

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

Evaluación del tercer ciclo de producción de tres variedades de frutilla (Fragaria x ananassa)  
bajo un sistema semi hidropónico en Puembo, Pichincha

**Martin Fernando Araujo Gallegos**

**Ingeniería en Agronomía**

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

Quito, 23 de diciembre de 2022

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

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

Evaluación del tercer ciclo de producción de tres variedades de frutilla (Fragaria x ananassa)  
bajo un sistema semi hidropónico en Puembo, Pichincha

**Martin Fernando Araujo Gallegos**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Mario Caviedes Cepeda, PhD.**

Quito, 23 de diciembre de 2022



### **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### **UNPUBLISHED DOCUMENT**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 mis padres Diego y Martha por todo su apoyo para continuar mis estudios y poder terminarlos en la USFQ.

A Michael Koziol por su invaluable amistad, por su excelencia como profesor, por su apoyo y por alentarme a seguir estudiando.

A mi profesor Carlos Ruales por compartir su conocimiento etnobotánico conmigo, el cual aprecio mucho y lo guardaré siempre.

A mi profesora Victoria Alomia por siempre ayudarme en la carrera y por su gentileza brindada.

A mi profesora Stella Simone por permitirme explorar un poco de la carrera de psicología de la manera más profesional posible.

A mi amiga Cristina por el tiempo compartidao y su amistad en los primeros semestres.

A los profesores de laboratorio Noelia Barriga y Nelson Mianda porque fueron los más cordiales y amables y supieron brindar su ayuda ante cualquier duda.

A Cristopher por toda su ayuda invaluable con la tesis en toda la toma de datos, por apoyarme en momentos difíciles, por estar al pendiente en todo, de corazón, gracias Pepe.

A mi amigo Gabriel por alentarme a seguir cuando ya no tenía fuerza, por aconsejarme en los momentos más duros durante el COVID 19 y por animarme a seguir adelante y culminar la carrera. Descansa en paz amigo.

A mis amigos de carrera Juan Esteban, Erick, María Paz e Isabella por su amistad durante la carrera.

## RESUMEN

El cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) es uno de los más importantes alrededor del mundo, siendo China el primer productor a nivel mundial con cerca de 3,801,865 toneladas. Una de las alternativas para la producción de fresa en Ecuador es el sistema semi hidropónico, el cual, tiene numerosas ventajas frente al sistema de cultivo tradicional directamente en el suelo. El presente estudio evaluó el desempeño de tres variedades de fresa, Monterrey, Cabrillo y San Andreas bajo el sistema antes mencionado. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con tres tratamientos, cuatro repeticiones y doce unidades experimentales. Se midieron seis variables: rendimiento total, rendimiento en diez plantas, número de frutos por planta, cantidad de sólidos solubles (grados Brix) en diez plantas, diámetro de fruto y longitud de fruto. Se obtuvo que, para las variables de rendimiento total, rendimiento en diez plantas y número de frutos en diez plantas, la variedad Monterrey obtuvo el mejor comportamiento, mientras que para grados Brix, la variedad Cabrillo fue la que mejor desempeño obtuvo, y para diámetro y longitud la variedad San Andreas fue la mejor. En conclusión, considerando los seis parámetros productivos evaluados, la mejor variedad fue la Monterrey.

**Palabras clave:** fresas, plantas, rendimiento, sistema, variedades

## ABSTRACT

The strawberry crop (*Fragaria x ananassa*) is one of the most important around the world, with China being the first producer worldwide with about 3,801,865 tons. One of the alternatives for strawberry production in Ecuador is the semi-hydroponic system, which has numerous advantages over the traditional cultivation system directly in the soil. The present study evaluated the performance of three strawberry varieties, Monterrey, Cabrillo and San Andreas under the aforementioned system. The experimental design used was randomized complete blocks with three treatments, four repetitions and twelve experimental units. Six variables were measured: total yield, yield in ten plants, number of fruits per plant, content of soluble solids (Brix degrees) in ten plants, fruit diameter and fruit length. It was found that, for the variables of total yield, yield on ten plants and number of fruits on ten plants, the Monterrey variety had the best performance, while for Brix degrees, the Cabrillo variety had the best performance, and for diameter and length, the San Andreas variety was the best. In conclusion, considering the six productive parameters evaluated, the best variety was Monterrey.

**Key words:** plants, strawberries, system, variety, yield

## Tabla de contenido

<b>I. Introducción.....</b>	<b>10</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	10
1.2 Justificación .....	11
<b>II. Marco teórico: .....</b>	<b>14</b>
2.1 Botánica y fisiología del cultivo .....	14
2.1.1 Origen de la fresa .....	14
2.1.2 Clasificación taxonómica de la fresa .....	14
2.1.3 Características de la planta.....	14
2.1.3.1 Sistema radicular.....	15
2.1.3.2 Tallo .....	15
2.1.3.3 Hojas .....	15
2.1.3.4 Flores.....	16
2.1.3.5 Fruto .....	16
2.2 Sistema convencional, hidropónico y semi hidropónico .....	16
2.2.1 Sistema convencional.....	16
2.2.2 Sistema hidropónico.....	17
2.2.3 Sistema semi hidropónico .....	17
2.3 Variedades de frutilla .....	18
2.4 Cosecha y postcosecha.....	19
<b>III. Objetivos e Hipótesis:.....</b>	<b>20</b>
3.1 Objetivo General.....	20
3.2 Objetivos Específicos: .....	20
3.3 Hipótesis: .....	20
<b>IV. Materiales y Métodos: .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Material biológico</b> .....	<b>21</b>
4.2 Condiciones meteorológicas del terreno .....	21
4.3 Manejo agronómico del experimento .....	21
4.4 Cosecha y Postcosecha .....	22
4.5 Métodos estadísticos .....	23
<b>V. Resultados:.....</b>	<b>24</b>
5.1 Rendimiento total de plantas.....	24

5.2 Rendimiento de 10 plantas .....	25
5.3 Promedio de número de frutos en 10 plantas .....	26
5.4 Promedio de grados Brix en 10 plantas .....	27
5.5 Promedio del diámetro de fruto en 10 plantas .....	28
5.6 Promedio de la longitud de fruto en 10 plantas .....	29
<b>VI. Discusión:</b> .....	<b>30</b>
<b>VII. Conclusiones y recomendaciones:</b> .....	<b>33</b>
7.1 Conclusiones .....	33
7.2 Recomendaciones .....	34
<b>VIII. Referencias</b> .....	<b>36</b>
<b>IX Anexos:</b> .....	<b>39</b>

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Análisis de la varianza del rendimiento total de plantas .....	24
<b>Tabla 2:</b> Prueba de Tukey para el rendimiento total de plantas.....	24
<b>Tabla 3:</b> Análisis de la varianza para el rendimiento de 10 plantas.....	25
<b>Tabla 4:</b> Prueba de Tukey para rendimiento de 10 plantas.....	25
<b>Tabla 5:</b> Análisis de la varianza del promedio del número de frutos en 10 plantas .....	26
<b>Tabla 6:</b> Análisis de la varianza del promedio de grados Brix en 10 plantas .....	27
<b>Tabla 7:</b> Análisis de la varianza del promedio del diámetro de fruto en 10 plantas .....	28
<b>Tabla 8:</b> Prueba de Tukey para el diámetro de 10 plantas .....	28
<b>Tabla 9:</b> Análisis de la varianza del promedio de la longitud de fruto en 10 plantas .....	29
<b>Tabla 10:</b> Prueba de Tukey para la longitud del fruto en 10 plantas .....	29

### Índice de Gráficos

<b>Gráfico 1:</b> Medias de número de frutos en 10 plantas .....	26
<b>Gráfico 2:</b> Medias de Grados Brix en 10 plantas .....	27

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

Fragaria ananassa, más conocida como fresa o frutilla es un cultivo que se adapta, principalmente, a temperaturas bajas. Sin embargo, no es tolerante a heladas. En Ecuador se ha popularizado su siembra en altitudes entre 1900 a 2600 msnm, cuyas temperaturas promedio están entre 10 °C a 18°C (Galárraga, 2015).

El gobierno de 2010 señaló que en aquel momento el volumen procesado no era capaz de abastecer al mercado, tomando en cuenta que, en aquel año, el volumen total de producción fue de 1875 toneladas al año (FAO, 2010). A pesar de esto, en algunos sitios del país se tiene un alto nivel de stock, el cual no se aprovecha, generando pérdidas. Tal es el caso de los productores de la parroquia de Ambatillo, los cuales han registrado dichas pérdidas en stock y otros problemas como la mala utilización de los sistemas de cultivo y las diferentes plagas y enfermedades que afectan al mismo (Beltrán, 2010).

Uno de los sistemas utilizados para el cultivo de fresas en el país es el semi hidropónico, si bien este no es el más utilizado es de reciente implementación. Esta forma de cultivo tiene numerosas ventajas frente al sistema de siembra convencional. Una de las enfermedades principales que se encuentran al utilizar los sistemas hidropónicos es la podredumbre gris (*Botrytis cinerea*), que afecta principalmente al fruto de la planta, aunque puede dañar cualquier parte de la misma. Otra enfermedad común es el Oidio (*Sphaerotheca macularis*), polvo blanco que se presenta en el envés de la hoja y que produce manchas moradas que luego se tornan rojas (Verdugo & Gutiérrez, 2011).

En cuanto a las plagas presentes en los sistemas semi hidropónicos, la más frecuente es la Araña roja (*Tetranychus urticae*). Esta plaga es la más perjudicial y se puede detectar por la presencia de puntos amarillos en el haz y nervaduras de las hojas. Asimismo, otra plaga es el Trips (*Frankliniella occidentalis*), ésta por su parte se encuentra en las flores y frutos, y genera necrosis prematura en los estambres de las plantas (Chirinos, 2012).

## 1.2 Justificación

El cultivo de fresa es importante alrededor del mundo. En la actualidad se producen cerca de 9,125,913 toneladas de fresa al año, siendo China el país que lidera como mayor productor de esta fruta, con 3,801,865 toneladas al año (Atlas Big, 2018). En América, los principales productores son Estados Unidos, México, Colombia, Brasil y Chile. De estos, Estados Unidos produce 3,200,000 de toneladas, seguido por México que cuenta con una producción de 861 mil toneladas. Estas estadísticas, como se pueden apreciar, son muy superiores a la producción nacional, siendo Ecuador el país que ocupa el puesto 65 en producción y que solo cuenta con 1444 toneladas al año (FAO, 2020).

Las fresas son un cultivo que prospera entre los 14 °C y 21 °C, y 1300 a 3600 msnm (Pérez, 2018), son muy apreciadas debido a su bajo nivel de azúcar y alto nivel de agua (85% de su masa total). Es por ello, que es utilizada para diversos tipos de dietas para reducción de peso corporal de las personas. También contienen altos niveles de fibra, aproximadamente 2,2 gramos por cada 100 g de fruta fresca. Por cada 100 gramos existen tan solo 37 calorías, 0,7 g de proteína, 7 g de carbohidratos y solo 0,3 g de grasa. Además, este fruto contiene altos niveles de vitamina C, vitamina A, vitamina E y en cantidades más pequeñas vitamina B1, B2, B3 y B6. Entre los minerales que se encuentran en el fruto, están el potasio (K) y magnesio (Mg), y en menores cantidades hierro, fósforo (P), yodo (I) y calcio (Ca) (Fundación Española de la Nutrición, 2022).

Debido a la demanda de este cultivo para la alimentación de las personas, la producción y productividad de fresas debe ser alta y con mayor contenido de grados Brix. Por estas razones, es importante evaluar diferentes variedades para determinar sus niveles de productividad y calidad de la fruta, cultivadas bajo un sistema semi hidropónico en la provincia de Pichincha. Esta provincia, tiene el mayor volumen de producción a nivel nacional, con aproximadamente el 58% (Chimborazo, 2014).

Un sistema semi hidropónico incorpora nuevas herramientas que permiten ahorrar más agua, disminuir el espacio de cultivo en campo, disminuir el uso de agroquímicos y obtener mayores producciones. Sin embargo, también es susceptible a diferentes plagas y enfermedades. Los sistemas semi hidropónicos presentan ventajas, ya que, al tener un sustrato inerte, tienen mayor retención de agua, hay más aireación y se presenta mayor facilidad para el desarrollo de raíces, las cuales sirven de mayor anclaje a la planta y esto interviene en una mejor absorción de nutrientes (Rodríguez, 2013).

Por un lado, la cascarilla de arroz es considerada un sustrato de baja tasa de descomposición debido a que presenta un alto contenido de silicio. Es un sustrato liviano, que tiene buena aireación y un buen drenaje, aunque es difícil poder lograr un humedecimiento homogéneo inicialmente. Otro problema que puede llegar a tener la cascarilla de arroz es la residualidad de herbicidas por lo que se recomienda dar un tratamiento previo a su utilización como sustrato (Telenchana, 2018).

La corteza de pino, por otro lado, puede ser utilizada conformando desde el 25% al 100% de mezcla como sustrato. Tiene como principal ventaja su baja disminución en volumen con el tiempo, aunque su capacidad de retener la humedad es baja (García et al., 2001). La fibra de coco en cambio es un sustrato que absorbe el agua con mayor facilidad, lo cual lo hace un acompañante perfecto en mezclas de sustrato que contienen cortezas en su composición. Esta

mayor retención de agua permite el ahorro de agua y el mejor aprovechamiento del fertilizante (Promix, 2019).

Otra de las ventajas del sistema semi hidropónico es un mayor tiempo en percha, lo que incrementa la demanda del consumidor y los ingresos de los productores. Además, el cultivo semi hidropónico permite disminuir el uso de agroquímicos, incrementa el ahorro de agua, disminuye la superficie de tierra usada, incrementa los rendimientos y permite un manejo más fácil y adecuado de plagas y enfermedades.

En el estudio económico realizado por la Universidad Técnica del Norte, se ha encontrado que la variedad monterrey obtuvo la mayor tasa de retorno marginal, seguido con la variedad Albión, lo que demuestra que una de las variedades evaluadas en el presente estudio, monterrey, muestran un comportamiento similar (Ibadango, 2017).

Es por ello, que el objetivo general de este estudio es evaluar las diferentes variedades con alto potencial de rendimiento bajo un sistema semi hidropónico.

## **II. Marco Teórico:**

### **2.1 Botánica y fisiología del cultivo**

#### **2.1.1 Origen de la fresa**

Existen más de 160 especies que pertenecen al género *Fragaria* y que son resultantes del cruce de *Fragaria chiloensis* y *Fragaria virginiana*. Este dio como resultado *Fragaria x ananassa*, más conocida como frutilla o fresa por su nombre comercial. El resultado del cruce anteriormente expuesto es una planta vigorosa, con frutos grandes, peciolo largos, buen sabor y calidad (Angulo, 2009).

#### **2.1.2 Clasificación taxonómica de la fresa**

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Género: *Fragaria*

Especie: *Fragaria X ananassa* (Tropicos, 2022)

#### **2.1.3 Características de la planta**

La fresa es una planta herbácea pequeña de ciclo corto, perteneciente a la familia Rosácea. Su origen está en el cruzamiento entre *Fragaria virginiana* del este de Norteamérica

y *Fragaria chiloensis*. Es considerada una planta silvestre, perenne y de vida corta. Actualmente existen más de 1000 variedades en el mundo (Bobarely, 2007).

#### **2.1.3.1 Sistema radicular**

El sistema radicular de la fresa es fasciculado y se compone de raíces y raicillas. Por un lado, las primeras de estas tienen cambium vascular y suberoso. Por otro lado, las segundas no presentan este y son más claras, en cuanto a color. Su periodo de vida es más corto y las raíces más perennes (Gerencia Regional de Agricultura de Perú, 2021).

En cuanto a las raicillas, estas sufren un desarrollo fisiológico que es influenciado por factores ambientales y patógenos del suelo. La profundidad del sistema radicular puede ser cambiante y depende también de factores del suelo y existencia de patógenos. Las plantas crecen, normalmente, hasta los 40 cm (Gerencia Regional de Agricultura de Perú, 2021).

#### **2.1.3.2 Tallo**

El tallo de la fresa es de tipo rastrero y tiene abundantes estolones. Además, está comprimido en una corona o roseta basal. De esta surgen las hojas en intervalos estrechos. Ayala (2013), señala que el tallo de la fresa es considerado como un rizoma cilíndrico, grueso, con 3 cm de tamaño. De este, crecen las yemas, y de estas las coronas y estolones que tienen una coloración verde (Llumiquinga, 2017).

#### **2.1.3.3 Hojas**

Las hojas son compuestas, aparecen en rosetas y se insertan en la corona. Son pecioladas y tienen dos estípulas rojizas. El limbo se divide en tres folíolos pediculados con bordes aserrados, mismos que presentan un gran número de estomas (300-400/mm<sup>2</sup>), esto ocasiona que pierdan mucha agua por transpiración. Las hojas se renuevan cada 8 o 12 días y

el envés está recubierto de pelos pequeños y su tamaño varía en función de la variedad (Gerencia Regional de Agricultura de Perú, 2021).

#### **2.1.3.4 Flores**

Las flores de la frutilla pueden ser hermafroditas, con órganos masculinos y femeninos o con un solo órgano. Cada óvulo fecundado da lugar a un solo fruto, de tipo aquenio. Son blancas, tienen de 5 a 6 pétalos, de 20 a 35 estambres y más de cien pistilos sobre un receptáculo carnoso (Chiqui & Lema, 2010).

#### **2.1.3.5 Fruto**

El fruto de la fresa es poliaquenio, conocido en botánica como eterio. La parte comestible de este es un receptáculo que tiene varios aquenios. El tamaño, coloración y dulzor depende de la variedad, así como de otros factores externos. El color en su etapa de madurez va desde rosado claro hasta púrpura. La fruta es jugosa, perfumada, de forma achatada, cónica o redonda (Chiqui & Lema, 2010).

## **2.2 Sistema convencional, hidropónico y semi hidropónico**

### **2.2.1 Sistema convencional**

El sistema convencional se refiere al cultivo directo en el suelo. En este tipo de cultivos se debe tener en cuenta un equilibrio de la composición química del suelo, así como de su estructura; requisitos indispensables para un desarrollo adecuado de las fresas. Otro de los factores a considerar, es la materia orgánica que está presente en el suelo y el drenaje de este. Esto con el fin de que la retención de agua y la aireación sean las necesarias (Quishpe, 2013).

### **2.2.2 Sistema hidropónico**

El cultivo hidropónico surgió en Babilonia, donde en los grandes jardines de esta civilización se cultivaban plantas directamente en agua. Se puede definir a la hidroponía como un método de cultivo en ausencia de tierra. El sistema hidropónico es un método que se puede usar para cualquier tipo de cultivos tanto en espacio abierto como cerrado. Por esta razón, es que pequeños y medianos agricultores lo usan en espacios reducidos (Sánchez, 2004).

### **2.2.3 Sistema semi hidropónico**

Por su parte, el sistema semi hidropónico, a diferencia del hidropónico, incorpora un sustrato inerte que permite retener nutrientes y humedad para la planta. Este sirve también de soporte para las raíces de las plantas (Sánchez, 2004).

Este método de cultivo tiene como fin ayudar a producir a la planta mediante la combinación del sistema hidropónico y los mejores sustratos. Esto permite al sistema radicular utilizar sustratos que ayudan a sostener la planta y acceder a su vez a nutrientes necesarios para el crecimiento adecuado de la misma. En este sistema semi hidropónico la mayoría de los nutrientes llegan mediante la fertirrigación (Intagri, 2018).

Las ventajas del sistema semi hidropónico frente a un sistema de siembra convencional es que este controla de mejor manera las plagas y enfermedades, disminuye el uso de agroquímicos, ahorra agua, disminuye el espacio de siembra, maximiza la aireación y la oxigenación de raíces (Gilsanz, 2007).

### 2.3 Variedades de frutilla

En estudios realizados por Kirschbaum et al. (2019), se indica que la selección de la variedad a plantar se realiza considerando el clima, periodo del año de cosecha, preferencias del mercado, sistema de cultivo, problemas fitosanitarios y fotoperiodo.

En un estudio realizado por López-Valencia et al. (2018), las variedades que más concentración tuvieron de sólidos solubles totales fueron Sabrina, dulce Ana y Monterrey, de las cuales, las dos últimas mostraron la mejor relación de madurez, por lo tanto, un mejor sabor y potencial para su uso en consumo fresco y en la industria de alimentos.

La variedad Monterrey es fuertemente neutra y presenta floración abundante. Además, tiene una buena producción presentando un comportamiento similar a la variedad Albión. En cuanto a las recomendaciones de cultivo, se recomienda aumentar el aporte de nitrógeno en la etapa inicial, justo en el momento de establecimiento del huerto o lugar de plantación. El requerimiento de fertilización (N-P-K-Ca-Mg) en la etapa de producción, suele ser mayor en comparación con otras variedades. Este es un aspecto relevante para mantener el calibre de los frutos. Es susceptible a oidio, trips y ácaros, aunque presenta una adecuada tolerancia a Botrytis. La fresa Monterrey se utiliza en el mercado fresco, esto debido a que la planta tiene un gran dulzor. También es utilizada en la agroindustria, sobre todo en congelados (Departamento Técnico Agrícola Llahuen, 2014).

La variedad Cabrillo es una de las variedades nuevas de fresas. Esta fue creada en 2008 por Shaw y Larson y es el resultado de cruzar diversas variedades. Esta variedad tiene un alto contenido de nutrientes esenciales, entre los cuales se incluye vitamina A y C. Su rendimiento es alto, el tamaño del fruto es generalmente grande y de carne firme. En cuanto al dulzor, este tipo de cultivo suele contar con altos niveles de grados brix. La planta de Cabrillo es de

fructificación media-temprana y no se es susceptible, generalmente a enfermedades. Esta variedad es medianamente resistente a enfermedades como el mildiú polvoroso, sin embargo, este cultivo es afectado generalmente por varios insectos entre los que se encuentran: pulgones, gorgojos y ácaros (Shaw & Larson, 2017).

La variedad San Andreas fue creada en los jardines experimentales de Wolfskill, Estados Unidos. Se produce en clima cálido, es resistente a heladas. Se caracteriza por sus frutos de color rojo escarlata y brillosos, en cuanto a su sabor, es dulce, pero tiene un grado de acidez considerable. Es muy aceptada en los distintos mercados por su gran tamaño. Los arbustos de la planta son de altura media y requieren muchos cuidados. Sin embargo, presenta alta resistencia a la antracnosis y a la podredumbre gris. La variedad San Andreas es afectada por ácaros y pulgones (Mena et al., 2011).

## **2.4 Cosecha y postcosecha**

El proceso de recolección se basa en el color de la superficie de la fresa. Esta cosecha se realiza de forma manual extrayendo los frutos de los tallos, conservando siempre el cáliz. Por ello, durante este proceso, no se realiza presión en el fruto ya que este es susceptible al daño por manipulación. La fresa se cosecha cuando su madurez está entre un 65 y 75 %. Esto ya que la fresa no es una fruta climatérica y su maduración es lenta, por lo que se puede dar lugar a problemas como la falta de aroma y sabor (Briceño, 2021).

### **III. Objetivos e Hipótesis:**

#### **3.1 Objetivo General**

Evaluar el comportamiento de tres variedades de fresa bajo un sistema semi hidropónico y fertirrigación conocida.

#### **3.2 Objetivos Específicos:**

- Medir el efecto del sistema semihidropónico en el comportamiento de las tres variedades de fresa.
- Determinar las diferencias entre las tres variedades de fresa, en base a diferentes parámetros productivos.
- Seleccionar la variedad que presente los mejores parámetros productivos.

#### **3.3 Hipótesis:**

Las variedades presentan diferente comportamiento agronómico bajo un sistema semihidropónico.

## **IV. Materiales y Métodos:**

### **4.1 Material biológico**

Se utilizaron tres variedades distintas de fresa, Monterrey, Cabrillo y San Andreas de las cuales se utilizaron 406 plantas, 398 plantas y 401 plantas respectivamente, dando un total de 1205 plantas; las cuales fueron distribuidas en 12 camas en el sistema semi hidropónico, el cual estuvo compuesto por un sustrato hecho de cascarilla de arroz, compost de corteza de pino y fibra de coco; el sistema de riego fue del tipo riego por goteo con goteros de flujo laminar.

### **4.2 Condiciones meteorológicas del terreno**

El cultivo se realizó en el cantón Quito, en la parroquia de Puembo, con coordenadas de latitud de - 0.203607 y longitud de - 78.357217. La altitud es de 2415 msnm, la temperatura promedio de 15,78 °C, la humedad relativa es de 66,54 % y la radiación solar es de 209,76  $\frac{W}{m^2}$ .

### **4.3 Manejo agronómico del experimento**

Se sembraron 12 camas, en cuatro bloques con las tres variedades (Monterrey, San Andreas, Cabrillo). La siembra se realizó en marzo de 2021 y se evaluaron tres ciclos; el primero comenzó en abril de 2021 y terminó en julio del 2021 (Briceño, 2021). El segundo ciclo comenzó en agosto de 2021 y terminó en noviembre de 2021 (Ruiz, 2022). El tercer ciclo comenzó en febrero de 2022 y terminó en septiembre de 2022.

Una de las plagas en el cultivo fueron larvas de la familia Noctuidae que causaron defoliación a los primeros brotes, para lo cual se aplicó *Bacillus thuringensis* para controlar la población, la dosis recomendada para *Bacillus thuringensis* fue de 0,25-0,5 kg/Ha en 2 aplicaciones con un intervalo de 7 días (Fertitienda, 2022). Hubo también la presencia de ácaros, principalmente arañita roja (*Tetranychus urticae*), para la cual se utilizaron dos depredadores naturales, *Phytoseiulus persimilis* y *Amblyseius swirskii* proporcionados por la casa comercial Koppert, lo que redujo la incidencia de la plaga (Koppert, 2022).

Finalmente se detectó la presencia de pulgones, esta plaga fue la que más daño causó. Para el control de esta plaga, se aplicó extracto de Neem que contiene azadiractina pero no fue eficiente, por lo que se utilizaron, insecticidas no sistémicos, como el cypermethrin el cual controló a esta plaga, la dosis utilizada fue de 500 ml/ha con intervalos de 1 día (Edifarm, 2020).

Con respecto a las enfermedades se presentaron oidio (*Podosphaera aphanis*), moho negro (*Rhizopus stolonifer* y *Mucor* sp.) y podredumbre gris (*Botrytis cinerea*). Esta última enfermedad fue la que mayor daño presentó en el cultivo. Su presencia fue variable tanto por factores climáticos, como por presencia de frutas maduras sin cosechar, así como la susceptibilidad de las variedades, etc. Para ello, se realizaron podas sanitarias, con aplicación de Calcio-Boro y cepas de *Trichoderma* con una dosis recomendada de 4 litros por hectárea en una disolución de 1 litro de *Trichoderma* por cada 19 litros de agua en un intervalo de 2 a 4 semanas (IICA, 2015). El plan de fertilización se encuentra detallado en el Anexo A.

#### **4.4 Cosecha y Postcosecha**

Se cosecharon las fresas de acuerdo a su color cuando presentaron una tonalidad roja, con un porcentaje de madurez del 75% aproximadamente. Para la recolección, se usaron fundas plásticas, gavetas, marcadores y bolsas de papel. En las bolsas de papel, se colocaron los frutos

de las 10 plantas recolectadas de cada tratamiento. Mientras que en las fundas de plástico se colocaron el resto de frutos de cada tratamiento. Se marcó cada una de estas fundas y en ellas se registró el número total de frutos y de plantas de las que se recolectó. Además, se registró información por bloque y por variedad.

Luego, una vez recolectado se procedió a pesar, para obtener el rendimiento total por tratamiento y en 10 plantas, y se registró información de: número de frutos por planta, longitud del fruto, diámetro del fruto y grados brix. Todos estos datos se ubicaron en tablas de Excel para su posterior procesamiento y análisis de la varianza para cada variable.

#### **4.5 Métodos estadísticos**

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres tratamientos y 4 repeticiones. Se realizaron pruebas de separación de medias Tukey, la cual consiste en calcular el valor  $D$  que es el producto de  $S_x$  y un factor  $Q$  (Condo y Pazmiño, 2015), para las variables que presentaron significancia estadística. En el caso de las variables que no presentaron diferencia estadística se realizaron gráficos para determinar la tendencia de los resultados y verificar el comportamiento de las variedades.

Las variables que se midieron fueron las siguientes: Peso total de frutos en todas las plantas en kg, y peso total de frutos en las 10 plantas; contenido de sólidos solubles en las 10 plantas en grados Brix ( $^{\circ}Bx$ ), utilizando un refractómetro; el número total de frutos por planta (10 plantas); el diámetro promedio de los frutos y la longitud promedio de frutos en 10 plantas, expresadas en centímetros, utilizando un calibrador.

Para todas las variables de respuesta cuantificadas, se consideró como bloques o repeticiones los 8 meses de cosecha realizada en el tercer ciclo de producción de la fresa utilizando un sistema semi hidropónico bajo condiciones de invernadero.

## V. Resultados:

### 5.1 Rendimiento total de plantas

**Tabla 1: Análisis de la varianza del rendimiento total de plantas**

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	F tabular
Total	23	269864437,63			
Bloque	7	231373320,29	33053331,47	23,95 *	2,19
Tratamiento	2	19168059,25	9584029,625	6,94 *	2,73
Error	14	19323058,08	1380218,435		

\* $p \leq 0,05$        $CV = 19,84 \%$        $s\bar{y} = 415,37 g$

En la tabla 1 se presenta el análisis de la varianza del rendimiento total de plantas para los tres tratamientos bajo estudio. Se encontraron diferencias significativas tanto para bloques como para tratamientos. El coeficiente de variación fue de 19,84% y el error estándar de las medias fue de 415,37 g.

**Tabla 2: Prueba de rango de significación de Tukey para el rendimiento total de plantas**

Tratamientos	T3	T2	T1
Medias	5082,5	5519,875	7158,75
	b	b	a

$T = 1535,85$

En la tabla 2 se muestra la prueba de Tukey, la cual indica tres rangos de significación, ocupando el primer rango (a) la variedad Monterrey (T1) con un valor de 7158,75 g; y las variedades Cabrillo (T2) y San Andreas (T3) comparten el mismo rango de significación estadística (b).

## 5.2 Rendimiento de 10 plantas

**Tabla 3: Análisis de la varianza para el rendimiento de 10 plantas**

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	F tabular
Total	23	3536509,83			
Bloque	7	2599889,17	371412,7381	9,70 *	2,19
Tratamiento	2	400380,58	200190,2917	5,23 *	2,73
Error	14	536240,08	38302,8631		

\* $p \leq 0,05$        $CV = 25,04 \%$        $s\bar{y} = 69,19 g$

En la tabla 3 se presenta el análisis de la varianza del rendimiento de 10 plantas para los tres tratamientos bajo estudio. Se encontraron diferencias significativas tanto para bloques como para tratamientos. El coeficiente de variación fue de 25,04% y el error estándar de las medias fue de 69,19 g.

**Tabla 4: Prueba de rango de significación de Tukey para rendimiento de 10 plantas**

Tratamientos	T3	T2	T1
Medias	657,625	727,375	959,75
	b	b	a

$T = 256,02$

En la tabla 4 se muestra la prueba de Tukey, la cual indica tres rangos de significación, ocupando el primer rango (a) la variedad Monterrey (T1) con un valor de 959,75 g; y las variedades Cabrillo (T2) y San Andreas (T3) comparten el mismo rango de significación estadística (b).

### 5.3 Promedio de número de frutos en 10 plantas

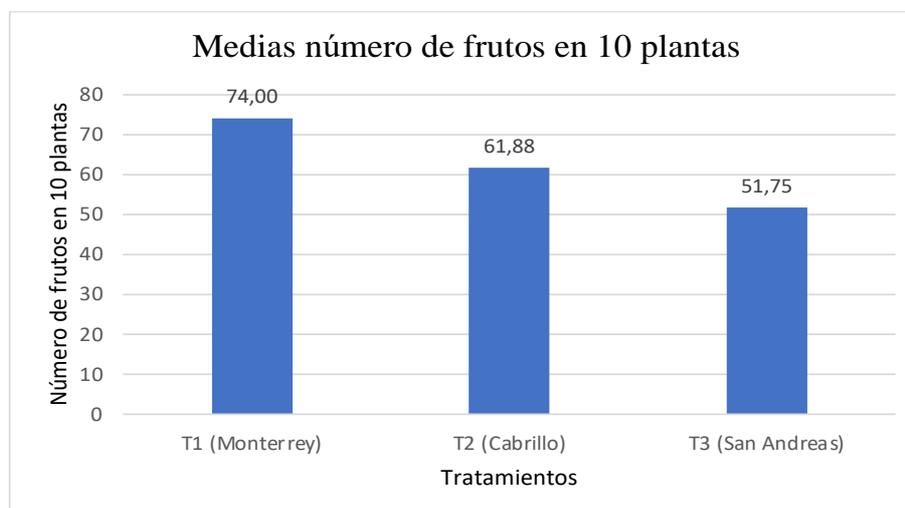
**Tabla 5: Análisis de la varianza del promedio del número de frutos en 10 plantas**

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	F tabular
Total	23	28063,96			
Bloque	7	19941,96	2848,85	6,50 *	2,19
Tratamiento	2	1985,58	992,79	2,27 ns	2,73
Error	14	6136,42	438,32		

\* $p \leq 0,05$        $CV = 33,48 \%$        $s_{\bar{y}} = 7,40$

En la tabla 5 se presenta el análisis de la varianza del número de frutos en 10 plantas para los tres tratamientos bajo estudio. Se encontraron diferencias significativas solo en bloques, pero no en tratamientos. El coeficiente de variación fue de 33,48% y el error estándar de las medias fue de 7,40.

**Gráfico 1: Medias de número de frutos en 10 plantas**



En el gráfico 1 se presentan las medias del número de frutos en 10 plantas para los tres tratamientos bajo estudio. Las medias fueron de 74,00; 61,88; y 51,75 para los tratamientos Monterrey (T1), Cabrillo (T2) y San Andreas (T3) respectivamente, siendo Monterrey el tratamiento que más número de frutos obtuvo.

## 5.4 Promedio de grados Brix en 10 plantas

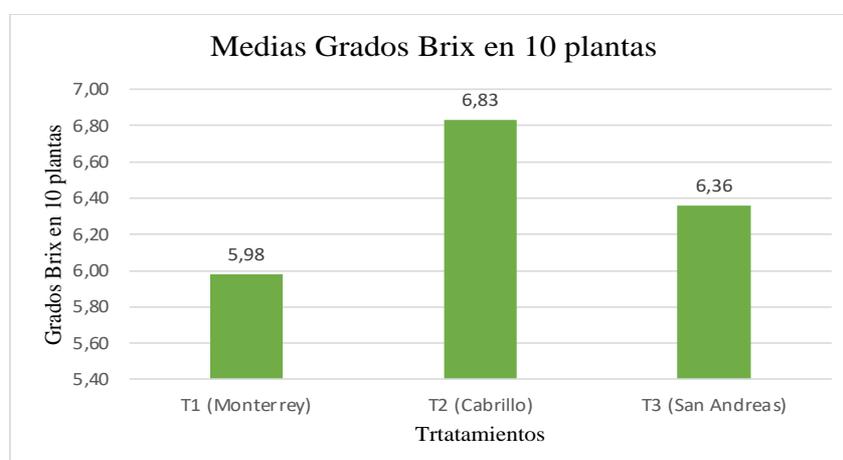
**Tabla 6: Análisis de la varianza del promedio de grados Brix en 10 plantas**

Total	23	25,3			
Bloque	7	14,7	2,10	3,77 *	2,19
Tratamiento	2	2,9	1,45	2,60 ns	2,73
Error	14	7,8	0,56		

\* $p \leq 0,05$      $CV = 11,74 \%$      $s\bar{y} = 0,27^\circ Bx$

En la tabla 6 se presenta el análisis de la varianza del promedio de grados Brix de los frutos en 10 plantas para los tres tratamientos bajo estudio. Se encontraron diferencias significativas solo en bloques, pero no en tratamientos. El coeficiente de variación fue de 11,74% y el error estándar de las medias fue de  $0,27^\circ Bx$ .

**Gráfico 2: Medias de Grados Brix en 10 plantas**



En el gráfico 2 se presentan las medias de los grados Brix de los frutos en 10 plantas para los tres tratamientos bajo estudio. Las medias fueron de  $5,98^\circ Bx$ ;  $6,83^\circ Bx$ ; y  $6,36^\circ Bx$  para los tratamientos Monterrey (T1), Cabrillo (T2) y San Andreas (T3) respectivamente, siendo Cabrillo el tratamiento que más grados Brix obtuvo.

## 5.5 Promedio del diámetro de fruto en 10 plantas

**Tabla 7: Análisis de la varianza del promedio del diámetro de fruto en 10 plantas**

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	F tabular
Total	23	5,6			
Bloque	7	4,2	0,60	8,40 *	2,19
Tratamiento	2	0,4	0,20	2,80 *	2,73
Error	14	1,0	0,07		

\* $p \leq 0,05$   $CV = 9,75\%$   $s\bar{y} = 0,10\text{ cm}$

En la tabla 7 se presenta el análisis de la varianza del promedio del diámetro de los frutos en 10 plantas para los tres tratamientos bajo estudio. Se encontraron diferencias significativas tanto en bloques como en tratamientos. El coeficiente de variación fue de 9,75% y el error estándar de las medias fue de 0,10 cm.

**Tabla 8: Prueba de rango de significación de Tukey para el diámetro de 10 plantas**

Tratamientos	T1	T2	T3
Medias	2,60	2,83	2,89
	a	a	a

T = 0,37

En la tabla 8 se muestra la prueba de Tukey, la cual indica solo un rango de significación, ocupando el primer y único rango (a) la variedad Monterrey (T1) con un valor de 2,60 cm; la variedad Cabrillo (T2) con un valor de 2,83 cm y la variedad San Andreas (T3) con un valor de 2,89 cm.

## 5.6 Promedio de la longitud de fruto en 10 plantas

**Tabla 9: Análisis de la varianza del promedio de la longitud de fruto en 10 plantas**

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	F tabular
Total	23	2,8			
Bloque	7	2,5	0,36	25,00 *	2,19
Tratamiento	2	0,1	0,05	3,50 *	2,73
Error	14	0,2	0,01		

\* $p \leq 0,05$   $CV = 3,42\%$   $s\bar{y} = 0,04\text{ cm}$

En la tabla 9 se presenta el análisis de la varianza del promedio de la longitud de los frutos en 10 plantas para los tres tratamientos bajo estudio. Se encontraron diferencias significativas tanto en bloques como en tratamientos. El coeficiente de variación fue de 3,42% y el error estándar de las medias fue de 0,04 cm.

**Tabla 10: Prueba de rango de significación de Tukey para la longitud del fruto en 10 plantas**

Tratamientos	T2	T1	T3
Medias	3,47	3,48	3,58
	a	a	a

$T = 0,16$

En la tabla 10 se muestra la prueba de Tukey, la cual indica solo un rango de significación, ocupando el primer y único rango (a) la variedad San Andreas (T3) con un valor de 3,58 cm; la variedad Monterrey (T1) con un valor de 3,48 cm; y la variedad Cabrillo (T2) con un valor de 3,47 cm.

## VI. Discusión:

En relación a la variable de rendimiento total de plantas, la Variedad Monterrey (T1) obtuvo el mayor valor con 7158,75 g, el cual fue superior que San Andreas (T3) y Cabrillo (T2), que tuvieron resultados de 5082,5 g y 5519,87 g respectivamente. Sin embargo, en el estudio de Briceño (2021), la variedad Monterrey (T1) fue la de menor rendimiento, con 799,82 g, mientras que Cabrillo (T2) y San Andreas (T3) obtuvieron 2439,74 g y 2265,65 g. Lo que se puede resaltar es que en ambos estudios las variedades de Cabrillo (T2) y San Andreas (T3) se comportan de manera similar, aunque las magnitudes del rendimiento son diferentes. Así mismo, Ibadango (2017), obtuvo rendimientos de 628,03 g para Monterrey (T1) y 601,81 g para San Andreas (T3); estos valores se obtuvieron en 5 cosechas.

En cuanto al rendimiento de 10 plantas muestreadas, el valor más alto corresponde a la variedad Monterrey (T1) con 95,98 g, las variedades Cabrillo (T2) y San Andreas (T3) comparten valores similares, 72,74 g y 65,78 g. Por otra parte, en el estudio Ruiz (2022), se obtuvieron rendimientos en 10 plantas muestreadas de 231,28 g para Monterrey (T1), 186,61 g para Cabrillo (T2) y 207,32 g para San Andreas (T3). Las diferencias en ambos estudios se pueden atribuir a los grados de libertado del número de bloques, la estimación del error experimental, el número de cosechas realizadas y los niveles de fertirrigación. El rendimiento de la variedad Monterrey (T1) fue superior a los valores obtenidos de Cabrillo (T2) y San Andreas (T3), los cuales fueron similares en ambos estudios. Por otro lado, el estudio de Ibadango (2017) obtuvo rendimientos de 110,18 g para Monterrey (T1) y de 105,58 g para San Andreas (T3); estos resultados se obtuvieron en 5 cosechas.

En cuanto al promedio del número de frutos en 10 plantas, la variedad Monterrey (T1) fue la que obtuvo mayor valor, con 74,00 frutos, mientras que Cabrillo (T2) y San Andreas (T3) obtuvieron valores de 61, 88 frutos y 51,75 frutos respectivamente. Por otro lado, en el estudio de Briceño (2021), se obtuvieron valores de 12,40 frutos para Monterrey (T1); 17,40 frutos para Cabrillo (T2); y 16,30 para San Andreas (T3), siendo Cabrillo la que más número de frutos obtuvo. Así mismo, en el estudio de Ruiz (2022), La variedad Monterrey (T1) fue la que mayor número de frutos obtuvo, con 66,60 frutos, seguida por la variedad San Andreas (T3) con 64,90 frutos y la variedad Cabrillo (T2) con 63,60 frutos. En general, en estos tres estudios, que difieren en cuanto al número de frutos cosechados, la variedad Monterrey (T1) fue la que mejor comportamiento tuvo con respecto a las otras variedades.

Con respecto a los grados Brix, Cabrillo (T2) fue el tratamiento que más alto valor obtuvo con un promedio de  $6,83^{\circ}Bx$ . En comparación, en el estudio de Briceño (2021), quien obtuvo en valor de  $6,17^{\circ}Bx$ . Los dos estudios presentan resultados similares, lo que significa que no hubo una mayor variación de los resultados para esta variable, en los diferentes ciclos de cultivo. Para los otros dos tratamientos, en el presente estudio, se obtuvieron valores en Monterey (T1) de  $5,98^{\circ}Bx$  y en San Andreas (T3) de  $6,36^{\circ}Bx$ ; mientras que, en el estudio de Briceño, se obtuvieron valores de  $6,99^{\circ}Bx$  y  $6,10^{\circ}Bx$  para Monterrey (T1) y San Andreas (T3) respectivamente. Para la variedad Monterrey (T1) en los dos estudios, existe una diferencia de casi  $1^{\circ}Bx$ . Esta diferencia puede atribuirse a que, en la presente investigación, hubo mayor presencia de la enfermedad *Botrytis cinerea*, lo que pudo haber producido una disminución en los grados Brix de los frutos. Por otro lado, en el estudio de Ruiz (2022), se obtuvieron valores de  $4,1^{\circ}Bx$ ;  $4,2^{\circ}Bx$ ; y  $4,8^{\circ}Bx$  para Cabrillo (T2), Monterrey (T1) y San Andreas (T3) respectivamente. Los valores obtenidos difieren mucho del presente estudio, lo que podría

deberse a que no hubo un efecto positivo de la fertirrigación, lo cual afectó a los resultados de  $^{\circ}Bx$ .

En lo que concierne a la variable longitud del fruto, la variedad San Andreas fue la mayor, 3,58 cm. Le siguieron las variedades Monterrey (T1) y Cabrillo (T2), la primera con una longitud de 3,48 cm y la segunda con 3,47 cm. La misma diferencia entre las variedades se muestra en el estudio de Ruiz, en donde, la respuesta varietal mostró los siguientes resultados: San Andreas 4,6 cm, Monterrey 4,4 cm y Cabrillo 4,2 cm. Por otra parte, en el estudio de Briceño (2021), los valores de la longitud fueron similares a los de esta investigación: San Andreas 3,19 cm, Cabrillo 3,19 cm y la variedad Monterrey presentó un valor menor, 2,71 cm. En las tres investigaciones la longitud mayor corresponde a la variedad San Andreas.

Finalmente, en la variable diámetro, en este estudio, el valor más alto fue el de la variedad San Andreas (T3), con un diámetro promedio de 2,89 cm por fruto, le siguió la variedad Cabrillo (T2) con 2,83 cm y Monterrey (T1) con 2,60 cm. Así mismo, la investigación de Ruiz (2022) muestra que la variedad San Andreas presentó los frutos con mayor diámetro, en este caso la media fue de 3,6 cm y las variedades Monterrey y Cabrillo con 3,5 cm y 3,4 cm respectivamente. Todos estos valores fueron mayores que los de este estudio. Por otro lado, en el estudio de Briceño (2021), la variedad San Andreas (T3) tuvo un valor de 2.63 cm, Cabrillo (T2) tuvo un valor de 2.56 cm y Monterrey (T1) tuvo un valor de 2.22 cm, siendo San Andreas la que mayor valor obtuvo, aunque no existe diferencia estadísticamente significativa entre las variedades Cabrillo y San Andreas. Lo que se destaca en las tres investigaciones es que el diámetro de la variedad San Andreas es el mayor.

## VII. Conclusiones y Recomendaciones:

### 7.1 Conclusiones

Las tres variedades de fresa: Monterrey (T1), Cabrillo (T2) y San Andreas (T3), bajo un sistema de cultivo semi hidropónico, en invernadero, presentaron un buen desempeño en todos los parámetros productivos cuantificados.

Para el rendimiento total de plantas, se obtuvo que la variedad de mayor rendimiento fue Monterrey (T1) con 7158,75 g, seguida de Cabrillo (T2) y San Andreas (T3), que tuvieron valores de 5519,87 g y 5082,5 g respectivamente.

Con respecto al rendimiento de 10 plantas, se obtuvieron los siguientes valores: la variedad Monterrey (T1) fue la que mejor resultado presentó, con un valor de 95,98 g, seguida por las variedades Cabrillo (T2) y San Andreas (T3) con 72,74 g y 65,78 g respectivamente.

En cuanto al promedio del número de frutos en 10 plantas, la que mejor comportamiento tuvo fue la variedad Monterrey (T1) que obtuvo un valor de 74,00 frutos, mientras que Cabrillo (T2) y San Andreas (T3) obtuvieron valores de 61,88 frutos y 51,75 frutos respectivamente.

Con respecto a los grados Brix, Cabrillo (T2) fue el tratamiento que más alto valor obtuvo con un promedio de 6,83°Bx seguido de San Andreas (T3) con un valor promedio de 6,36°Bx y Monterrey (T1) con un valor promedio de 5,98°Bx.

Para la variable longitud del fruto, la variedad San Andreas (T3) presentó la mayor magnitud con 3,58 cm. Le siguieron las variedades Monterrey (T1) y Cabrillo (T2); la primera con una longitud de 3,48 cm y la segunda con 3,47 cm.

En cuanto a la variable diámetro, el valor más alto fue el de la variedad San Andreas (T3), con un diámetro promedio de 2,89 cm por fruto, le siguió la variedad Cabrillo (T2) con 2,83 cm y Monterrey (T1) con 2,60 cm.

En general, las variedades Monterrey (T1) y Cabrillo (T2) fueron las que mejores características presentaron en cuanto a los parámetros cuantificados en el presente experimento, con buenas características en rendimiento, Sólidos solubles y número de frutos. La variedad San Andreas (T3) fue la que menor desempeño tuvo en cuanto a la mayoría de parámetros medidos, sin embargo, para el tamaño de fruto con las variables diámetro de fruto y longitud de fruto, fue la que mejor desempeño obtuvo.

## **7.2 Recomendaciones**

Mejorar el manejo para el control de plagas y enfermedades, enfatizando el uso preventivo de diferentes insecticidas y fungicidas permitidos en la agricultura orgánica.

Estimar el efecto del fertirriego en los diferentes parámetros productivos, en las diferentes fases del desarrollo del cultivo.

Elaborar un calendario de aplicaciones preventivas para un manejo más eficiente de las plagas y enfermedades.

Implementar y evaluar el uso de controladores biológicos para comprobar su efectividad.

Incrementar el tamaño de la muestra para cada tratamiento y el número de repeticiones para minimizar los efectos producidos por el error experimental.

## VIII. Referencias

- Angulo, R. (2009). Fresas. *Fragaria ananassa* Bayer CropScience S. A. Bogotá: Mary Luz Ángel.
- Atlas Big. (2018). Atlas Big. Obtenido de Principales países productores de fresa: <https://www.atlasbig.com/es-mx/paises-por-produccion-de-fresa>
- Beltrán, Á. (2010). ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL DE FRESAS (*Fragaria vesca*) MEDIANTE TRATAMIENTO CON LUZ ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA UV-C. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Briceño, H. (2021). Evaluación de 3 variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa*) en un sistema semi hidropónico, bajo condiciones de invernadero. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Bobarely, A. (2007). Estudio mediante el uso de herramientas genómicas y bioinformáticas del desarrollo y maduración del fruto de fresa. Málaga: Universidad de Málaga.
- Chimborazo, L. (2014). Análisis de la producción de fresas y su relación con el nivel de ingresos de los productores de la parroquia de Ambatillo del cantón Ambato en el primer semestre del año 2013. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Chiquí, F., & Lema, M. (2010). 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. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Chirinos, H. (2012). Ipni. Obtenido de Fertilización de fresa (*Fragaria ananassa*): [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/69399A4146EAEC0E06256ABF0057DF16/\\$file/Fertilizaci%C3%B3n+de+Fresa.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/69399A4146EAEC0E06256ABF0057DF16/$file/Fertilizaci%C3%B3n+de+Fresa.pdf) [
- Condo, L., & Pazmiño, J. (2015). Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias. Riobamba: La Caracola Editores.
- Departamento Técnico Agrícola Llahuen. (2014). Agrícola Llahuen. Obtenido de PLANTAS DE FRUTILLA VARIEDAD MONTEREY: <https://www.llahuen.com/monterrey>
- Edifarm. (2020). Vademécum Agrícola. Quito: Vademécum Agrícola XVI Edición.
- IICA. (2015). TRICHODERMA SPP. PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 12 - 13.
- FAO. (2020). FAOSTAT. Obtenido de Cultivos y productos de ganadería: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- FAO. (2020). FAOSTAT. Obtenido de Cultivos y productos de ganadería: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- FAO. (2010). FAOSTAT. Obtenido de Cultivos y productos de ganadería: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Fertitienda. (2022). Fertitienda . Obtenido de bacillus thuringiensis 1Kg (kurstaki. Insecticida biológico): <https://fertitienda.com/insecticida/bacillus-thuringiensis.html>
- Fundación Española de la Nutrición. (2022). Frutas. Madrid: Fundación Española de la Nutrición. Obtenido de Fresa: <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/fresa.pdf>

- Galárraga, I. (2015). Evaluación de niveles de fertilización en el cultivo de frutilla (*Fragaria x ananassa*) en Puenbo – Pichincha. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- García, O., G, A., I, C., F, G., & V, V. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Chapingo: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- Gerencia Regional de Agricultura de Perú. (2021). Agrolalibertad. Obtenido de Ficha técnica para el cultivo de la fresa:  
[http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Ficha%20T%C3%A9cnica%20para%20el%20Cultivo%20de%20la%20Fresa\\_0.pdf](http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Ficha%20T%C3%A9cnica%20para%20el%20Cultivo%20de%20la%20Fresa_0.pdf)
- Gilsanz, J. (2007). Hidroponía. Las Brujas: INIA.
- Ibadango, F. (2017). Eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria vesca* L.), en la granja experimental Yuyucocha, Imbabura. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Intagri. (2018). Intagri. Obtenido de Producción Hidropónica de Fresa:  
<https://www.intagri.com/articulos/frutillas/produccion-hidroponica-de-fresa>
- Kirschbaum, D., Heredia, A., Funes, C., & Quiroga, R. (2019). Efectos de aplicaciones de bioestimulantes en el rendimiento y la calidad del cultivo de frutilla o fresa. Tucumán: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Koppert. (2022). Koppert. Obtenido de Swirski-Mite: <https://www.koppert.ec/swirski-mite/>
- Llumiquinga, P. (2017). Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne; variedad albión. . Quito: Universidad Central del Ecuador.
- López-Valencia, D., Sánchez-Gómez, M., Acuña-Caita, J., & Fischer, G. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. Bogotá: Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria.
- Mena, H., Vázquez, G., & Alondra, R. (2011). Calidad de fresa variedad san andreas producida con vermicompost en invernadero. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- Pérez, L. (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). Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Promix. (2019). Catálogo de productos profesionales Para cultivos de hortalizas y frutas. Québec: Premier Tech.
- Quishpe, J. (2013). Evaluación de la respuesta de la frutilla (*Fragaria dioica*.) al sistema de cultivo semihidropónico en el Quinche - Pichincha 2012. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Rodríguez, D. (2013). Producción de hortalizas en sistemas NFT. Lima: Universidad Agraria la Molina.
- Ruiz, M. (2022). Evaluación de tres variedades de frutilla (*fragaria x ananassa*) en un sistema de cultivo semihidropónico en Puenbo - Pichincha. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Sánchez, C. (2004). Hidroponía paso a paso. Cultivo sin tierra. Lima: Ediciones Ripalme.
- Shaw, D., & Larson, K. (4 de Abril de 2017). Biogro. Obtenido de United States Plant Patent : <http://www.bioagrobr.com.br/media/pdfs/cabrillo.pdf>
- Telenchana, J. (2018). Evaluación de sustratos alternativos a base de cascarilla de arroz y compost en plántulas de pimiento (*Capsicum annum* L.). Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Tropicos. (2022). Tropicos. Obtenido de *Fragaria* × *ananassa*:

<https://www.tropicos.org/name/100355015>

Verdugo, W., & Gutiérrez, A. (2011). Introducción de dos variedades de fresa (*Fragaria vesca*) y técnica de fertirrigación empleando cuatro biofertilizantes líquidos en Pablo Sexto - Morona Santiago. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

## IX Anexos:

### Anexo A: Plan de fertilización de las fresas

ETAPA	DIAS	PRODUCTO	DOSIS (KG/HA)	N	P2O5	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	
		<b>TOTAL</b>	<b>285</b>	<b>33</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>0.78</b>
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				
		<b>TOTAL</b>	<b>360</b>	<b>37</b>	<b>16</b>	<b>73</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>1.96</b>
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
		<b>TOTAL</b>	<b>378</b>	<b>39</b>	<b>14</b>	<b>97</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>2.51</b>
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				
		<b>TOTAL</b>	<b>140</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2.06</b>
<b>TOTAL CICLO</b>			<b>1163</b>	<b>125</b>	<b>58</b>	<b>228</b>	<b>78</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	<b>1.83</b>
Coregido por el factor de eficiencia				156	192	268	130	70	59	1.72

### Anexo B: Cálculos del error estándar de la media y del coeficiente de variación en las variables

#### Anexo B1: Rendimiento total de plantas

Coeficiente de variación:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} (100)$$

$$CV = \frac{1174,83}{5920,38} (100)$$

$$CV = 19,84 \%$$

Error estándar de las medias:

$$s\bar{y} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$s_{\bar{y}} = \frac{1174,83}{\sqrt{8}}$$

$$s_{\bar{y}} = 415,37$$

### **Anexo B2: Rendimiento de 10 plantas**

Coeficiente de variación:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} (100)$$

$$CV = \frac{195,71}{781,58} (100)$$

$$CV = 25,04 \%$$

Error estándar de las medias:

$$s_{\bar{y}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$s_{\bar{y}} = \frac{195,71}{\sqrt{8}}$$

$$s_{\bar{y}} = 69,19$$

### **Anexo B3: Promedio de número de frutos en 10 plantas**

Coeficiente de variación:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} (100)$$

$$CV = \frac{20,94}{62,54} (100)$$

$$CV = 33,48 \%$$

Error estándar de las medias:

$$s_{\bar{y}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$s_{\bar{y}} = \frac{20,94}{\sqrt{8}}$$

$$s\bar{y} = 7,40$$

#### **Anexo B4: Promedio de grados Brix en 10 plantas**

Coeficiente de variación:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} (100)$$

$$CV = \frac{0,75}{6,39} (100)$$

$$CV = 11,74 \%$$

Error estándar de las medias:

$$s\bar{y} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$s\bar{y} = \frac{0,75}{\sqrt{8}}$$

$$s\bar{y} = 0,27$$

#### **Anexo B5: Promedio del diámetro de fruto en 10 plantas**

Coeficiente de variación:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} (100)$$

$$CV = \frac{0,27}{2,77} (100)$$

$$CV = 9,75 \%$$

Error estándar de las medias:

$$s\bar{y} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$s\bar{y} = \frac{0,27}{\sqrt{8}}$$

$$s\bar{y} = 0,10$$

### Anexo B6: Promedio de la longitud de fruto en 10 plantas

Coefficiente de variación:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} (100)$$

$$CV = \frac{0,12}{3,51} (100)$$

$$CV = 3,42 \%$$

Error estándar de las medias:

$$s\bar{y} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$s\bar{y} = \frac{0,12}{\sqrt{8}}$$

$$s\bar{y} = 0,04$$

### Anexo C: Datos de las variables

#### Anexo C1: Rendimiento total de plantas

Tabla resumen de rendimiento total de plantas										
Tratamiento	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Σ Tratamientos	Medias tratamientos
T1 Monterrey	8803	13524	4920	9452	11025	5567	2981	998	57270	7158,75
T2 Cabrillo	4623	7898	4994	8296	8874	6220	2356	898	44159	5519,875
T3 San Andreas	4643	8425	3660	7619	8782	5448	1520	563	40660	5082,5
<b>Σ Bloques</b>	18069	29847	13574	25367	28681	17235	6857	2459	<b>142089</b>	<b>5920,38</b>

#### Anexo C2: Rendimiento de 10 plantas

Tabla resumen de rendimiento de 10 plantas										
Tratamiento	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Tratamiento	Medias tratamientos
T1 Monterrey	928	1693	430	1091	1438	894	206	998	7678	959,75
T2 Cabrillo	802	688	425	638	1203	994	171	898	5819	727,375
T3 San Andreas	766	775	215	788	1163	811	180	563	5261	657,625
<b>Σ Bloques</b>	2496	3156	1070	2517	3804	2699	557	2459	<b>18758</b>	<b>781,58</b>

#### Anexo C3: Número de frutos en 10 plantas

Tabla resumen número de frutos cosechados en 10 plantas										
Tratamiento	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Σ Tratamientos	Medias tratamientos
T1 Monterrey	75	135	41	100	117	84	26	14	592	74
T2 Cabrillo	61	64	97	61	92	85	20	15	495	61,88
T3 San Andreas	57	65	19	63	95	77	24	14	414	51,75
<b>Σ Bloques</b>	193	264	157	224	304	246	70	43	<b>1501</b>	<b>62,54</b>

### Anexo C4: Grados Brix en 10 plantas

Tabla resumen de grados Brix en 10 plantas										
Tratamiento	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Σ Tratamientos	Medias tratamientos
T1 Monterrey	4,7	5,1	7,3	7,2	5,7	5,9	7,7	4,2	47,8	5,98
T2 Cabrillo	5,9	7,4	6,8	7,7	6,0	5,6	8,7	6,5	54,6	6,83
T3 San Andreas	6,0	6,1	7,2	7,1	5,3	6,0	6,5	6,7	50,9	6,36
<b>Σ Bloques</b>	16,6	18,6	21,3	22,0	17,0	17,5	22,9	17,4	<b>153,3</b>	<b>6,39</b>

### Anexo C5: Diámetro de fruto en 10 plantas

Tabla resumen de diámetro en 10 plantas										
Tratamiento	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Σ Tratamientos	Medias tratamientos
T1 Monterrey	2,7	2,7	2,4	2,9	3,0	3,2	2,4	1,5	20,8	2,60
T2 Cabrillo	2,8	2,7	2,8	2,8	3,3	3,3	2,7	2,2	22,6	2,83
T3 San Andreas	3,8	2,8	2,9	2,9	3,1	3,4	2,2	2,0	23,1	2,89
<b>Σ Bloques</b>	9,3	8,2	8,1	8,6	9,4	9,9	7,3	5,7	<b>66,5</b>	<b>2,77</b>

### Anexo C6: Longitud de fruto en 10 plantas

Tabla resumen de longitud en 10 plantas										
Tratamiento	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Σ Tratamientos	Medias tratamientos
T1 Monterrey	3,58	3,49	3,20	3,64	3,72	4,00	3,35	2,87	27,85	3,48
T2 Cabrillo	3,60	3,34	3,39	3,42	3,89	3,94	3,07	3,11	27,76	3,47
T3 San Andreas	3,91	3,71	3,40	3,57	3,95	4,09	3,14	2,90	28,67	3,58
<b>Σ Bloques</b>	11,1	10,5	10,0	10,6	11,6	12,0	9,6	8,9	<b>84,3</b>	<b>3,51</b>