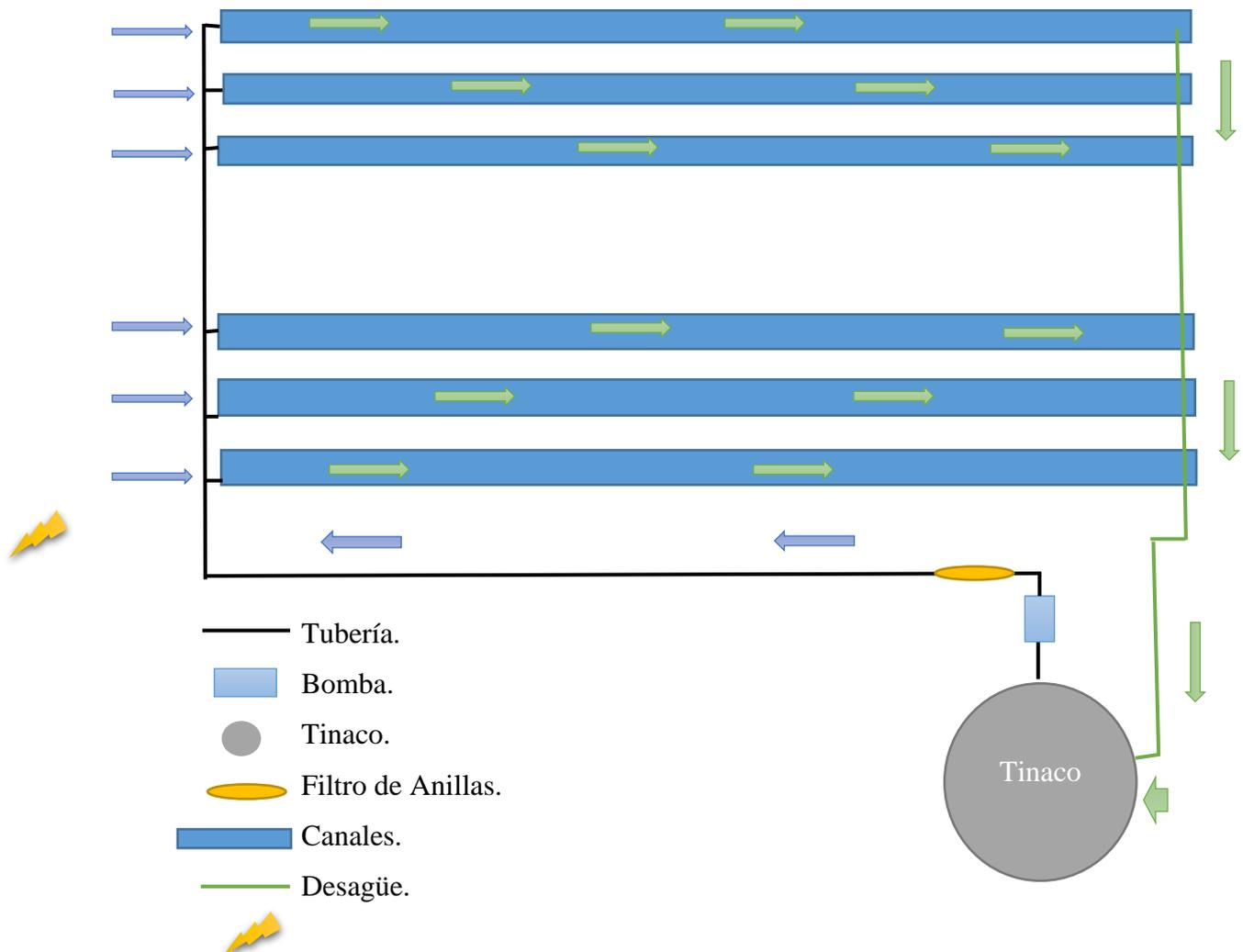
Se inició con la estructura metálica de 15x10 cm y de largo con una distancia de 6.8m.



Luego se procedió a armar el canal, primeramente pegando el nylon negro y el blanco para hacer un canal de dos caras, negro por dentro y blanco por fuera para reflejar la radiación, seguidamente este nylon se pondrá encima del canal. De forma que permita el paso de la solución nutritiva.

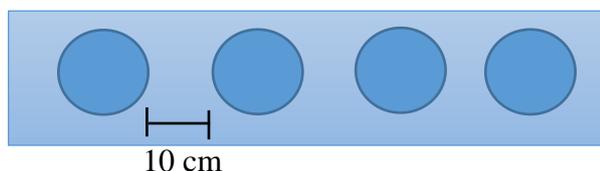


Se introdujo malla milimétrica dentro del canal con el fin de sostén para la fibra de coco, para que ésta no se desacomode por el flujo de solución nutritiva.



Timmer y Salva motor.

Se llenó los Canales con el Sustrato ya desinfectado y se hizo agujeros en el Nylon con un marco de plantación de 10 cm de distancia por planta



El Timmer se programará según la bibliografía (Cabezas, 2017) quince minutos cada hora desde las 6am hasta las 6pm, dejando el sistema apagado por la noche debido

a que la planta no hace fotosíntesis por ausencia de luz y no requiere de nutrientes mientras “duerme”. El intervalo de tiempo dependerá de la temperatura ambiente del invernadero.

3.6.2. Duración de la investigación

La presente investigación tuvo una duración de cinco meses, comenzando el 19 de Junio con la plantación y terminando el 19 de Noviembre con el cuarto corte de cosecha.

3.6.3. Preparación de Sustrato

Se obtuvo las cáscaras de Coco para su previo picado, una vez conseguida la cantidad adecuada, se procedió a su desinfección; se hizo la desinfección del sustrato de Fibra de coco en la caldera a Vapor del Centro Experimental de Chocloca con la ayuda del Ingeniero a cargo, el sustrato estuvo en exposición al calor del vapor seco por 10 minutos a una temperatura de 80°C a 100°C. Una vez desinfectado se procedió a colocar la fibra de coco en los canales del sistema hidropónico.

3.6.4. Preparación del agua apta para hidroponía

Se hizo un examen de calidad de agua de agua, se llenara al tinaco 600 litros de agua para la previa desclorificación que consiste en mover el agua y dejarla reposar una noche o un día entero para que el cloro salga en forma de gas, luego de su examen y desclorificación, se procede a preparar ahí la solución nutritiva echando gradualmente la solución A, B, y C.

3.6.5. Preparación de soluciones nutritivas

Se procedió a preparar las soluciones madres A, B y C según el requerimiento nutricional de la frutilla.

Etapa de crecimiento vegetativo

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Cu	Zn	Mo
Inicial (ppm)	180	45	260	160	50	70	2.0	0.8	1.0	0.15	0.20	0.08
Agua(mg/l)	-	-	0.20	2.00	0.31	0.40	-	-	-	-	-	-
Falta	180	45	259.8	258	49.69	69.6	2.0	0.8	1.0	0.15	0.20	0.08

Etapa de Floración y fructificación

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Cu	Zn	Mo
Inicial (ppm)	170	50	320	170	50	50	2.5	1.0	1.0	0.15	0.25	0.10
Agua(mg/l)	180	45	260	160	50	70	2.0	0.8	1.0	0.15	0.20	0.08
Falta	10	5	60	10	-	-	0.5	0.2	-	-	0.05	0.02

La cantidad de Nutrientes para cada solución se consiguió a través del programa Hidrobuddy el cual necesita los datos del requerimiento del cultivo, la composición de los abonos a usar, su pureza, la cantidad de Litros de agua a usar y te da un resultado fiable, que fue comprobado por mi persona con asesoramiento de profesionales del Laboratorio de Química de la UAJMS.

Una vez sabido la cantidad de nutrientes a usar se realizó el pesado de lo requerido en el laboratorio de Fitopatología de la carrera de Ingeniería Agronómica ayudándome con la balanza de precisión del Laboratorio y las balanzas comunes.

Se preparó 5L. de Solución A, B y C para 1000Litros de Agua.

Preparación de la solución A.

- Nitrato de potasio (25kg- 13%N, 45%K₂O).
- Fosfato mono amónico (25kg-12%N, 61%P₂O₅).

Se hecho 3.5 litros de agua en un recipiente graduado, Disolver el nitrato de potasio. Agitar vigorosamente hasta observar que el fertilizante se disuelva totalmente.

Luego agarrar una jarra con 1 litro de agua, agregar el fosfato mono amónico; agitar y disolver completamente y echar al recipiente que contiene nitrato de potasio Una vez que los dos fertilizantes se encuentran juntos en el recipiente, agitar hasta que haya una mezcla homogénea, agregar agua hasta completar un volumen final de 5 Litros

Preparación de la solución B.

- Sulfato de magnesio (25kg- 16%MgO, 13%S).
- Quelato de hierro (100gr-6%Fe).
- Ácido bórico Técnico.
- Sulfato de cobre.
- Sulfato de zinc.
- Sulfato de manganeso.
- Molibdato de Amonio.

En un recipiente graduado, se disolvió el sulfato de magnesio en 3 litros de agua. Agitar vigorosamente hasta que se disuelva totalmente.

Luego agarrar una jarra con 0.5 litros de agua, agregar los micronutrientes, agitar y echar al recipiente que contiene sulfato de magnesio disuelto.

Por último en la misma garra con 1 litros de agua, agregar el Quelato de hierro, agitar hasta que se disuelva completamente, y echar al recipiente graduado que contiene la mezcla de sulfato de magnesio disuelto y micronutrientes. Homogenizar completamente. Finalmente, se agregó agua hasta completar un volumen final de 5 litros.

Almacenar la solución concentrada B. Para mayor duración, guardar en frasco oscuro y en un lugar fresco.

Preparación de la solución C.

- Nitrato de calcio (25kg-15.5%N, 26%CaO)

Echar 4 litros de agua en un recipiente graduado y agregar el Nitrato de calcio agitar hasta que haya una dilución completa y completar a los 5litros. La solución concentrada C se debe guardar en un bidón con tapa en un lugar fresco y oscuro.

Ya teniendo las soluciones A, B y C se procedió a juntarlas en orden y mezclando bien cada una en el Tinaco de 460L.

3.6.6. Plantación

Se realizó la plantación metiendo la raíz desnuda en un fungicida de plantación cuidando mucho al momento de plantar, de meter la raíz recta para aumentar la probabilidad de prendimiento usando una herramienta especial que permite meter la raíz en forma correcta.

3.6.7. Fertilización

Las plantas al alcanzar la floración y fructificación necesitaran un aumento de nutrientes los cuales aplicaremos 1 vez a la semana vía foliar, con Nitrato de calcio y ácido Bórico, dos días después de esa aplicación ponemos nitrato de potasio y fosfato mono amónico esto hasta el término de la fructificación.

3.6.8. Tratamientos fitosanitarios

En el transcurso del ensayo sólo se realizó un tratamiento curativo, no hubo aplicaciones preventivas de ningún tipo, sin embargo no se tuvo incidencia de plagas y enfermedades en todo el ciclo del cultivo a excepción del ataque de arañuela, por lo cual se usó el producto que se nombra a continuación: * Insecticida: Vertimec

Éste se usó por la incidencia de arañuela la cual es muy común en sistemas controlados por la poca humedad y alta temperatura, se le aplico 3 veces el compuesto para extinguir por completo la plaga.

3.6.9. Poda

Se realizó una poda de hojas de manera periódica, donde se podaban hojas viejas, muertas, con ataque de arañuela, de manera que estas no afecten de manera negativa al desarrollo de la planta.

3.6.10. Cosecha

Se realizó de manera manual cuando los frutos estaban completamente maduros. A un promedio de 16 semanas después de la plantación se procedió a cosechar, la frecuencia de cosecha fue de cada 7 días.

3.7. Variables Evaluadas

Las variables se evaluaron en porcentajes, se sacaron los datos de este número de plantas, luego se procedió a tabular los datos.

3.7.1. Porcentaje de prendimiento

Se medirá de la población total; el número de plantas que lleguen a floración serán consideradas totalmente prendidas y según esos datos se tabulará el porcentaje.

3.7.2. Número de Días por estadios Fenológico

Se midieron los siguientes estadios fenológicos: Brotación, Floración, maduración del fruto, se hacía una Evaluación visual cada dos días anotando el número de día el cual la planta alcanzaba el estadio fenológico.

3.7.3. Número de Yemas Florales por Variedad

Se hizo el conteo de las yemas florales por tratamiento o variedad en las plantas al entrar en floración, esta variable es cuantitativa y su realizo mediante observación.

3.7.4. Número de Infrutescencia por planta

Se contó el número de infrutescencia madura por cada tratamiento en la primera cosecha luego se procedió a sacar las medias y tabular.

3.7.5. Diámetro de la infrutescencia

Esta variable fue medida con ayuda de un calibre, se midió el diámetro de la parte superior de la infrutescencia, una infrutescencia por planta.

3.7.6. Largo de la infrutescencia

Esta variable también fue medida con ayuda de un calibre, se midió el largo de la infrutescencia desde la parte superior a la inferior., una infrutescencia por planta de la muestra (51 plantas).

3.7.7. Rendimiento por planta.

De cada tratamiento, se pesara en gramos (g) con ayuda de una balanza electrónica (con una precisión de 1gr) el total de infrutescencia en la primera cosecha.

3.7.8. Grados Brix

De cada tratamiento se escogerá 10 de las mejores infrutescencias en aspecto tamaño, madurez y se medirá los grados Brix mediante el uso del brixómetro que fue usado del taller de Ingeniería de Alimentos con la asistencia de las alumnas encargadas.

3.8. Cronograma de trabajo.

Construcción del invernadero: 2016-2017

Armado del sistema hidropónico: 2017-2018

Picado de Fibra de coco: Enero-Junio del 2018

Preparación de Soluciones Madre.:12 de Junio del 2018

Plantación: 19 de Junio del 2018.-

Seguimiento y Recopilación de datos para dar respuesta a las variables a investigar: 19 de Junio – 19 de Noviembre.-

Cosecha: 25 de Octubre - 19 de Noviembre.

CAPÍTULO IV

Resultados y Discusión

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las siguientes variables fueron el resultado de los promedios en las evaluaciones efectuadas en el ciclo del cultivo de frutilla.

4.1. Porcentaje de prendimiento

Los valores porcentuales de las 95 plantas prendidas se distribuyen en la siguiente tabla. (Ver tabla N°1).

Tabla 1. Datos de porcentaje de prendimiento

Trat	I	II	III	SUMA	MEDIA
V1	20	30	23,3	73,3	24,44
V2	96,6	90	60	247	82,20

En la tabla N°1 se observa que el tratamiento con mayor porcentaje de prendimiento es el Tratamiento V2 (San Andreas) con un porcentaje de prendimiento del 82.20% y en segundo lugar con el menor porcentaje de prendimiento se encuentra el tratamiento V1 (Albi3n) con un porcentaje de prendimiento del 24.44%.

Teniendo en cuenta estos resultados se procede a realizar un an3lisis estadístico o an3lisis de varianza.

Tabla 2. ANVA de prendimiento

Fv	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	5	5816,65				
Tratamientos	1	4996,29	4996,29	24,38	18.5	98.5
Bloques	2	403,06	201,53	0,98	19	99
error	2	409,83	204,92			

Se encuentra que existe una diferencia estadística altamente significativa al 5% y 1% de probabilidad éntrelos diferentes tratamientos, por lo cual se procedió a realizar la prueba de MDS.

$$MDS = \sqrt{\frac{2CMe}{N^{\circ}r}} * t = \sqrt{\frac{2*204,92}{3}} * 4.30 = 50.25$$

Tabla 3. Prueba de MDS Porcentaje de prendimiento

Tratamientos	Medias		
$X_a - X_b \geq MDS * \sqrt{2}$			MDS
V2	82.20a		
V1	24.44b		
24.44	*		50.25

Se concluye que existe diferencia estadísticas significativa entre el tratamiento V2 que alcanza un porcentaje de prendimiento del 82.20%, el tratamiento V1 con un porcentaje de 24.44%; Siendo el mejor tratamiento el V2 por haber alcanzado mayor porcentaje de prendimiento.

Esto debido tal vez por errores en la plantación (raíz doblada), la cual es determinante al momento de plantar ya que si la raíz no se planta erectamente ésta reduce considerablemente las posibilidades de prender (Undurraga,2013).

O podemos atribuir esta diferencia a que la variedad que constituye el tratamiento V1 (Albión) no tiene las características Biológicas adecuadas para adaptarse a este tipo de sistema de cultivo (Hidroponía) en nuestro medio, por lo tanto se recomienda fuertemente usar la variedad que constituye el tratamiento V2 (San Andreas) ya que éste tiene mejor respuesta ante el sistema de cultivo hidropónico.

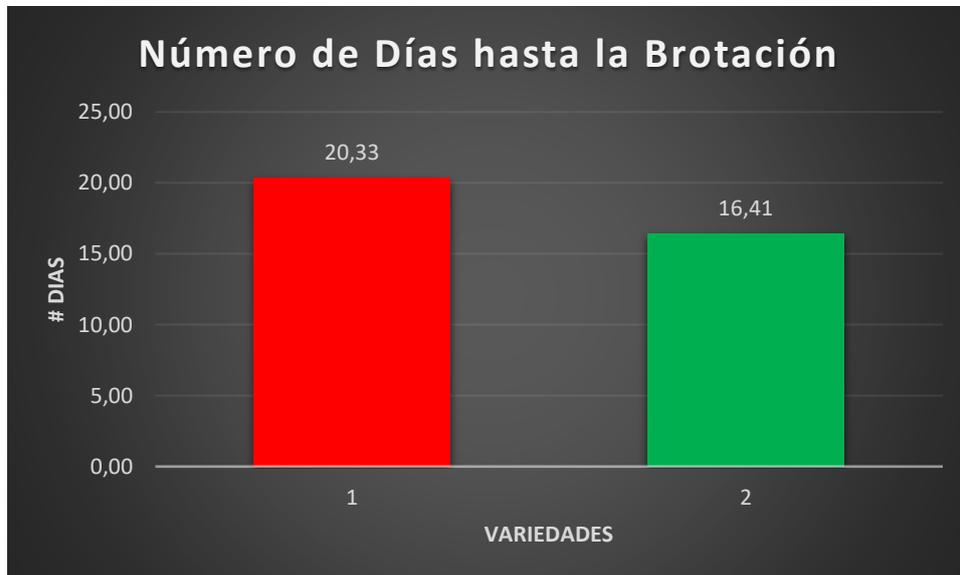
4.2. Número de días por estadio fenológico

El número de días en los cuales alcanzaban las plantas los estadios fenológicos se anotaban mediante observación se evaluó brotación, Floración y Fructificación.

4.2.1. Brotación

Número de días promedio en los cuales las plantas de ambos tratamientos alcanzaron la brotación. (Ver gráfico N°1).

Gráfico 1. Promedio de Días hasta la Brotación.



Se puede observar que las plantas del tratamiento V2 (San Andreas) fueron más precoces al llegar a la brotación en 16 días, mientras que el tratamiento V1 (Albión) alcanzó la brotación en un número de 20 días desde la plantación.

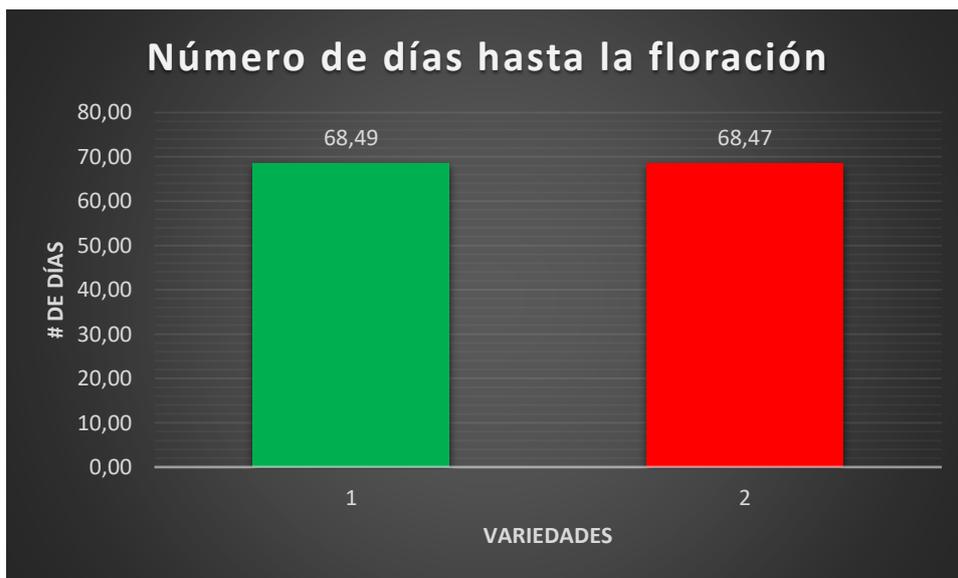
Se observa que hay una diferencia de precocidad de 4 días, podemos atribuir esa diferencia a la fisiología de cada variedad, la variedad San Andreas(V2) es una variedad

más precoz que la Variedad Albión (V1) teniendo la Variedad Albión un lento crecimiento inicial según el departamento Técnico Agrícola Llahuen, (2018).

4.2.2. Floración.

Número de días promedio en los cuales las plantas de ambos tratamientos alcanzaron la floración. (Ver Gráfico N°2)

Gráfico 2. Número de días hasta la floración.



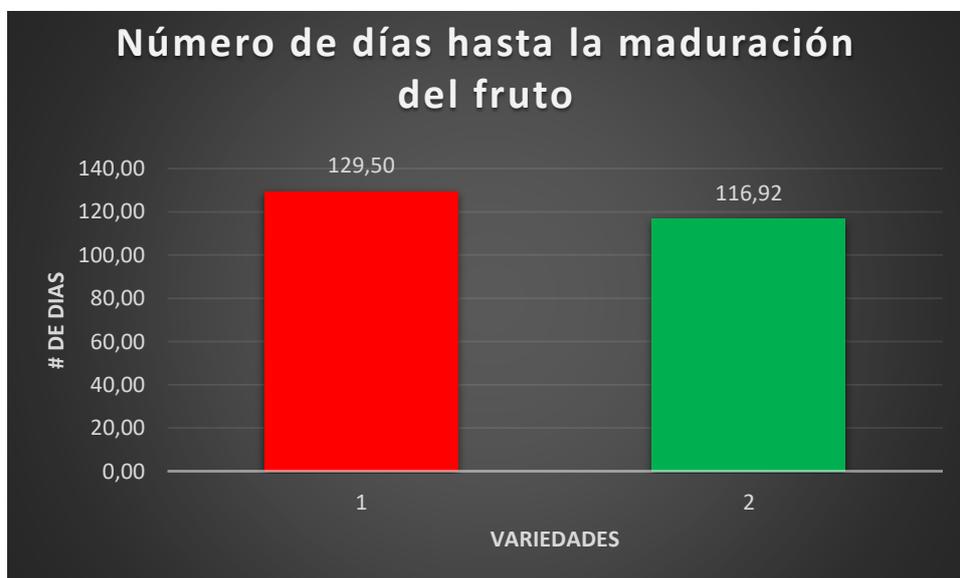
Según la gráfica se puede observar que las dos variedades llegaron a la floración con una diferencia mínima de días, llegando las plantas del tratamiento V1(Albión) a la floración en 68,49 días y las plantas del tratamiento V2 (San Andreas) llegaron a la floración en un número promedio de 68.47 días.

La diferencia mínima y el número de días se iguala en este estadio fenológico debido a que las plantas están sometidas a la misma temperatura, fotoperiodo, nutrición disponibilidad de agua, pH, salinidad, etc. ya que se encuentran en el mismo sistema forzado, esto hace que se equilibre el número de días hasta la floración en los dos tratamientos.

4.2.3. Maduración del fruto

Número de días promedio en los cuales las plantas de ambos tratamientos alcanzaron la maduración del fruto. (Ver gráfico N°3).

Gráfico 3. Número de días hasta la maduración del fruto



Se puede observar que el número de días hasta la maduración de fruto vuelve a diferir, el tratamiento V1 (Albión) llega a la maduración del fruto a los 129,50 días, el tratamiento V2 (San Andreas) alcanza la maduración del fruto a los 116,92 días haciendo evidente que el tratamiento V2 (San Andreas) es más precoz, con una diferencia de 13 días promedio entre tratamientos para alcanzar este estadio fenológico.

Tabla 4. ANVA del número de días hasta la maduración del fruto

Fv	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	5	450,03				
Tratamientos	1	237,51	237,51	8,27	18.5	98.5
Bloques	2	155,08	77,54	2,70	19	99
error	2	57,44	28,72			

Una vez realizado el análisis de varianza se encuentra que no existe varianza significativa entre los tratamientos V1 (Albión) que alcanza la maduración del fruto en un número de días de 129 y el tratamiento V2 (San Andreas) que llega a la maduración del fruto en 116 días, la mínima diferencia indica que el mejor tratamiento es el V2 (San Andreas) que alcanza la maduración del fruto en menos cantidad de días que la V1 (Albión), la diferencia de días entre los tratamientos se debe a las características de las variedades, la

variedad V2(San Andreas) es más precoz según bibliografía (Departamento Técnico Agrícola Llahuen, 2018), lo que significa que aún en este tipo de sistema de cultivo como lo es el sistema hidropónico las variedades mantienen sus características biológicas, siendo este sistema el más efectivo para realizar este tipo de pruebas porque las plantas de ambos tratamientos están sometidas a exactamente la misma temperatura, fotoperiodo, nutrición disponibilidad de agua, pH, salinidad, y otros factores que a campo abierto y en suelo no estarían regulados a tal homogeneidad como lo es en el cultivo Hidropónico y en un sistema forzado.

4.3. Número de Yemas Florales

Los valores promedios de las evaluaciones efectuadas a los distintos tratamientos (ver Tabla N°8).

Tabla 5. Número de Yemas Florales en el primer ciclo de cultivo

Tratamiento	I	II	III	SUMA	MEDIA
V1	2,33	2	3,17	7,5	2,50
V2	2,75	4	3,86	10,61	3,54
Totales	5,08	6	7,03	18,11	6,04

En la tabla N° 5 se presentan los valores promedios del número de yemas florales por planta, observándose que el tratamiento V2 (San Andreas) presenta un promedio de 3.54 yemas florales por planta, y el tratamiento V1 (Albión) presenta un promedio de 2.50 yemas por planta.

Tabla 6. ANVA del número de yemas florales en el primer ciclo del cultivo

Fv	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	5	3,28				
Tratamientos	1	1,61	1,61	4,51	18.5	98.5
Bloques	2	0,95	0,48	1,33	19	99
error	2	0,71	0,36			

No existe diferencia significativa entre las medias de cada tratamiento, la diferencia existente se atribuye a que el número de yemas florales sean regidas por las características biológicas de las variedades usadas en los tratamientos siendo más productiva la Variedad

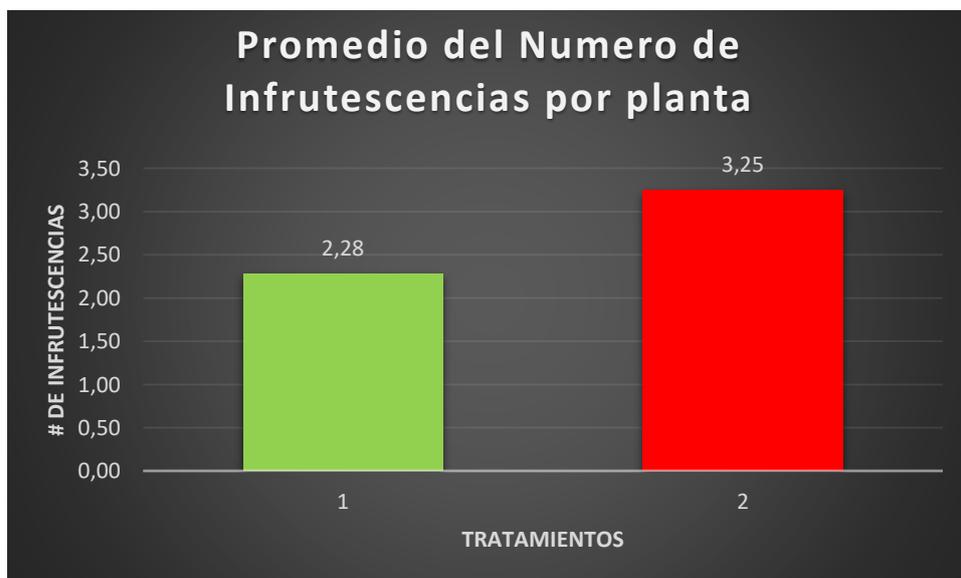
V2 (San Andreas) con un número mayor de yemas por planta que la variedad V1 (Albión) (Departamento Técnico Agrícola Llahuen, 2018).

No se cuenta con datos de otros trabajos de investigación sobre el número de yemas florales por planta en un sistema de cultivo hidropónico para comparar y discutir estos resultados por lo tanto se deberá seguir investigando en esta variable en próximos trabajos de investigación.

4.4. Número de Infrutescencias por planta

Los valores promedios de las evaluaciones efectuadas a los distintos tratamientos (ver gráfico n°4).

Gráfico 4. Promedio de Infrutescencia por planta de los tratamientos



Como muestra el gráfico n°4 al comparar los promedios obtenidos de los tratamientos en estudio se observa que en la evaluación realizada, el tratamiento V1 (Albión) con 2.14 infrutescencia por planta presenta el menor valor. Luego el tratamiento V2 (San Andreas) con 2.86 infrutescencias por planta con un mayor valor.

Tabla 7. ANVA del número de infrutescencia por planta de los tratamientos

Fv	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					1%	5%
Total	5	2,37				
Tratamientos	1	1,41	1,41	9,68	18.5	98.5
Bloques	2	0,67	0,33	2,29	19	99
error	2	0,29	0,15			

No existe diferencia significativa aunque considerando el redondeo de los valores promedios, el tratamiento V1 (Albión) con 2.28 a 2 infrutescencias por planta y el tratamiento V2 (San Andreas) con 3.25 a 3 infrutescencias por planta, podemos deducir que hay una diferencia de una infrutescencia por planta que se volvería significativa según el número de plantas que tengamos en los canales hidropónicos, esta diferencia se atribuye a las características biológicas de las variedades usadas en los tratamientos, siendo según la bibliografía, el tratamiento V1 (Albión) es la variedad con mejor dulzor y apariencia, y la V2 (San Andreas) más productiva. (Euro semillas, 2018)

No se cuenta con datos, de otros trabajos de investigación sobre el número de infrutescencias por planta de frutilla en un sistema de cultivo hidropónico para comparar estos resultados por lo tanto se deberá seguir investigando en esta variable en próximos trabajos de investigación.

4.5. Diámetro de la infrutescencia

Los valores promedios de las evaluaciones efectuadas a los distintos tratamientos. (Ver tabla n°10).

Tabla 8. Valores promedios del diámetro de las infrutescencias por cada tratamiento

Tratamientos	I	II	III	SUMA	MEDIA
V1	1,8	2,5	2,7	7	2,33
V2	2,53	2,91	2,58	8,02	2,67
Totales	4,33	5,41	5,28	15,02	5,01

Al comparar los promedios obtenidos de los tratamientos en estudio se observa que en la evaluación realizada, el tratamiento V2 (San Andreas) con 2,67cm presenta el mayor valor de diámetro en las infrutescencias evaluadas en este tratamiento, por otro lado el tratamiento V1 (Albión) con 2.33cm de diámetro en las infrutescencias que lo constituyen llega a ser menor que el diámetro del otro tratamiento.

Tabla 9. ANVA del diámetro de las infrutescencias por tratamiento.

Fv	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					1%	5%
Total	5	0,71				
Tratamientos	1	0,17	0,17	1,88	18,5	98,5
Bloques	2	0,35	0,17	1,89	19	99
error	2	0,18	0,09			

Considerando los valores promedios se observa que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

El tratamiento V2 con la variedad San Andreas tiene las infrutescencias más grandes en tamaño con 2.67cm y el tratamiento V1 (Albión) con un diámetro promedio de 2.33cm, también podemos atribuir esta diferencia a que la variedad que constituye el tratamiento V1 (Albión) no tiene las características Biológicas adecuadas para adaptarse a este tipo de sistema de cultivo (Hidroponía) como lo tiene la variedad V2 (San Andreas), por lo tanto se recomienda fuertemente usar la variedad que constituye el tratamiento V2 (San Andreas) ya que la infrutescencia tiene mejor respuesta ante el sistema de cultivo hidropónico.

4.6. Largo de la Infrutescencia

Los valores promedios en centímetros (cm) de las evaluaciones efectuadas a los distintos tratamientos. (Ver tabla n°10).

Tabla 10. Valores promedio del largo de las infrutescencias

Tratamientos	I	II	III	SUMA	MEDIA
V1	2,1	3	3,63	8,73	2,91
V2	3,46	3,84	3,34	10,64	3,55
Totales	5,56	6,84	6,97	19,37	6,46

Al comparar los promedios obtenidos de la medición de los tratamientos en estudio se observa que en la medición realizada, el tratamiento V1 (Albión) tiene un promedio de

2.91cm de largo de las infrutescencias, por otro lado el tratamiento V2 (San Andreas) tiene un promedio de largo de infrutescencias de 3.55cm lo cual lo hace el tratamiento con infrutescencias más grandes con una medida desde el comienzo del pedículo hasta el extremo basal de la Frutilla.

Tabla 11. ANVA del largo de las infrutescencias en los tratamientos

Fv	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	5	1,93				
Tratamientos	1	0,61	0,61	1,71	18,5	98,5
Bloques	2	0,61	0,30	0,85	19	99
error	2	0,71	0,36			

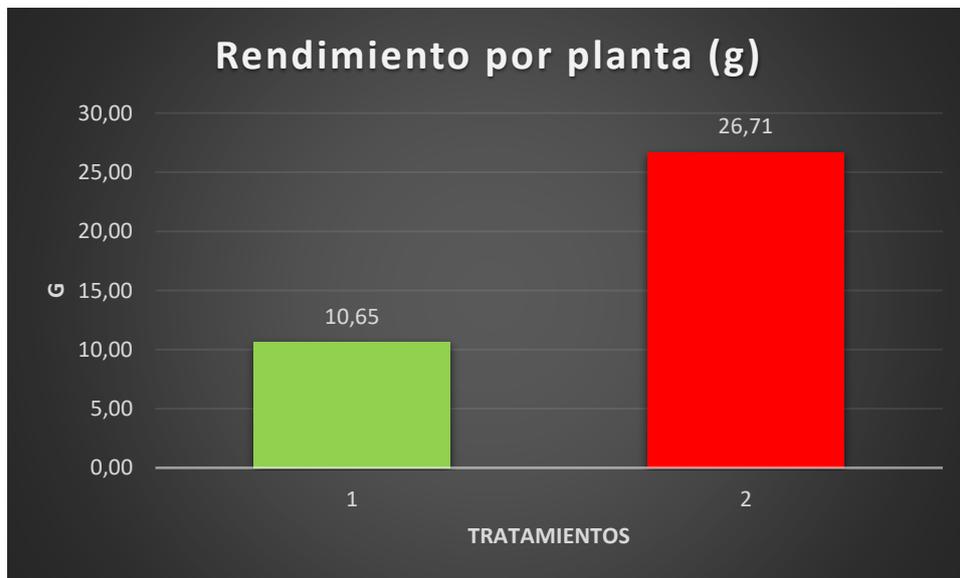
Se puede observar que no hay diferencia significativa, la mínima diferencia observada puede deberse a diferentes factores, la mala polinización se presenta mucho en invernadero, al no contar con un flujo de aire tan amplio como a campo abierto se necesita ayuda de abejas y abejorros dentro del invernadero, al no polinizarse cada pistilo de una manera correcta, la infrutescencia se encorva o deforma reduciendo su tamaño por lo que puede afectar directamente en la medida del largo de la infrutescencia en los tratamientos (Tips y Temas Agronomicos,2018).

Otro factor que atribuye a esta diferencia puede haber sido a que la variedad que constituye el tratamiento V1 (Albión) no tiene las características Biológicas adecuadas para adaptarse a este tipo de sistema de cultivo (Hidroponía), por lo tanto se recomienda fuertemente usar la variedad que constituye el tratamiento V2 (San Andreas) ya que la infrutescencia tiene mejor respuesta ante el sistema de cultivo hidropónico.

4.7. Rendimiento por planta en gramos

Los valores promedios de las evaluaciones efectuadas a los distintos tratamientos. (Ver gráfico n°5).

Gráfico 5. Valores promedio del rendimiento por planta en gramos



Al comparar los promedios obtenidos de los tratamientos en estudio se observó numéricamente mediante la evaluación realizada que el Tratamiento V2 (San Andreas) con 26,71g de rendimiento por planta presentando el valor más alto, por otro lado el tratamiento V2 (Albión) con 10,65g de rendimiento por planta presentando el menor peso.

Tabla 12. ANVA del rendimiento por planta en gramos

Fv	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	5	706,47				
Tratamientos	1	386,72	386,72	2,80	18,5	98,5
Bloques	2	43,13	21,56	0,16	19	99
error	2	276,62	138,31			

Como se puede observar en el cuadro ANVA no existe una diferencia significativa entre los rendimientos por planta entre el tratamiento V1 (Albión) y el tratamiento V2 (San Andreas), la diferencia indica que el tratamiento V2 (San Andreas) tiene mejor respuesta ante este sistema que la variedad en el tratamiento V1 (Albión).

Se concluye que existen diferencias estadísticas entre el tratamiento V2 que alcanza un rendimiento de 26,71 g/planta en las primeras 3 semanas de cosecha y el tratamiento V1 con un rendimiento de 10,65g/planta. Siendo el tratamiento más rentable el tratamiento V1 con la variedad San Andreas.

Esta diferencia puede atribuirse que la variedad Albión (V1) no tuvo una buena capacidad para adaptarse a este sistema de cultivo mientras que la variedad San Andreas (V2) tuvo las características biológicas para dar un mayor rendimiento al de la variedad Albión (V1). Otro factor son las características Biológicas de las variedades, Albión tiene un menor rendimiento que la variedad San Andreas (Departamento Técnico Agrícola Llahuen, 2018).

4.8. Grados Brix o solidos solubles.

Valores de las 10 mejores infrutescencias seleccionadas por su apariencia visual de cada Tratamiento. (Ver tabla n°14).

Tabla 13. Valores de las medidas de G° Brix.

Tratamientos	G° Brix											Σ	X
V1 (Albión)	9°	8°	7,7°	6,4°	7,3°	5,2°	8,2°	8°	6,4°	7,9°	7,1°	82.2	8.22
V2 (San Andreas)	6°	7,5°	4,4°	5,2°	6,4°	7,8°	7,4°	6,8°	6,5°	5,8°	6,6°	72.1	7.03

Podemos observar que la media de Grados Brix del tratamiento V1 con la Variedad Albión es superior gracias a las características biológicas de esta con 8.22°Brix, mientras que el tratamiento V2 con la variedad San Andreas llega a 7.03°Brix.

Según la agrícola Llahuen (2018) la variedad Albión alcanza una concentración de 10–14° Brix y la variedad san Andreas oscila entre 8-12°Brix, dando los datos de las medias de los °Brix credibilidad a esta información que indica que la Variedad Albión concentra más sólidos que la variedad San Andreas, entonces la diferencia se atribuye a en gran parte a las características de las variedades usadas en los tratamientos, otro factor pudo ser el manejo de poda en las plantas de los dos tratamientos.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y posteriormente analizados se concluye que:

1. Según los resultados existe una diferencia significativa en el porcentaje de prendimiento con la variedad San Andreas teniendo un 82.20% y la variedad Albión con el 24.44% de prendimiento.
2. La variedad San Andreas es la más precoz en el sistema hidropónico y con sustrato de fibra de coco en un sistema forzado, alcanzado la maduración del fruto en 116 días, a diferencia de la variedad Albión que alcanzó la maduración del fruto en 129 días.
3. El Número de yemas florales de la Variedad San Andreas fue mayor al de la variedad Albión con 3,54 yemas florales ésta, y la variedad Albión con 2,50 yemas florales.
4. La Variedad Albión tuvo el menor número de infrutescencias con 2,28 infrutescencias por planta y la variedad San Andreas con 3,25 infrutescencias por planta.
5. El rendimiento de la variedad San Andreas es mayor con 26,71 g/ planta al rendimiento de la variedad Albión con 10,65g/planta en las primeras 3 semanas de cosecha siendo la variedad San Andreas la más aconsejable para un sistema de cultivo hidropónico con sustrato de fibra de coco y en un sistema forzado.
6. Con las variables analizadas de Diámetro y largo de la infrutescencia se puede deducir que la variedad San Andreas es la más apta para mercado con un diámetro de 2,67cm y largo 3,55cm, siendo esta variedad la de mayor tamaño en comparación con la variedad Albión que tuvo un tamaño de 2.33cm de diámetro y de largo de 2,91cm.
7. Los °Brix obtenidos en la variedad San Andrés fueron menores con 7.03°Brix mientras que la Variedad Albión tuvo 8,22°Brix.
8. La mejor variedad a usar en Hidroponía con sustrato de fibra de coco y en un sistema forzado es la variedad San Andreas, con los mejores resultados en las diferentes variables analizadas.
9. La variedad San Andreas tuvo los mejores resultados con porcentaje de prendimiento de 82.20% , alcanzado la maduración del fruto en 116 días, con 3,54 yemas florales, con 2,86 infrutescencias por planta, un rendimiento de 20,05 g/ planta, con un diámetro de 2,67cm, largo 3,55cm y °Brix 7,07 la variedad Albión con el 24.44% de prendimiento, alcanzo la maduración del fruto en 129 días, 2,50 yemas florales, 2,14 infrutescencias por planta, de rendimiento con 10,48g/planta, un tamaño de 2.33cm de diámetro y de largo de 2,91cm, y °Brix 8.22.

5.2. Recomendaciones

Tomando en cuenta los resultados obtenidos y las conclusiones del trabajo de investigación efectuado se recomienda:

1. Se recomienda el uso de la Variedad San Andreas en un sistema de cultivo hidropónico con fibra de coco como sustrato y en sistema forzado ya que obtuvo los mejores resultados en las diferentes variables analizadas.
2. Se recomienda fuertemente conseguir material biológico de primera a tercera generación (F3) ya que en este sistema de cultivo hidropónico los plantines necesitan la fuerza y adaptabilidad que sólo las plantas certificadas F1-F2-F3 tienen, si se usa un tipo de material biológico diferente se corre el riesgo de que no tenga una buena respuesta en ninguna de las variables ya analizadas.
3. Se recomienda medir el Ph, y CE. De la solución nutritiva periódicamente, siendo el ideal un Ph entre 5.5 y 6.5, y una CE. Que oscile entre 1.5 y 2.5.

4. Se recomienda ensayos e investigaciones en este tipo de sistema de cultivo como lo es el hidropónico, investigando con diferente tipo de estructura, con diferente manejo cultural en las plantas de frutilla, con un área más amplia de cultivo.
5. Se recomienda un tratamiento orgánico preventivo para la arañuela a los 75 días después de la plantación si en el invernadero la temperatura pase de 30°C y la HR sea baja.