



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

“Evaluación de la adaptabilidad de dos variedades de frutilla (*Fragaria ananassa*) al sistema aeropónico en la granja ECAA –PUCESI Imbabura, Ecuador”.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERA AGROPECUARIA

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

AUTOR: LESLY ESTEFANÍA GUATEMAL ARROYO

ASESOR: PhD. JHENNY CAYAMBE

Ibarra, junio del 2022

Ibarra, junio de 2022

PhD. Jhenny Marlene Cayambe Terán

ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f)

PhD. Jhenny Marlene Cayambe Terán

C.C.: 1721122370

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



Firmado electrónicamente por:

JOSE VALDEMARANDRADE CADENA

(f)

José Valdemar Andrade Cadena

C.C.: 1001927167

(f)

David Rolando Narváez Vega

C.C.: 1717526428

(f)

PhD. Jhenny Marlene Cayambe Terán

C.C.: 1721122370

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo LESLY ESTEFANÍA GUATEMAL ARROYO, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, junio del 2022



f):

LESLY ESTEFANÍA GUATEMAL ARROYO

C.C.: 1003621701

AUTORÍA

Yo, LESLY ESTEFANÍA GUATEMAL ARROYO portador de la cédula de ciudadanía N°1003621701, declaró que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



f):

LESLY ESTEFANÍA GUATEMAL ARROYO

C.C.: 1003621701

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, LESLY ESTEFANÍA GUATEMAL ARROYO, con C.C.:1003621701, autor del trabajo de grado intitulado: EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE DOS VARIEDADES DE FRUTILLA (*Fragaria ananassa*) AL SISTEMA AEROPÓNICO EN LA GRANJA ECAA –PUCESI IMBABURA, ECUADOR. Previo a la obtención del título profesional de Ingeniería Agropecuaria/Ambiental/Zootecnia, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE SI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ibarra, junio del 2022



f):

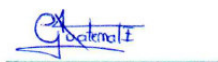
LESLY ESTEFANÍA GUATEMAL ARROYO

C.C.: 1003621701

DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE DOS VARIEDADES DE FRUTILLA (*Fragaria ananassa*) AL SISTEMA AEROPÓNICO EN LA GRANJA ECAA – PUCESI IMBABURA, ECUADOR, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 13 de junio de 2022

Para constancia firma:



f):

Lesly Estefanía Guatemal Arroyo
Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación
C.C/ Pasaporte: 1003621701
Carrera: Ingeniería Agropecuaria

Ibarra, junio del 2022

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
CAPÍTULO I	11
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II	14
OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo general:	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
2.3 Hipótesis.....	14
CAPÍTULO III.....	15
ESTADO DEL ARTE	15
3.1 Cultivo de frutilla	15
3.1.1 Taxonomía.....	15
3.1.2 Descripción del cultivo.....	15
3.1.3 Condiciones edafoclimáticas	16
3.1.4 Principales consumidores y productores de frutilla.....	18
3.1.5 Zonas productoras de frutilla en el Ecuador.....	18
3.1.6 Variedades en estudio	18
3.2 Sistema tradicional de cultivo de frutilla.....	20
3.2.1 Manejo del cultivo	21
3.3 Sistema Aeropónico	25
3.3.1 Manejo de cultivo en el sistema aeropónico.....	25

3.3.2	Beneficios del oxígeno en las raíces.....	27
3.3.3	Soluciones nutritivas	27
3.3.4	Tipos de sistemas aeropónicos	28
3.3.5	Labores agronómicas en el sistema aeropónico	28
3.3.6	Ventajas del sistema de aeroponía.....	29
3.3.7	Desventajas del sistema aeropónico	30
3.3.8	Investigaciones en aeroponía.....	30
CAPÍTULO IV		32
MATERIALES Y MÉTODOS		32
4.1.	Materiales	32
4.1.1	Materiales de invernadero (Sistema aeropónico).....	32
4.1.2	Materiales (Sistema tradicional)	32
4.2.	Manejo del experimento.....	33
4.2.1	Ubicación del área de estudio.	33
4.2.2.	Factores en estudio.....	34
4.2.3	Distribución de los tratamientos	35
4.2.4	Unidad experimental.....	35
4.2.5	Análisis Estadístico.....	35
4.2.6	Análisis de varianza (ADEVA)	36
4.2.7	Distribución de las unidades experimentales	36
4.2.8	Preparación del sitio experimental.....	37
4.3.	Métodos de evaluación.....	39
4.3.1	Evaluación del efecto del sistema aeropónico en la producción de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) mediante el análisis agronómico del cultivo	39

4.3.2 Determinación de la viabilidad del sistema aeropónico para la producción de frutilla, mediante el análisis de beneficio / costo	40
CAPÍTULO V	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
5.1. Evaluación del efecto del sistema aeropónico en la producción de frutilla mediante el análisis agronómico del cultivo.	41
5.1.1 Porcentaje de mortalidad	41
5.1.2 Altura de la planta.....	47
5.1.3 Número de días a la primera floración.....	50
5.1.4 Número de frutos promedio por planta	52
5.1.5 Rendimiento promedio por planta	55
5. 2 Determinación de la viabilidad del sistema aeropónico para la producción de frutilla, mediante el análisis de costo beneficio	57
CAPÍTULO VI	62
CONCLUSIONES	62
CAPÍTULO VII	63
RECOMENDACIONES.....	63
CAPÍTULO VIII.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del cultivo	153
Tabla 2 Plagas del cultivo de frutilla	242
Tabla 3 Enfermedades del cultivo de frutilla.....	253
Tabla 4 Ubicación de la unidad experimental	331
Tabla 5 Variedades de frutilla.....	342
Tabla 6 Sistemas de producción	342
Tabla 7 Tratamientos aplicados en la investigación	353
Tabla 8 Análisis de varianza	364
Tabla 9 Manejo del experimento, sistema tradicional para el cultivo de frutilla.....	375
Tabla 10 Manejo del experimento, sistema aeropónico para el cultivo de frutilla.....	386
Tabla 11 Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) en el sistema tradicional y aeropónico.....	49
Tabla 12 Análisis de varianza de la altura promedio de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) en el sistema tradicional y aeropónico.....	487
Tabla 13 Análisis de varianza del número de días a la primera floración de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) en el sistema tradicional y aeropónico.....	58
Tabla 14 Análisis de varianza del número de frutos por planta de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) en el sistema tradicional y aeropónico.....	531
Tabla 15 Análisis de varianza del rendimiento promedio de planta de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) en el sistema tradicional y aeropónico.....	553
Tabla 16 Costos de producción de los tratamientos en estudio del cultivo de frutilla (<i>Fragaria annanasa.</i>).....	66

Tabla 17 Análisis benéfico/costo de los tratamientos en estudio del cultivo de frutilla (<i>Fragaria annanasa</i>).....	68
Tabla 18 Estimación del rendimiento del cultivo de frutilla en el sistema aeropónico los 3, 6, 9, 12 y 15 meses.....	69
Tabla 19 Estimación del rendimiento del cultivo de frutilla en el sistema aeropónico a los 9 y 15 meses	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño de parcelas de la investigación.....	37
Figura 2 Promedio del porcentaje de mortalidad de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) en el sistema tradicional y aeropónico.	42
Figura 3 Registro de temperatura dentro del invernadero durante 24 horas para el manejo del sistema aeropónico de frutilla en la Granja ECAA PUCE SI.	43
Figura 4 Registro de temperatura promedio/día dentro del invernadero para el manejo del sistema aeropónico de frutilla en la Granja ECAA PUCE SI.	44
Figura 5 Registro de humedad relativa durante 24 horas dentro del invernadero para el manejo del sistema aeropónico de frutilla en la Granja ECAA PUCE SI.	45
Figura 6 Registro humedad relativa dentro del invernadero para el manejo del sistema aeropónico de frutilla en la Granja ECAA PUCE SI.	46
Figura 7 Registro pH dentro del invernadero para el manejo del sistema aeropónico de frutilla en la Granja ECAA PUCE SI.	47
Figura 8 Prueba Tukey al 5% para altura de las plantas para la evaluación de dos variedades de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) en el sistema tradicional y aeropónico.....	49
Figura 9 Prueba Tukey al 5% del número de días a la primera floración de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) en el sistema tradicional y aeropónico.....	59
Figura 10 Prueba Tukey al 5% para el número promedio de frutos de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) en el sistema tradicional y aeropónico.....	54
Figura 11 Prueba Tukey al 5% para rendimiento de promedio de frutos por planta de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>) en el sistema tradicional y aeropónico.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Preparación de sistema tradicional.....	67
Anexo 2 Siembra y desinfección de plántulas sistema tradicional	67
Anexo 3 Fertilización y manejo del sistema tradicional.....	68
Anexo 4 Podas del sistema tradicional	77
Anexo 5 Cerramiento del sistema.....	78
Anexo 6 Toma de datos	78
Anexo 7 Limpieza de camas en el sistema tradicional	79
Anexo 8 Cosecha y peso de frutos	79
Anexo 9 Sistema tradicional	80
Anexo 10 Sistema aeropónico	80
Anexo 11 Limpieza de tanques de reserva	72
Anexo 12 Preparación de plántulas	72
Anexo 13 Limpieza de filtros y módulos.....	73
Anexo 14 Siembra de plántulas	73
Anexo 15 Monitoreo del sistema	74
Anexo 16 Toma de datos	74
Anexo 17 Aplicación de nutrientes.....	75
Anexo 18 Producción de frutilla.....	75
Anexo 19 Limpieza de sistema.....	76
Anexo 20 Análisis de grados brix.....	76
Anexo 21 Toma de datos de pH y conductividad.....	77
Anexo 22 Base de datos del sistema tradicional.....	77
Anexo 23 Base de datos del sistema aeropónico	86

RESUMEN

En el cultivo de frutilla (*Fragaria ananassa*) se aplican altas cantidades de insumos agrícolas (fertilizantes y plaguicidas) para aumentar su rendimiento, lo que puede derivar en efectos sobre el medio ambiente y consumidores. Esta investigación surge como una iniciativa de manejo bajo invernadero en un sistema aeropónico, donde las raíces de las plantas se encuentran suspendidas en el aire y no tienen contacto con el suelo, simplemente se nutren bajo fertirrigación. El objetivo de este estudio fue evaluar la adaptabilidad de dos variedades de frutilla (*Fragaria ananassa*) al sistema aeropónico, mediante el análisis agronómico y económico. El experimento fue realizado en un área de 105 m² para lo cual se instalaron seis módulos, en cada módulo se colocaron 30 plántulas. La solución nutritiva fue preparada en un tanque de 1100 litros, los cuales fueron repartidos mediante micro aspersores. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial A x B con cuatro tratamientos, donde el factor A fueron dos variedades de frutilla Albión y Monterrey; el factor B, los sistemas tradicional y aeropónico. Los resultados demostraron que las variedades de frutilla del presente estudio se adaptaron al sistema aeropónico, sin embargo, se requiere desarrollar mayor investigación para un correcto manejo del sistema, a fin de considerarse como una alternativa viable para la producción de frutilla.

Palabras clave: Aeroponía, frutilla, fertilizante, solución nutritiva, variedades

ABSTRACT

In strawberry (*Fragaria ananassa*) farming high amounts of agricultural supplies (fertilizers and pesticides) are applied to increase yields, which may result in effects on the environment and consumers. The current research comes up as a greenhouse management initiative in an aeroponic system, where plant roots are suspended in the air having no contact with the soil and being simply nourished under fertigation. The aim of this study was to evaluate the adaptability of two varieties of strawberry (*Fragaria ananassa*) to the aeroponic system, through agronomic and economic analysis. The experiment was carried out in an area of 105 m² for which six modules were installed and 30 seedlings were placed in each module. Additionally, the nutrient solution was prepared in an 1100 liter tank and distributed by means of micro-sprinklers. A Completely Randomized Block Design with A x B factorial arrangement with four treatments was used where factor A was two varieties of strawberry; Albion and Monterrey and factor B, the traditional and aeroponic systems. As a result, it was shown that the strawberry varieties used during this research adapted well to the aeroponic system. Nevertheless, further research will be required so as to manage the system properly, in order to consider it as a viable choice for strawberry production.

Keywords: aeroponics, strawberry, solution nutritive, traditional system

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2014), se cultivan aproximadamente 1.189.684 hectáreas de cultivos transitorios y el 77,90% de éstos utilizan algún tipo de insumos agrícolas (plaguicidas y fertilizantes). Es decir que los cultivos transitorios demandan mayor cantidad de agroquímicos, lo que puede generar problemas de toxicidad en los mismos. En la actualidad, la agricultura comprende un conjunto de acciones que han ido impactando al ecosistema, como es el incremento de este tipo de insumos.

La frutilla (*Fragaria ananassa*) es de ciclo perenne, capaz de desarrollarse en un promedio de tres a cuatro años, esto puede variar debido a su manejo. A nivel global, es un cultivo importante por ser apreciado para varias iniciativas en el sector agroindustrial. Este cultivo ha demostrado estar expuesto a incrementos de insumos agrícolas en exceso, que han ocasionado erosión, salinización del suelo, residualidad de plaguicidas (Pilataxi, *et al.* 2019).

La aplicación de estos insumos ha contribuido al calentamiento global. Ante esta problemática, las personas que se dedican a la actividad agrícola, deben pensar no solo en alcanzar los máximos rendimientos, sino en prever lo que pasará en unos años si sigue aumentando la aplicación de estos insumos.

Por otro lado, el excesivo uso de insumos se ve relacionado con el mal manejo de fertilización y riego. El agua aplicada a los cultivos se pierde por percolación (Verdugo, 2011) y conjuntamente el fertilizante se lixivia a capas más profundas, lo que provoca un menor rendimiento en la producción.

Los residuos de origen químico como los metales pesados que quedan en el fruto, como consecuencia de la aplicación de plaguicidas, son indeseables puesto que son perjudiciales para el consumidor. En la actualidad, la población necesita alimentarse saludablemente, por lo que se desea producir alimentos libres de residuos que afecten a la salud; para ello, se está

fomentando nuevos modelos de producción agropecuarios que tienden al desarrollo de una agricultura más sostenible (Márquez, 2008).

Estos otros sistemas que se han desarrollado, además de reducir la aplicación de insumos agrícolas, buscan la reducción de consumo de agua y energía y con ello, aportar al cuidado del medio ambiente. Ejemplos de estos sistemas son la hidroponía y aeroponía.

La hidroponía consiste en el desarrollo de un cultivo que no está expuesto sus raíces a la tierra; en estos sistemas se utilizan sustratos como por ejemplo cascarilla de arroz, arena, que ayudan al soporte de las plantas y provee de soluciones nutritivas para el desarrollo y producción de las plantas (Quishpe, 2013).

Otra técnica que propone una producción más limpia, es la aeroponía. El sistema aeropónico consiste en que las raíces de las plántulas se encuentran suspendidas en el aire dentro de módulos verticales. Estos disponen en su interior de un sistema de riego por microaspersión, los cuales suministran agua con nutrientes a las plantas. La aeroponía difiere de la hidroponía, por la cantidad de agua que utiliza y la eliminación de sustratos como soporte de plántulas.

Este sistema ya ha sido probado en otros cultivos como lechuga, Stevia, brócoli, pepino, culantro, orégano, semillas de papa, entre otros. El uso del sistema es considerado seguro y ecológico por producir alimentos de forma natural manteniendo las plantas libres de patógenos (Manríquez, *et al.*2021).

La principal ventaja ecológica del sistema es la conservación de agua y energía, con consumos menores por cada metro cuadrado de cultivo en comparación a sistemas tradicionales e hidroponía. Según Murphy (2006), en el sistema aeropónico se usa una décima parte del agua necesaria comparada con otros métodos de cultivo, ya que el agua recircula.

La realización de esta investigación buscó evaluar una técnica para producción de frutilla con mínimo uso de plaguicidas, reducida fertilización, y menor consumo de agua de riego.

Se propuso evaluar la adaptabilidad de las plantas de frutilla en un sistema aeropónico como alternativa al sistema tradicional. Aprovechando de una manera reciclable la cantidad de agua, así como la cantidad de fertilizantes y disminuyendo la incidencia de plaguicidas al encontrarse el cultivo bajo cubierta.

El presente documento, en el capítulo del Estado del Arte se mencionan los principales conceptos con respecto a las generalidades del cultivo de frutilla bajo un manejo del cultivo tradicional, las ventajas y desventajas del sistema aeropónico, importancia de la aeroponía. Además, en el capítulo IV, se describe la metodología aplicada para el estudio. En el capítulo V, se mencionan los resultados de adaptabilidad del cultivo de frutilla al sistema aeropónico. Finalmente, se detallan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron en esta investigación.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Evaluar la adaptabilidad de dos variedades de frutilla (*Fragaria ananassa*) al sistema aeropónico, mediante el análisis agronómico y económico como una alternativa de producción sostenible en la Granja ECAA PUCE-SI ciudad de Ibarra provincia Imbabura.

2.2 Objetivos específicos

- a) Evaluar el efecto del sistema aeropónico en la producción de frutilla (*Fragaria ananassa*) mediante el análisis agronómico del cultivo.
- b) Determinar la viabilidad del sistema aeropónico para la producción de frutilla, mediante el análisis de costo beneficio.

2.3 Hipótesis

Ha: Por lo menos una variedad de frutilla se adapta al sistema aeropónico

Ho: Ninguna variedad de frutilla se adapta al sistema aeropónico.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1 Cultivo de frutilla

3.1.1 Taxonomía

Según Adlercreutz (2011), la frutilla se clasifica como se detalla en la (Tabla 1).

Tabla 1

Taxonomía del cultivo

	Clasificación botánica
Reino	Vegetal
Familia	Rosáceas
Subfamilia	Rosídeas
Género	Fragaria
Especie	<i>anannassa</i>
Nombre científico	<i>Fragaria anannassa</i>
Nombre común:	Frutilla

Adaptado de Adlercreutz. (2011).

3.1.2 Descripción del cultivo

Según menciona Quishpe (2012), la planta de frutilla es de tipo perenne y herbáceo, la cual se desarrolla de forma natural en zonas como: América y Europa. Su raíz es fasciculada, está compuesta de raicillas y raíces las cuales dan soporte. La profundidad de esta variable, depende de la presencia de patógenos, así como su tipo de suelo. Las condiciones adecuadas o normales son hasta 0,80 m. El tallo está conformado por un eje corto de forma cónica llamado “corona”,

en el que se encuentran numerosas escamas foliares. Las hojas son compuestas tiene forma de roseta y se insertan en la corona, los peciolos son largos y el limbo dividido en tres foliolos, el envés de las hojas está recubierta de pelos (Zaragoza, 2013).

Sus estolones se encuentran al ras del suelo, también conocidos como tallos, los cuales dan comienzo a la formación de una planta nueva, su fruto al inicio es de color verde y al madurar va adquiriendo su color rojizo (Lema, 2010).

Su inflorescencia, parte de las axilas de las hojas, las ramificaciones que tiene pueden ser distales o basales. Su flor consta de 5 a 6 pétalos de 20 a 35 estambres con abundantes pistilos que están sobre un receptáculo carnosos, cada óvulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio. Sus frutos son polialquenos, lo que quiere decir que está conformado por numerosos aquenios (Parra, 2018).

El fruto tiene un peso que va de 2 a 60 gramos, su receptáculo ya maduro tiene un diámetro de 5 cm, con formas achatadas, cónica alargada, globosa, etc. El fruto o receptáculo tiene variedad de gustos, aromas y consistencia, esto depende de la caracterización de cada variedad (Zaragoza, 2013).

Este cultivo se desarrolla con mejor aptitud entre temperaturas promedio 15-20°C, temperaturas diurnas de 15°C hasta 25°C y nocturnas varían entre 8-10°C, factor que influye en la etapa de floración y fructificación para obtener un mejor desarrollo en la producción de la planta (Huacon, 2020).

Es cultivada por el beneficio de sus frutos, con los que realizan varios postres dulces, helados, pasteles y jaleas. La reproducción se realiza por separación de plantas, semillas sin embargo lo más frecuente que manejan es por estolones (Parra, 2018)

3.1.3 Condiciones edafoclimáticas

Clima

La altitud en la que se desarrollan varía entre 2000 y 2800 msnm, sin nubosidades continuas. Se desarrollan bien a diferentes climas.

Temperatura

La parte vegetativa se caracteriza gracias a que soporta fuertes heladas, alcanzando temperaturas hasta -20°C , y con temperaturas inferiores a 0°C que repercuten en los órganos florales y por ende afectan el desarrollo de florecimiento. Sin embargo, son aptas para subsistir a temperaturas de 55°C (Lema, 2010).

Suelo

Según Alvarado, *et al.* (2016), el terreno que requiere el cultivo debe estar bien suelto es decir arado, removido con un fondo de por lo menos 40 cm. Con un pH neutro de 6 y 7 siendo el más óptimo 6,5 en el que se producen.

La óptima granulometría del suelo para el cultivo de frutilla es de aproximadamente:

- Arena 50%
- Arcilla 20%
- Calizas 15% de
- Materia orgánica 5%

Para la siembra de este cultivo el suelo ideal es el franco arenoso, arenoso y debe ser homogéneamente profundo.

Precipitación

La planta de frutilla requiere una precipitación mínima de 600 mm. (Miserendino, 2012)

Humedad relativa

Es necesaria una humedad promedio de 70 a 80%, la velocidad del viento oscila alrededor de 1,4 km/h, si la humedad llega a aumentar puede estar expuesta a la presencia de enfermedades

causadas por hongos, y si llega a disminuir las plantas pueden presentar deficiencias o daños fisiológicos que afectarían a su nivel de producción (Lema, 2010).

Materia orgánica

Según Chuquín (2010), los niveles de materia promedio es del 2 al 3%.

3.1.4 Principales consumidores y productores de frutilla

Según Perdomo (2019) los países principales que más consumen frutilla son los siguientes países China (41%), los EEUU (16%), Egipto (5%), Turquía (4%), México (4%) y Alemania (3%), juntos comprenden casi el 73% del consumo mundial. Sin embargo, los altos niveles de consumo que se registran por persona en 2016, son en Turquía (5,2 kg/año), Egipto (4,9 kg / año) y Estados Unidos (4,5 kg/año).

La producción que se alcanzó en el 2017 fue de 9,223,815 de toneladas en el que se ve reflejado el 1% de incremento del año pasado, entre los primeros productores a nivel mundial tenemos China con un porcentaje de 40,3% a nivel mundial con una producción de 3,717,283 de toneladas. Le sigue EEUU 15,7%, México 7%, Egipto 4,4, Turquía 4,3% y España 3,9% (Perdomo, 2019).

3.1.5 Zonas productoras de frutilla en el Ecuador

En el Ecuador las zonas que se destacan por la producción de frutilla, según menciona Quishpe (2012), son: la provincia de Pichincha, cantón Quito, así como en la parroquia del Quinche, Yaruquí, en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba y en la Provincia de Imbabura, cantón Otavalo.

Estas son las provincias que tienen una gran ventaja que es el clima que poseen, ya que las hacen más resistentes al manipuleo y se obtiene mejor rendimiento (Parra, 2018).

3.1.6 Variedades en estudio

A continuación, se detallan ciertas características sobresalientes de las dos variedades de frutilla que se implementaron en la investigación.

Albi3n

Seg3n Rivadeneira (2016), menciona que la variedad Albi3n se adapt3 favorablemente en la provincia de Carchi. Es muy atractiva a nivel comercial en plantaciones en el norte del pa3s y apetecida en los mercados y por los consumidores. Fue cultivada en Chile desde la temporada 2008-2009.

Resistente al manipuleo, susceptible al ataque de *Phytophthora*, *Verticillium* y *Colletotrichum* y a bacterias especialmente *Xanthomonas sp.*, con buena producci3n y muy susceptible al ataque de 3caros.

Su producci3n promedio es de 3 a 4 libras por planta en los 18 meses (3ngulo, 2009).

La variedad Albi3n tiene un follaje de altura mediano, su fruto es de forma c3nica de tama3o entre mediano a grande, con un peso promedio de 19 g, color rojo parejo, con gran acumulaci3n de az3car (10-14°Brix) y tiene mayor resistencia al 3idio (Adlercreutz, 2011).

Caracter3sticas de la variedad Albi3n

Se3ala Guzm3n (2021), que la variedad Albi3n presenta las siguientes caracter3sticas:

- Mayor superficie y desarrollo en Chile es moderadamente neutra.
- El tama3o de su planta es intermedio debido a que su crecimiento es lento con temperaturas bajas en primavera.
- Se debe sembrar de 40 a 45 cm entre plantas
- Fruto firme con calibre muy uniforme y excelente vida post - cosecha.
- Acumula mayor cantidad de az3car.
- Tiene una densidad de plantaci3n (65.000 plantas / ha) en una distancia de siembra (25 cm entre plantas).
- Potencial de rendimiento 75 t/ha.
- Alta demanda para congelados en la agroindustria.

Monterrey

Esta variedad posee un follaje de altura media/alta, posee una abundante floración, su tamaño es grande, el fruto es de forma cónico con muy buen cierre, su peso promedio de 19 g, color rojo extremo homogéneo y la pulpa roja con buen sabor, con gran acumulación de azúcar (9°Brix) y susceptible al oídio (Yaselga, 2015).

Características de la variedad Monterrey

Según Pérez (2018), menciona las principales características de la variedad Monterrey.

- Es una variedad fuertemente neutra, con una floración abundante. Tiene una producción estable con un comportamiento.
- Planta de mayor tamaño, rápido desarrollo vegetativo inicial por lo que debe ser plantada con temperaturas adecuadas (sobre 12°C en el suelo), para no presentar un exceso de crecimiento vegetativo lo que podría retrasar la entrada en producción.
- A la planta fresca se debe aumentar el aporte de nitrógeno en la primera etapa del cultivo.
- El requerimiento de fertilización (N-P-K-Ca-Mg) en la etapa de producción es entre un 25 a 30% mayor en comparación con la variedad Albión, aspecto relevante para mantener el calibre de los frutos.
- Su color rojo externo es homogéneo con pulpa roja. Fruto firme con buena vida postcosecha.
- Tiene una adecuada tolerancia a lluvias (*Botrytis*), con cierto grado de susceptibilidad al oídio. y sensible a trips y ácaros.
- La densidad promedio de plantación: 62.000 plantas /ha (27 cm entre plantas).
- Potencial de rendimiento 81 Ton/ha periodo 9 meses (Pérez, 2018).

3.2 Sistema tradicional de cultivo de frutilla

El sistema tradicional de cultivo de frutilla se caracteriza por disponer el cultivo en suelo mediante camellones con doble hilera. Sus medidas son de 70-80 cm en la base y 60 cm en la parte superior, entre ellos están divididos por un surco de 50 cm, esta con una altura de 35 cm (Morales, 2017).

Para la cobertura del suelo se utiliza plástico para evitar el crecimiento de maleza, aunque en épocas de lluvias existe un incremento de enfermedades por la acumulación de humedad en el suelo (Pérez, 2018).

3.2.1 Manejo del cultivo

Preparación del suelo

Es necesario realizar una nivelación del lugar donde se va llevar a cabo la siembra, de esta manera se aprovecha el riego por goteo para obtener mayores ventajas, así como asegurarse de que el terreno esté limpio de malas hierbas y bien triturado para evitar terrones donde pueden ser alojados gusanos blancos (Pérez, 2018).

Desinfección y levantamiento de camas

Para permitir un buen desarrollo en el sistema radicular y evitar la presencia de hongos, patógenos se realiza la desinfección del suelo que consiste en la aplicación de un agente biosida el cual elimina parcialmente los agentes negativos. El levantamiento de camas debe ser en forma de pirámide para obtener un buen drenaje cuyas medidas menciona según Chuquín (2010), la base es de 80 cm, en la parte alta 60 cm, altura 30 cm y los pasillos de 50cm entre camas.

Abonado

El abonado se realiza en las cantidades apropiadas de estiércol o un material descompuesto, de esta manera se evita el desarrollo de enfermedades y se cumple con los requerimientos ya que la frutilla es exigente en materia orgánica (Chuquin,2010).

Colocación de riego

Una vez incorporado el abonado y asegurándose de que esté listo el levantamiento de las camas, con ayuda del rastrillo para que esté liso, se coloca la cinta de goteo, dos hileras por cama.

El riego por goteo corresponde a un método de economizar la cantidad de agua ya que, al ingresar el agua en pequeñas cantidades, gota a gota a la planta se alcanza un aumento en la producción del cultivo (Rogerio *et al.* 2015).

Cubierta del suelo

La cobertura con material de impermeabilidad evita la evaporación del suelo y el agua, ayudando a economizar su cantidad, así como convirtiéndose en un regulador hídrico. Lo más importante es que ayuda a obtener frutos limpios y evita la presencia de malas hierbas, así como de plagas al fruto (Pérez, 2018).

Siembra

Una vez terminado el proceso de levantamiento de camas y la cubierta de plástico, se realiza la perforación de los hoyos en el plástico, teniendo en cuenta las dimensiones de siembra recomendadas a doble hilera son: 40 cm sobre hilera y 30 cm entre planta puede realizarse en tres bolillos (Chiqui, *et al.* 2010).

Fertilización

Según Rivadeneira (2016), realizan dos tipos de fertilizaciones en el cultivo de frutilla:

- **Fertilización base:** Este proceso se lleva a cabo antes de iniciar con el trasplante de las plántulas, se realiza directo al suelo para evitar desperdiciar el producto, la aplicación del producto es en el medio de la cama y con ayuda del rastrillo se va incorporando, teniendo presente que exista una humedad considerable (Rivadeneira, 2016).

Según Yandún (2019), menciona que los siguientes fertilizantes se coloca en el primer año:

- Nitrógeno (N) 90 Kg/ha
 - Fósforo (P) 14 Kg/ha
 - Potasio (K) 80 Kg/ha
 - Calcio (Ca) 65 Kg/ha
 - Magnesio (Mg) 14 Kg/ha
-
- **Fertilización foliar:** Consiste básicamente en realizar la aplicación directamente al follaje (Rivadeneira, 2016).

Podas

Se realiza para lograr un mejor desarrollo de la planta, la poda de hojas se realiza con frecuencia esta promueve la renovación de la planta se realiza eliminando las hojas secas o gastadas. Los estolones se eliminan manualmente, para aprovechar los nutrientes en la planta (Ávila, 2015).

Cosecha

La forma correcta de realizar la cosecha se basa en el color que presenta la fruta debe ser de 2/3 a 3/4 de la superficie para garantizar que resistan el transporte, esto depende del mercado al que va dirigido. La cosecha se debe realizar en las mañanas de preferencia utilizar guantes de látex para evitar los daños mecánicos (Ávila, 2015).

Postcosecha

El proceso de postcosecha inicia en el momento de la recolecta el fruto y termina hasta que llegue al consumidor, es importante conocer las principales etapas del manejo como: limpieza, desinfección, clasificación, empaque, almacenamiento y transporte (Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán, 2018).

Limpieza

Se realiza la eliminación de residuos o materias extrañas, para esto es importante que esté desinfectado, se puede utilizar detergente neutro para garantizar una buena higiene al lugar, recipiente o equipo en el que se recolecta el fruto (Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán, 2018).

Desinfección

Se eliminan microorganismos, patógenos dañinos que se encuentren en superficies, pisos, herramientas, entre otros. Esto se realiza con sustancias yodadas o cloradas que sean base de amonio cuaternario. Es importante realizar rotación en desinfectantes para evitar resistencia de los microorganismos, se recomienda hacerlo una vez al mes (Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán, 2018).

Empaque

El empaque más resistente es el de madera con esto se evita el maltrato del fruto, tiene una capacidad de 10 a 15 kg las medidas recomendables son 60 cm x 40 cm x 13 cm. Es importante mencionar que el empaque depende del mercado, la distancia, así como la cantidad que se va a comercializar. Al igual que se protege de la presencia de hongos y bacterias que afectan al fruto (Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán, 2018).

Plagas

En la Tabla 2, se resumen las principales plagas del cultivo de frutilla según Yandún (2019).

Tabla 2

Plagas del cultivo de frutilla

Plagas	Daño	Control
Arañita roja (<i>Tetranychus</i> sp.)	Destruyen el tejido verde, viven principalmente en el envés de las hojas.	Abamectina
Gusano de tierra (<i>Agrotis</i> sp. y <i>Feltia</i> sp.)	Cortan hojas y estolones de tallo.	Cebos tóxicos: (carbaryl+melaza afrecho)
Babosas y Caracoles (<i>Agriolimax laveis</i> , <i>Helix</i> sp.)	Se alimentan de los frutos, haciendo orificios provocando su putrefacción.	Cebos tóxicos.
Pulgones (<i>Myzus persicae</i> y <i>Aphis</i> sp.)	Provocan amarillamiento de hojas, transmiten virus	Metamidophos, Dimetoato, Garlic
Gusano Blanco o Sacho (<i>Bothynus</i> sp.)	Se alimentan de las raíces debilitando la planta o provocando su muerte.	Cebos tóxicos

Adaptado de Yandún (2019).

Enfermedades

En la Tabla 3, se resumen las principales enfermedades del cultivo de frutilla según Yandún (2019).

Tabla 3

Enfermedades del cultivo de frutilla

Enfermedades	Dañ	Control
Podredumbre gris <i>Botrytis cinérea</i>	Los frutos en contacto con el suelo son infectados, mientras que los frutos maduros por efecto de la enfermedad se secan y quedan momificados.	Zineb Benomil tan pronto como los botones florales sean visibles
Oídium <i>Sphaerotheca macularis</i>	El borde de las hojas se enrolla hacia arriba del borde, provocan deformación de frutos	Azufre micronizado
Mancha de la hoja <i>Mycosphaerella fragariae</i>	Provoca la presencia de manchas pequeñas redondas de color rojizo a púrpura pudiendo causar destrucción de hojas	Eliminar las hojas atacadas y/o realizar aplicaciones preventivas base de Mancozeb

Adaptado de Yandún (2019).

3.3 Sistema Aeropónico

3.3.1 Manejo de cultivo en el sistema aeropónico

El término aeroponía se deriva de los términos griegos *aero* y *ponos* que significan respectivamente aire y trabajo; siendo este un proceso para cultivar plantas en un entorno aéreo o de agua nebulizada sin hacer uso del suelo (Vázquez. 2012).

La Aeroponía es un sistema donde las raíces están en el aire y crecen dentro de cajones (módulos) vacíos y oscuros. En estos se suministró las soluciones nutritivas como fuente de alimento, es necesario disolver en agua la cual esté libre de agentes contaminantes de forma periódica y nebulizada, estas plantas van creciendo y desarrollándose mediante un ambiente de agricultura protegida (Mateus, 2010).

También puede definirse como un ecosistema cerrado de aire, agua, nutrientes los cuales contribuyen a que tengan un desarrollo más rápido en la planta, que llega a ahorrar una cantidad de agua considerable hasta en un 95% en comparación con las prácticas agrícolas convencionales (Manríquez, *et al.* 2021).

Al ser un sistema que trata de evitar al máximo la contaminación del medio ambiente podría reemplazar a la hidroponía para la producción de cultivos, debido a que no se requiere el uso de una sustancia altamente contaminante, bromuro de metilo la cual tiene una toxicidad que es utilizada para la desinfección de los sustratos (Martínez, 2013).

Esta nueva alternativa de sistema cuenta con un flujo y reflujo, que va programado para su funcionamiento en periodos de tiempo, en el que se rocía los nutrientes los cuales se encuentran en un tanque, que va conectado a una bomba sumergida, con un temporizador. El cual, al terminar de rociar la solución nutritiva, es reciclada en un nuevo tanque para después volver a pasar por el mismo proceso, se enciende por segundos con un descanso de minutos para volver a encender. El pH que es apropiado para este sistema está en un rango de 5 y 6 considerándose como ligeramente ácido (Manríquez, *et al.* 2021).

El funcionamiento del tanque de retorno es automático, cuando el nivel sea estable y se mantendrá llenándose por sí solo al disminuir su caudal

El uso de los micro aspersores, rociadores o nebulizadores ayudan a formar una nube de niebla de la solución que permite la llegada de los nutrientes a las raíces de las plantas. Esta nueva técnica contribuye a economizar el uso de agua. Así como reducir el índice de enfermedades transmitidas por las raíces (Manríquez, *et al.* 2021).

Un principio básico de este sistema es que garantiza ser un método seguro ecológico para la producción de plantas y cultivos saludables, el cual permite mayor acceso al oxígeno, y en hacer crecer a las plantas en un medio o entorno cerrado, semi cerrado o al descubierto, regado con una solución rica en nutrientes a las raíces que se encuentran suspendidas en el aire (Rendón, 2013).

3.3.2 Beneficios del oxígeno en las raíces

La presencia de oxígeno en la zona radicular es indispensable para que haya un crecimiento saludable de la planta, ya que esta establece la orientación y el estado metabólico de la raíz. Como los aeropónicos se cultivan con aire en combinación con microgotas de agua, casi cualquier planta puede crecer hasta la madurez en el aire, siempre y cuando cuente con suficiente oxígeno, agua y nutrientes (Moreno, *et al.* 2020).

El aire limpio abastece de oxígeno, el cual es un purificador excelente para las plantas y el entorno aeropónico. Para que la planta tenga un crecimiento natural debe tener acceso sin restricciones al aire. Debe permitirse que las plantas crezcan de forma natural para un desarrollo fisiológico exitoso. Entre más confinado sea el sistema, mayor será la probabilidad de que la presión enferme la planta y al entero sistema aeropónico (Moreno, *et al.* 2020).

De acuerdo a los estudios realizados anteriormente se puede demostrar que la aeroponía promueve la tasa de crecimiento de las plantas, debido a la optimización de la aireación de las raíces, por la forma en la que está suspendida en el aire, lo que ocasiona que las raíces tengan una entrada del 100% de oxígeno disponible de aire (Manríquez, *et al.* 2021).

3.3.3 Soluciones nutritivas

Es la combinación de nutrientes disueltos en agua, en una dosificación adecuada, las plantas van absorber los nutrientes mediante el riego a través de sus raíces, lo que ayudó a promover su crecimiento y desarrollo, la cantidad apropiada de los nutrientes se realiza de acuerdo al tipo de cultivo y al estado fenológico que se encuentren las plantas (Mendoza, 2009).

3.3.4 Tipos de sistemas aeropónicos

Existen sistemas aeropónicos que permiten la producción de diversos cultivos los más utilizados en la agricultura protegida son los que se describen a continuación:

Sistema aeropónico de alta presión

Los sistemas de aeroponía en alta presión incluyen tecnologías para la purificación del aire y el agua, la esterilización de nutrientes, polímeros livianos y sistemas de suministro de nutrientes presurizados.

Sistema aeropónico en contenedores

Básicamente consiste en que su solución nutritiva está ubicada en la parte media del contenedor de plástico y en la inferior está ubicado un tubo de drenaje que ayuda a la recirculación, la cual suministra los suficientes nutrientes al cultivo, este sistema es utilizado en Estados Unidos (Rendón, 2013).

Sistema aeropónico vertical

Existen diferentes sistemas verticales, hay algunos llamados rotacionales, los cuales suelen llamarse estrellas productivas debido a la forma que toman los tubos cuando se encuentran instalados para la producción comercial y para optimizar el espacio dentro del invernadero (Cuellar, 2012).

Sistemas aeropónicos horizontales multiestratos

Sistemas que son contruidos a base de tubos con un diámetro de 10 a 15 cm y de largo 3m, lleva una perforación en la parte superior donde son colocadas las plántulas, la distancia de siembra va a variar de acuerdo con el cultivo. Los tubos deben estar a una pendiente de 0,50 a 0,25% con esto se puede evitar el exceso de la solución (Rendón, 2013).

3.3.5 Labores agronómicas en el sistema aeropónico

Según Macizo (2013), las principales labores que se realizan en un sistema aeropónico son:

Siembra

En la siembra se utiliza un soporte a nivel de las raíces para estabilizar a la planta, con vaso agujereado con algún tipo de sustrato, cascarilla de arroz, aserrín, entre otros o directamente en el hoyo que contiene el sistema.

Riego

Para el riego necesita una electro bomba, lo cual ayuda a controlar y sincronizar el tiempo en que se va activar el sistema de riego con los nutrientes, el tiempo puede variar de 10 a 20 minutos. La solución nutritiva llega a las raíces que se encuentran en el aire por medio de aspersión.

Fertilización

Se realiza de acuerdo a las necesidades del cultivo, micro y macronutrientes, se suministró un fertilizante foliar (Sustancias nutritivas NPK, con microelementos), los cuales aportan una función importante para el desarrollo de la planta, el nitrógeno esencial para fabricar proteínas y aminoácidos, asegura la producción fotosintética máxima en las hojas con mayor follaje, adicional fomenta el crecimiento (Avilés, 2019).

Cosecha

La cosecha se realiza manualmente empieza cuando el tamaño del fruto pase los 2 cm y si ya llegó a su pico de producción se realiza cada semana (Avilés, 2019).

3.3.6 Ventajas del sistema de aeroponía

Entre los puntos más importantes a destacar de este sistema es que el cultivo no tiene contacto con el suelo, al igual que el menor consumo de fertilizantes, menor consumo de agua, se puede realizar una limpieza con facilidad, el sistema de follaje y radicular obtiene un mejor desarrollo que con el de sustrato, así como, la reproducción de estolones, su incremento de fruto por planta y el período vegetativo incrementa de dos a tres meses (Otazú, 2009).

Elimina el crecimiento de malas hierbas, lo que aumenta la eficacia y reduce los costes de las operaciones de control de malas hierbas.

Aportación a las raíces de aire, uno de los factores limitantes, además es casi nula la pérdida de agua por evaporación (Zaragoza, 2013).

Optimizan el acceso al aire para un crecimiento exitoso. Los materiales y dispositivos que sostienen y soportan a las plantas aeropónicas las mantienen aisladas de enfermedades o agentes patógenos (Moreno, *et al.* 2020).

Este sistema contribuye para el ecosistema debido a que el agua sufrirá menor porcentaje de contaminación gracias a que su cantidad de fertilizantes y pesticidas es mínima además ayudan a la salud al ser alimentos menos contaminados, que serán apetecidos por varias familias.

3.3.7 Desventajas del sistema aeropónico

Las principales desventajas de un sistema aeropónico son: el alto costo en la inversión para la instalación, así como una alteración puede causar la pérdida de las plantas que a su vez afectarán la producción final y este sistema se debe manejar una higiene completa para evitar infectar a las raíces por hongos o bacterias (Otazú, 2009).

Otro punto importante es que se pueden obstruir las boquillas o presentar alguna avería lo que ocasiona que las plantas se dañen rápidamente de forma irreparable.

3.3.8 Investigaciones en aeroponía

Los primeros reportes del sistema aeroponía son 1922 en el cultivo de manzano, otro reporte es en el cultivo de piña en 1942 en Estados Unidos. A partir de esas investigaciones se llega a retomar a principios de los 90 esta vez en el cultivo de papa en Corea del Sur, el cual se han venido realizando estudios (Andrade, 2015).

Otazú (2009), indica que la técnica de aeroponía ha sido usada inicialmente para producción de hortalizas, es una tecnología nueva especialmente para la producción de semilla de papa; las pruebas iniciales nos proveen con la siguiente información (Cayambe, 2010).

El cultivo de lechuga también formó para del desarrollo en el sistema aeropónico en el que se analizó tres variedades en un sistema vertical las cuales fueron probadas durante 30 días lo cual dieron como resultado que la variedad con mayor porcentaje de germinación fue Mimosa con un porcentaje de 99,67% (Manríquez, *et al.*2021).

Otro de los cultivos que se han desarrollado es el de *Stevia rebaudiana* que se adaptó a un sistema aeropónico vertical aun con la existencia de variaciones de luz y temperatura a lo largo de la columna del cultivo.

La producción se desarrolló en invernaderos que consistía básicamente en conservar las raíces de la planta en total oscuridad para obtener un mejor resultado, se aplicaban nutrientes en las raíces mediante un sistema de nebulización, este lo que hace es pulverizar de forma habitual agua junto con los nutrientes (Currillo, 2015).

Un potencial de mejora en la producción y una reducción de costos ofrece el sistema aeropónico en comparaciones realizadas con el método hidropónico y convencional. Esto debido a la explotación eficiente que se da con área vertical del invernadero y la relación de aire- humedad para optimizar el desarrollo de follaje y raíces (Lema,2010).

Esta nueva técnica busca una reducción en costos de producción y una mayor sanidad, estos estudios se vienen realizando años atrás. Inició con los países tropicales ubicados en Los Andes los principales socios del CIP son: CORPOICA en Colombia, INIAP en Ecuador.

El objetivo de esta técnica es adaptar el sistema a situaciones de recurso bajos, en los que se pueda aprovechar las condiciones naturales de la zona tropical, ya que en esta zona no se necesita de luz adicional en los invernaderos, y se los ubica en una altitud de 2600 msnm el manejo se lo puede realizar manualmente, como ventanas, cortinas y sistemas sencillos. Adicionalmente en la zona tropical la producción se realiza de manera continua a lo largo del año dependiendo del cultivo, lo que permite obtener una reducción de costos de producción (Andrade, 2015).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

- Equipos de informática (Computador, impresora).
- Materiales de oficina (papel, marcador, otros).
- Equipos de análisis (pH, conductímetro, refractómetro, otros).

4.1.1 Materiales de invernadero (Sistema aeropónico)

- Bomba de agua HP
- Bomba sumergible de agua HP
- Rollo de manguera de 16mm
- Tubo PVC $\frac{3}{4}$
- Codos $\frac{3}{4}$
- Tanque de capacidad de 1000 litros
- Tanque de agua color de 200 litros
- Tubo corrugado de 2m de alto por 0.50 m de diámetro
- Electroválvulas $\frac{3}{4}$
- Nebulizadores de agua
- Filtros $\frac{3}{4}$
- Malla de anti insectos (100m)
- Insumos Agrícolas

4.1.2 Materiales (Sistema tradicional)

- Motocultor
- Palas
- Azadón
- Rastrillo
- Regadera

- Piola
- Carretilla
- Estacas
- Cinta de goteo
- Plástico negro

- Flexómetro

- Insumos agrícolas

4.2. Manejo del experimento

4.2.1 Ubicación del área de estudio.

Esta investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental de la Escuela de Ciencia Agrícolas y Ambientales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (Tabla 4).

Tabla 4

Ubicación de la unidad experimental

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	Sagrario
Sector	La Victoria
Latitud	N 00°21'50"
Longitud	W 78°15'40"
Altitud	2220 m.s.n.m

Adaptado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], (2018)

El sistema tradicional fue realizado a campo abierto en un área de 30 m², con riego por goteo programado. Y el sistema aeropónico se realizó en un invernadero de 105 m², recubierta en su totalidad con plástico calibre N° 7, malla anti áfidos, en su interior cuenta con seis módulos aeropónicos de 1,5m de ancho y 2 m de largo, un sistema de riego por microaspersión y un equipo para regulación del riego.

4.2.2. Factores en estudio

Factor A

Como factor (A), fueron consideradas las variedades de frutilla (*Fragaria ananassa*).

Tabla 5

Variedades de frutilla

Factor A	Variedades
V1	Monterrey
V2	Albión

Factor B

Como factor (B) de estudio, se consideró los dos sistemas de producción.

Tabla 6

Sistemas de producción

Factor B	Sistemas de producción
M1	Sistema Tradicional
M2	Sistema aeropónico

4.2.3 Distribución de los tratamientos

Los tratamientos fueron cuatro con tres repeticiones, combinados (Variedad x métodos) para observar las características agronómicas de cada combinación.

4.2.4 Unidad experimental

El diseño estuvo conformado de 6 camas en el sistema tradicional, 30 unidades experimentales sembradas a tresbolillo con una distancia de 30 cm entre plantas. En el sistema aeropónico 6 módulos colocadas en una distancia de 30 cm entre plantas.

Tabla 7

Tratamientos aplicados en la investigación

Tratamientos	Descripción
MoT	Variedad Monterrey en el sistema tradicional.
AlT	Variedad Albión en el sistema tradicional
MoA	Variedad Monterrey en el sistema aeropónico
AlA	Variedad Albión en el sistema aeropónico.

4.2.5 Análisis Estadístico

Las variables se evaluaron con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA con arreglo factorial A x B) con cuatro tratamientos, tres repeticiones, obteniendo un total de doce unidades experimentales. La muestra estuvo conformada por 30 plantas en cada unidad experimental.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa R Project 4.1.2 y una prueba de rango múltiple Tukey con 5% de probabilidad para la evaluación de los resultados de las siguientes variables

agronómicas: porcentaje de mortalidad, altura de planta, días a la primera floración, número de fruto por planta, rendimiento promedio por planta.

El área del lote fue de 30 m² en el cual se instalaron las unidades experimentales.

4.2.6 Análisis de varianza (ADEVA)

Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento ADEVA para el análisis de varianza.

Prueba de Tukey (0,05) para comparación de promedios.

Tabla 8

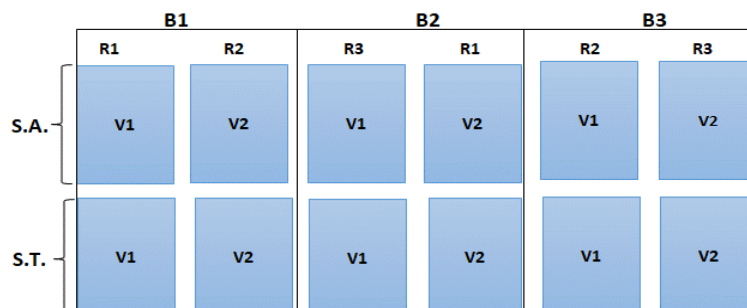
Análisis de varianza

Fuente de variación	GL
Total	11
Tratamiento	3
Variedades (V)	1
Sistemas de producción (M)	1
V x M	1
Error experimental	8

4.2.7 Distribución de las unidades experimentales

La distribución de los tratamientos se observa en la Figura 1

Figura 1 *Diseño de parcelas de la investigación.*



Nota: El gráfico representa la distribución de las variedades en los dos sistemas de producción a evaluar. S.A: Sistema aeropónico, S.T: Sistema tradicional, V1: Variedad Albión, V2: Variedad Monterrey, B: bloques.

4.2.8 Preparación del sitio experimental

El manejo del experimento, consistió en la adecuación del sistema tradicional para el cultivo de frutilla, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 9

Manejo del experimento, sistema tradicional para el cultivo de frutilla

Actividad	Descripción
Delimitación el área ensayo	El área asignada para la investigación fue 30 m ² .
Preparación del suelo	Se realizó 30 días antes de la siembra con la operación de mecanización de rastra y nivelación con motocultor.
Cerramiento y trazado de unidades experimentales	Se realizaron 6 camas de 5 metros de largo por 0,8 cm de ancho por 35 de alto.
Desinfección y fertilización de camas.	Se aplicó por aspergeo con cal para desinfectar el suelo aplicando 0,5 libras/m ² . Fertilización inicial: 1 kilo por m ² de estiércol de ovino 0,12 kilos/m ² (Rendón, 2019). Fertilización cada 15 días: fertilizante químico foliar (30-10-10) (Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán ,2018).

Actividad	Descripción
Instalación del sistema de riego	Se utilizó cinta de goteo con un caudal por emisor de 2 l/s conectado a red terciaria del sistema de riego de la granja PUCE SI.
Instalación de plástico en camas	Plástico negro de 50 micrones, para evitar presencia de malezas y mantener la humedad en el suelo.
Siembra	Se sembró 180 plántulas en sistema a tresbolillo con distancia de 30 cm entre plantas e hileras, desinfectadas la raíz.
Riego	Riego por cinta de goteo en base a las condiciones del suelo de la granja experimental PUCE SI, requerimiento del cultivo y condiciones climáticas.
Deshierbe	Se realizaron limpiezas constantes de caminos para evitar la presencia de plagas y malas hierbas.
Podas	De acuerdo con la necesidad de las plantas se realizó podas de hojas secas, y estolones para que contribuyan con la estimulación al desarrollo de la planta.
Toma de datos	La recolección de datos se hizo según la variable en estudio.

Adicionalmente, se realizó la adecuación del sistema aeropónico para el cultivo de frutilla, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 10

Manejo del experimento, sistema aeropónico para el cultivo de frutilla.

Actividad	Descripción
Delimitación del área de ensayo	El estudio se realizó en un invernadero de 105 m ² recubierta en su totalidad con plástico calibre N° 7, malla anti áfidos, en el interior cuenta con seis módulos aeropónicos de 1,5 m de ancho y 2 m de largo, un sistema de riego por microaspersión y un equipo para regulación del riego.

Actividad	Descripción
Adecuaciones de los módulos	Se colocaron dos puertas laterales en cada módulo, para facilitar su limpieza interna, así como una tapa la cual fue cubierta con plástico negro para evitar la presencia de luz a las raíces de las plantas
Adaptación de plántulas	Se realizó una previa adaptación de las plantas al sistema, lo cual consistió en sumergirlas en agua por 48 horas antes del trasplante al sistema aeropónico.
Siembra de plántulas	Se desinfectaron las raíces antes de ubicarlas en los módulos, se utilizó malla de metal para dar soporte y estabilidad a la planta hasta que se desarrolle y se sostenga por sí misma.
Fertilización	Se realizó mediante fertirrigación. De acuerdo con el requerimiento del cultivo en kg /ha: Nitrato de calcio (N 16), (CaO 27); Sulfato de magnesio (MgO 10), (S 8), (N 14), (P2O5 29), (K2O 14). Esta actividad se realizó cada mes.
Podas	A los 45 días del trasplante, las hojas inferiores, frutos en mal estado, fueron removidos, evitando siempre la aparición de hongos o microorganismos que afectan a la calidad del fruto y la planta.
Toma de datos	La recolección de datos se hizo según la variable en estudio.

4.3. Métodos de evaluación

4.3.1 Evaluación del efecto del sistema aeropónico en la producción de frutilla (*Fragaria ananassa*) mediante el análisis agronómico del cultivo

Para el cumplimiento del primer objetivo de la presente investigación, se evaluaron las siguientes variables, tanto en el sistema tradicional como en el aeropónico, según Guzmán, (2021).

- **Porcentaje de mortalidad (%):** para determinar esta variable se consideró el número de plantas muertas, desde la fecha de siembra hasta a los 25 días después de la siembra. Se realizó el conteo visual de las plantas muertas, en relación al total de plantas sembradas en cada repetición de cada unidad experimental, de los dos sistemas evaluados.
- **Altura de planta (cm):** Cuando la planta llegó a la etapa de floración, se tomó la altura de la planta con ayuda de un calibrador, donde se midió desde la base del tallo hasta el ápice del tallo más alto. Se realizó con las 30 plantas de cada variable.
- **Días a la floración:** El monitoreo de esta variable se realizó semanalmente hasta cuando las plantas alcanzaron el 50% de botones florales en la unidad experimental, se consideró como el número de días a la floración.
- **Número de frutos por planta.** - Se registró el número de frutos cosechados por planta. Se realizó con las 30 plantas de cada variable.
- **Rendimiento por planta (g/planta).** - Se pesó los frutos maduros de las 30 plantas por tratamiento de cada módulo. Para el rendimiento por planta se consideró un ciclo de tres meses. Se registró el peso promedio por planta de frutilla, la variable fue expresada en gramos/planta.

4.3.2 Determinación de la viabilidad del sistema aeropónico para la producción de frutilla, mediante el análisis de beneficio / costo

Para la realización del análisis económico se aplicó la metodología de (CIMMYT, 1988). Quien menciona al Programa de Economía Agrícola del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, se calculó el número de kg por tratamiento y se multiplicó por su respectivo precio, obteniendo el Beneficio bruto (Bs/tratamiento). También se realizó el cálculo de Beneficio/Costo, lo cual indica el nivel de rentabilidad del estudio.

$\text{Ingreso Bruto} = \text{Rendimiento} \times \text{Precio}$

$\text{Ingreso Neto} = \text{Ingreso Bruto} - \text{Costo de Producción}$

$\text{Beneficio/Costo} = \text{Ingreso Neto/Costo de Producción}$

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Evaluación del efecto del sistema aeropónico en la producción de frutilla mediante el análisis agronómico del cultivo.

5.1.1 Porcentaje de mortalidad

En la variable mortalidad se observa, que existe normalidad, es decir se acepta la hipótesis nula con un el p-valor= 0,74. Así como también existe homogeneidad en el factor sistemas y variedad donde se acepta la hipótesis con un valor p-valor= 0,15 y para el factor variedad con p-valor= 0,69. En la Tabla 11, se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad, los cuales indican que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 9,39 %, en esta investigación. El promedio del porcentaje de mortalidad fue 9,55 %.

Tabla 11

Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad para la evaluación de dos variedades de frutilla (Fragaria ananassa) en el sistema tradicional y aeropónico.

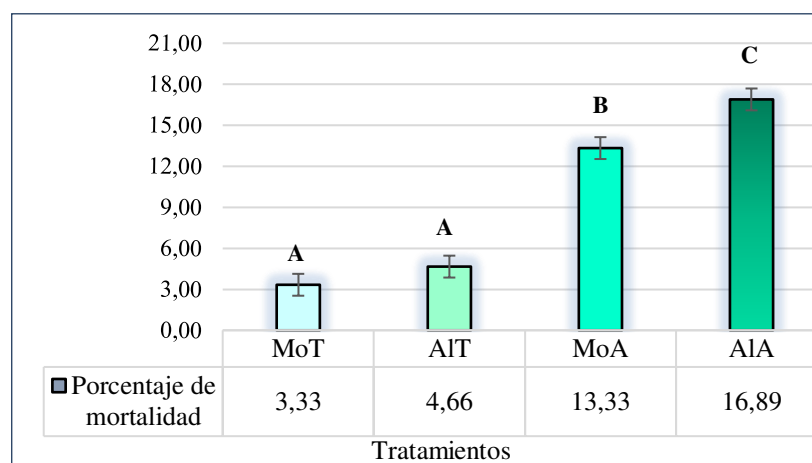
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F cal.	F tab.		Significancia
					p-valor (0,05)	p-valor (0,01)	
Tratamiento	392,19	3	130,73	162,36	4,76	9,78	**
Repeticiones	0,36	2	0,18	0,51	5,14	10,92	
Error	4,83	6	0,81				
Total	397,38	11					
CV (%)	9,39						
Promedio (%)	9,55						

Nota: F.V: Fuentes de variación, SC: Suma de cuadrados, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, *: Diferencia significativa, **: Diferencia altamente significativa, ns: No existe diferencia significativa.

En la Figura 2, se observa que existe diferencia estadística significativa en la variable mortalidad la cual detectó tres rangos. En rango A, el menor promedio, lo presentó el tratamiento MoT, con un 3,33%. En el rango C, con el mayor promedio de porcentaje de mortalidad es el tratamiento AlA, con un 16,89%.

Figura 2

Promedio del porcentaje de mortalidad de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (Fragaria ananassa) en el sistema tradicional y aeropónico.



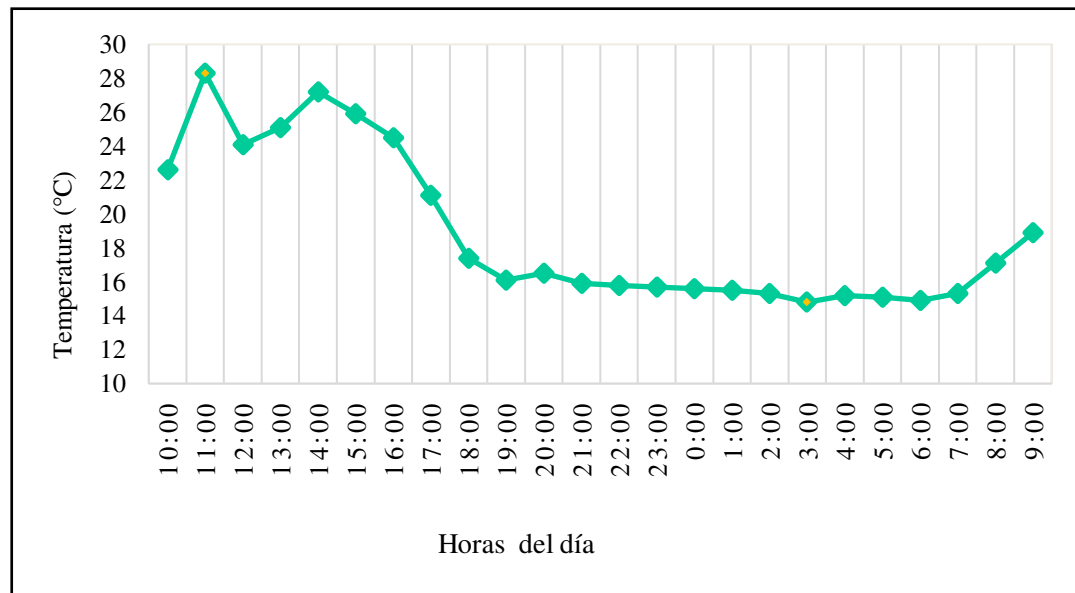
Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), AlT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AlA (Albi3n sistema aerop3nico).

Este mayor porcentaje de mortalidad puede ser debido a los cambios de temperatura que se presentaron en el invernadero del sistema aerop3nico. La FAO (Organizaci3n de las Naciones Unidas para la Alimentaci3n y la Agricultura), 2018, manifiesta que la frutilla es un cultivo que se adapta muy bien a muchos tipos de climas siendo los valores 3ptimos para una fructificaci3n adecuada de 15-18°C de media anual.

En la Figura 3, se observa los cambios de temperatura durante 24 horas dentro del invernadero.

Figura 3

Registro de temperatura dentro del invernadero durante 24 horas para el manejo del sistema aeropónico de frutilla en la Granja ECAA PUCE SI.



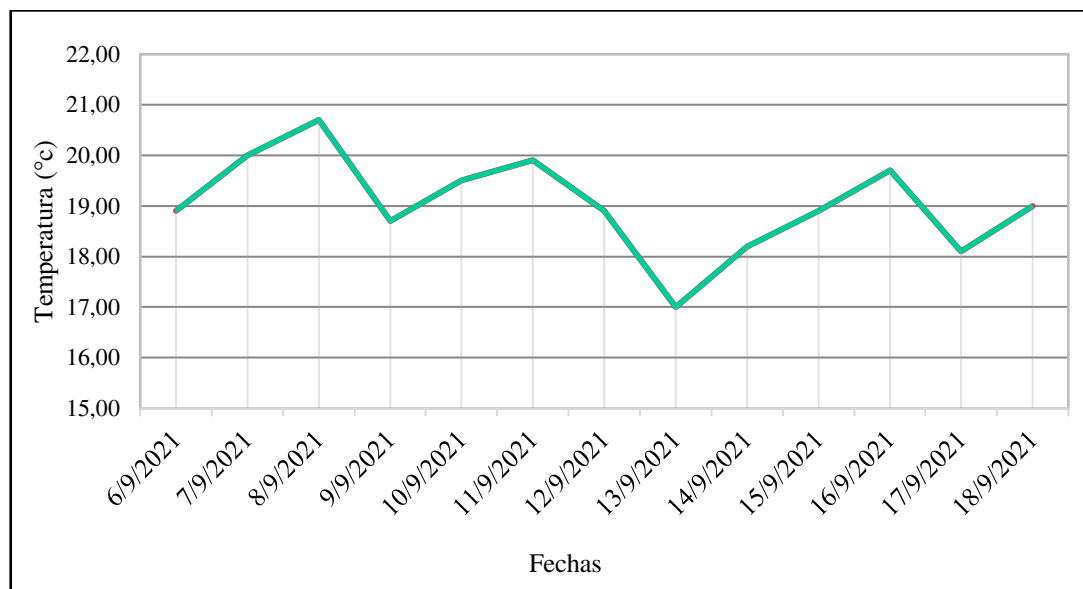
Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), ALT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AIA (Albi3n sistema aerop3nico).

Se registraron los cambios de temperatura durante 24 horas (cada hora). Se evidenci3 temperaturas m3ximas en el d3a de 28,5°C a las 11 am y m3nimas hasta de 14°C entre las 6 pm y 4 am.

En la Figura 4, se refleja los cambios de temperatura durante 7 d3as consecutivos.

Figura 4

Registro de temperatura promedio/día dentro del invernadero para el manejo del sistema aeropónico de frutilla en la Granja ECAA PUCE SI.



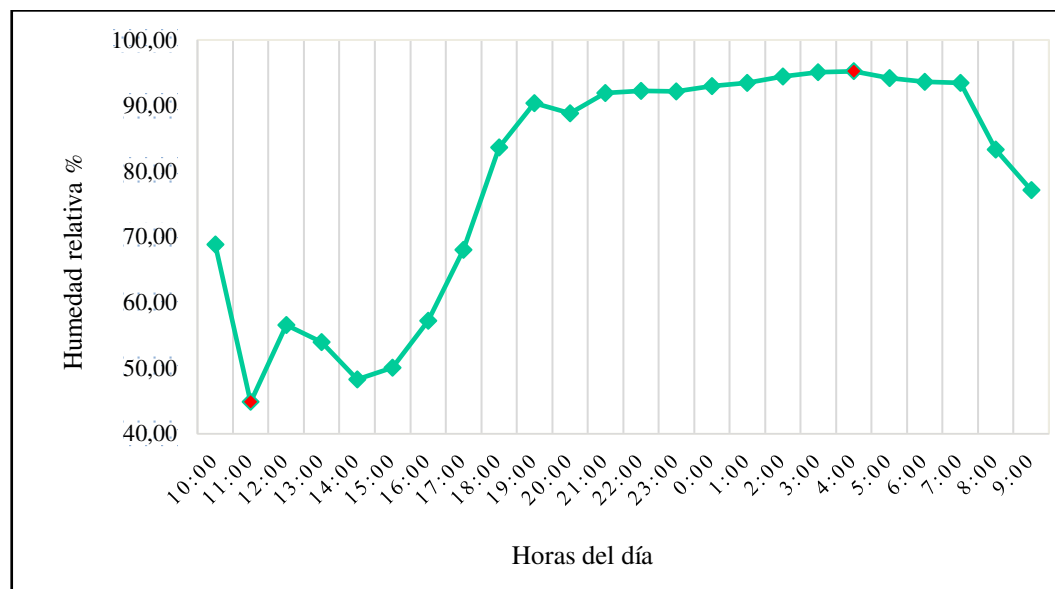
Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), AlT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AlA (Albi3n sistema aerop3nico).

Se registraron las temperaturas promedio/día durante 7 días consecutivos. Se evidenció temperaturas promedio máximas de 21°C y mínimas de 17°C. La figura muestra alta variabilidad de temperatura en los 7 días analizados, según Manríquez y Tamayo (2021), menciona que, para el óptimo desarrollo en el sistema aeropónico, la temperatura debe ser de 15 - 18°C para la adaptabilidad de los cultivos.

En la Figura 5, se observa los cambios de humedad relativa dentro del invernadero durante 24 horas.

Figura 5

Registro de humedad relativa durante 24 horas dentro del invernadero para el manejo del sistema aeropónico de frutilla en la Granja ECAA PUCE SI.



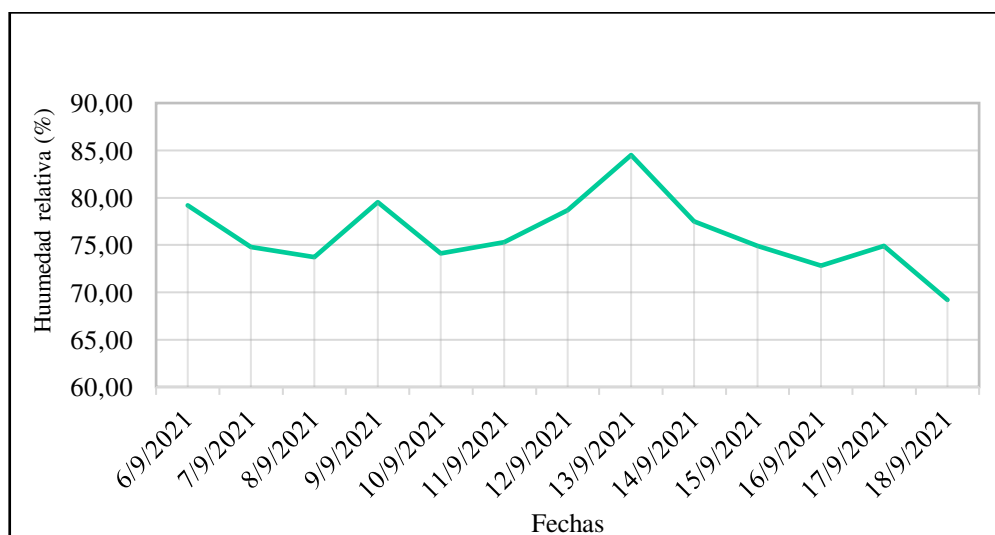
Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), ALT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AIA (Albi3n sistema aerop3nico).

Los datos de humedad relativa fueron tomados durante un d3a con lapsos de una hora, en los que se logr3 evidenciar los cambios. Se presentaron datos de humedad de 35%, hasta subir a una humedad relativa de 95% en menos de 8 horas. Seg3n Caicedo *et al.* (2018) la humedad relativa dentro de un invernadero para el desarrollo del cultivo est3 en un rango de 75 a 80%.

En la Figura 6, se observa los cambios de humedad relativa dentro del invernadero durante 7 d3as.

Figura 6

Registro humedad relativa dentro del invernadero para el manejo del sistema aeropónico de frutilla en la Granja ECAA PUCE SI.



Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), ALT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AIA (Albi3n sistema aerop3nico).

Se registraron los cambios de humedad relativa, mismos que varían considerablemente durante 7 días. La máxima humedad relativa llega hasta el 85% y la mínima fue 68%. Factor a considerar tan importante como la temperatura para el buen desarrollo del cultivo.

Las plantas se desarrollan bien en lugares donde la humedad relativa fluctúa entre 75 a 80 %. Por debajo de 70%, las hojas y tallos se marchitan, y por encima del 80 % presenta alta incidencia de enfermedades, (Serrano citado por Estrada 2003).

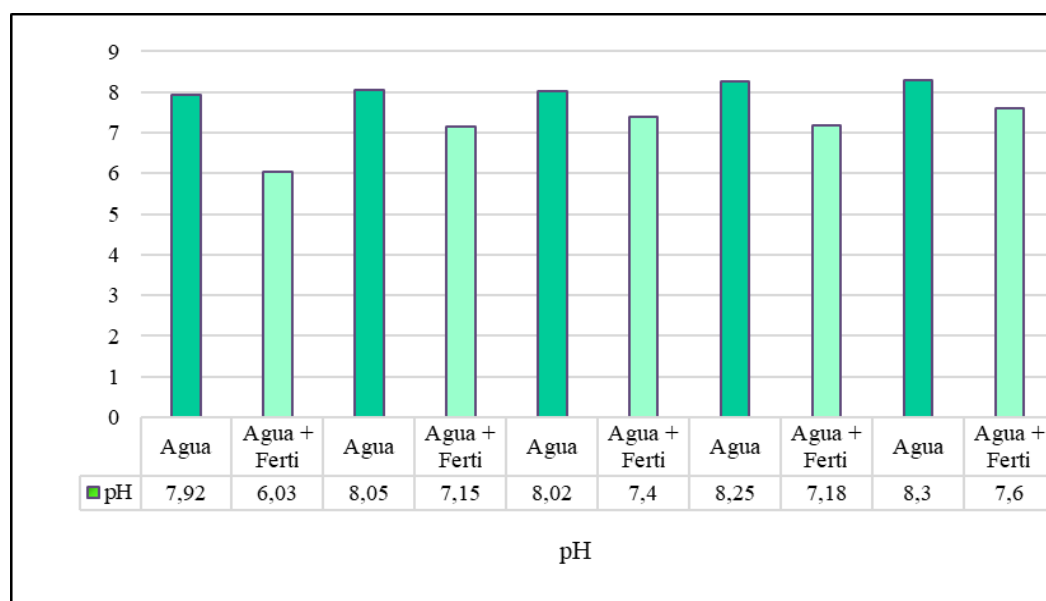
Otra causa que pudo influir en el mayor porcentaje de mortalidad en el sistema aeropónico y que se presume ocasiono el estrés en las plántulas, fue el paso del sustrato al sistema aeropónico, principalmente por el pH del agua.

El agua de riego presentó un pH de 8,3 en promedio, según las tomas realizadas como se observa en la Figura 7. Al ańadir el fertilizante el pH baja en promedio a 6,03. En el sistema aeropónico

el pH de la solución nutritiva es muy importante debido a que mantiene los iones en condiciones solubles para la nutrición de las plantas. Según Macizo (2013), debe estar en un rango de entre 5,5 a 6,5, donde la mayoría de los nutrientes se encuentran disponibles, contrario a cuando está por encima de 6,5 donde afecta la disponibilidad del fósforo y del calcio; en caso de que el pH se encuentre inferior a 5, afecta el sistema radicular de la planta por ende su capacidad de absorción.

Figura 7

Registro pH dentro del invernadero para el manejo del sistema aeropónico de frutilla en la Granja ECAA PUCE SI.



Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), ALT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AIA (Albi3n sistema aerop3nico).

5.1.2 Altura de la planta

En la variable altura de la planta se observa, que existe normalidad, es decir se acepta la hip3tesis nula con un el p-valor= 0,16. As3 como tambi3n existe homogeneidad en el factor sistemas y variedad donde se acepta la hip3tesis con un valor p-valor= 0,14 y para el factor variedad con p-valor= 0, 23.

En la Tabla 12, se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable altura, los cuales indican que, hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 9,13%. El promedio de la altura fue de 10,98 cm.

Tabla 12

Análisis de varianza de la altura promedio de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (Fragaria ananassa) en el sistema tradicional y aeropónico.

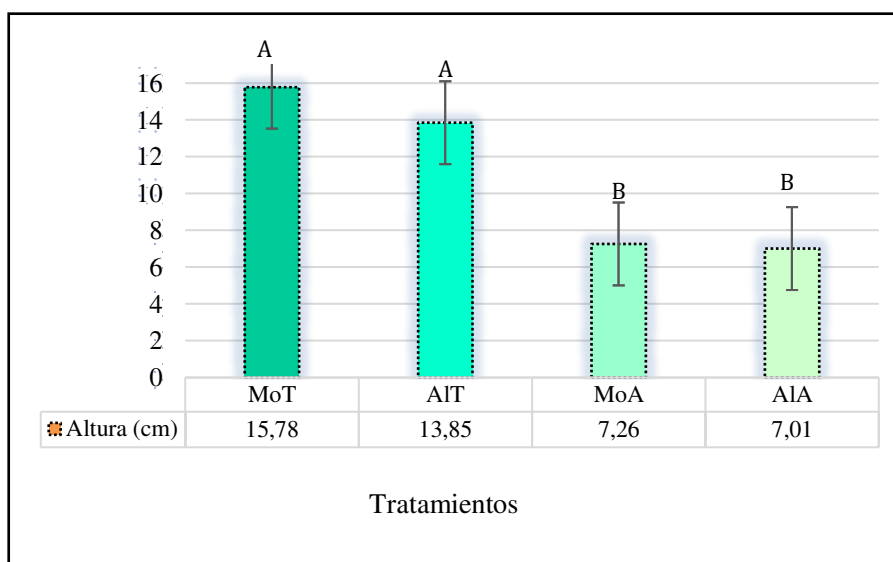
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F cal.	F tab.		Significancia
					p-valor (0,05)	p-valor (0,01)	
Tratamiento	182,6	3	60,8	60,5	4,76	9,78	**
Repeticiones	0,89	2	0,40	0,39	5,14	10,92	
Error	6,03	6	1,00				
Total	189,4	11					
CV (%)	9,13						
Promedio (cm)	10,98						

Nota: F.V: Fuentes de variación, SC: Suma de cuadrados, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, *: Diferencia significativa, **: Diferencia altamente significativa, ns: No existe diferencia significativa.

En la Figura 8, la prueba de Tukey para la variable altura de plantas, la cual detectó dos rangos. En rango A, el mayor promedio de altura, lo presentó el tratamiento MoT con 15,78 cm. En el rango B, con el menor promedio de altura, se ubica el tratamiento AlA con 7,01 cm.

Figura 8

Prueba Tukey al 5% para altura de las plantas para la evaluación de dos variedades de frutilla (Fragaria ananassa) en el sistema tradicional y aeropónico.



Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), AIT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AIA (Albi3n sistema aerop3nico).

Se observ3 que, en el sistema tradicional la variedad Monterrey present3 la mayor altura de planta que la variedad Albi3n; la misma tendencia, se observ3 en el sistema aerop3nico, es decir que la variedad Monterrey desarroll3 mayor altura que la variedad Albi3n. Estos resultados se asemejan a lo obtenido por Guzm3n (2021), quien en su estudio observ3 que la variedad Monterrey logr3 mayor altura que la variedad Albi3n en un sistema tradicional. Sin embargo, estos resultados se contrastan con lo demostrado por Mej3a (2017) en su estudio de la respuesta de tres variedades de frutilla en un sistema semi hidrop3nico, donde la mayor altura se present3 en la variedad Albi3n, en comparaci3n a la variedad Monterrey y San Andr3s.

Estos resultados demuestran que la variedad Monterrey y Albi3n pueden tener comportamientos diferentes en relaci3n a la altura del cultivo. Por lo tanto, se puede considerar que, posiblemente la diferencia en altura de las variedades en los distintos tratamientos del presente estudio, se

deba a factores edafoclimáticos (altitud, humedad relativa, características del suelo, temperatura, pH, otros).

5.1.3 Número de días a la primera floración

En la variable número de días a la primera floración se observa, que existe normalidad, es decir se acepta la hipótesis nula con un el p-valor= 0,41. Así como también existe homogeneidad en el factor sistemas y variedad donde se acepta la hipótesis con un valor p-valor= 0,23 y para el factor variedad con p-valor= 0,81.

En la Tabla 13, se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable número de días a la primera floración, lo cuales indican que, hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0,95%. El promedio de los días a la primera floración fue de 80 días.

Tabla 13

Análisis de varianza del número de días a la primera floración de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (Fragaria ananassa) en el sistema tradicional y aeropónico.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F cal.	F tab.		Significancia
					p-valor (0,05)	p-valor (0,01)	
Tratamiento	2734,00	3	911,33	1562,2	4,76	9,78	**
Repeticiones	1,17	2	0,58	1,00	5,14	10,92	
Error	3,50	6	0,58				
Total	2738,67	11					
CV (%)	0,95						
Promedio	80						
(días)							

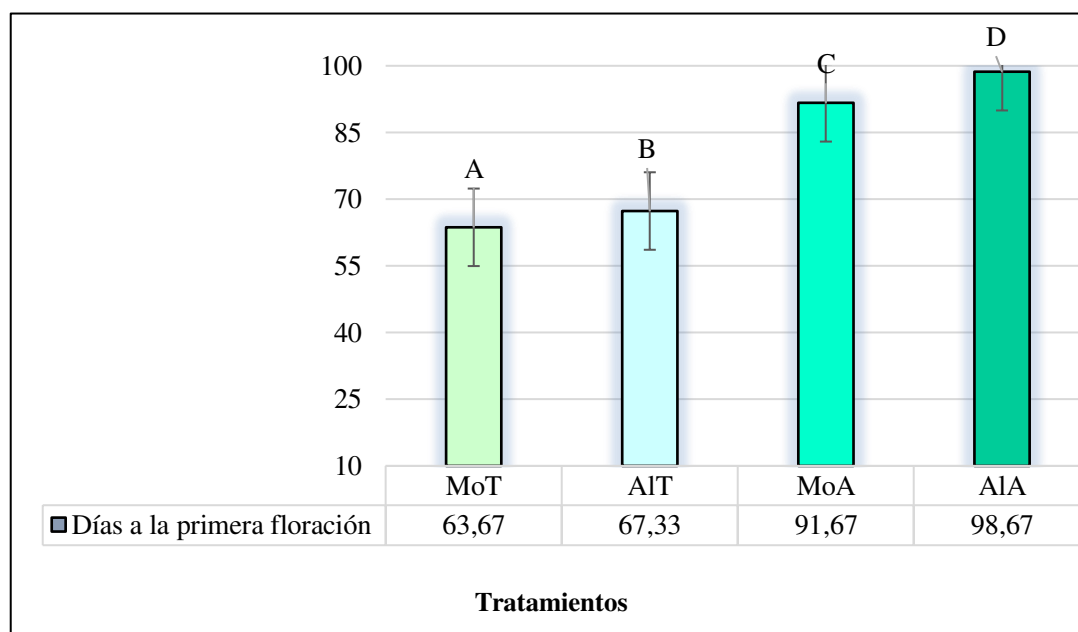
Nota: F.V: Fuentes de variación, SC: Suma de cuadrados, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad,

p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, *: Diferencia significativa, **: Diferencia altamente significativa, ns: No existe diferencia significativa.

En la Figura 9, la prueba Tukey detectó 4 rangos. En el rango A, se ubica el tratamiento MoT, con 62 días a la primera floración. En el rango D, se ubica el tratamiento AIA, con 99 días a la primera floración.

Figura 9

Prueba Tukey al 5% del número de días a la primera floración de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (Fragaria ananassa) en el sistema tradicional y aeropónico.



Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), AIT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AIA (Albi3n sistema aerop3nico).

Se observ3 que, en el sistema tradicional la variedad Monterrey present3 menores d3as a la primera floraci3n que la variedad Albi3n; la misma tendencia, se observ3 en el sistema aerop3nico, es decir que la variedad Monterrey obtuvo su primera floraci3n que la variedad Albi3n. Estos resultados se asemejan a lo obtenido por Rea (2012) quien en su estudio observ3

que la variedad Monterrey logró su primera floración antes que la variedad Albión en un sistema tradicional. Sin embargo, estos resultados se contrastan con lo demostrado por Mejía (2017) en su estudio de la respuesta de tres variedades de frutilla en un sistema semi hidropónico, donde su primera floración se presentó en la variedad Albión, en comparación a la variedad Monterrey y San Andrés.

Estos resultados en número de días a la floración, donde la variedad Monterrey en algunos casos presenta mejores resultados que la variedad Albión; y en otros casos la variedad Albión desarrolla la floración en menor número de días que la variedad Monterrey; sugieren que el número de días a la floración no está relacionado con la variedad ni con el sistema de cultivo, y se puede suponer que otros factores están influyendo en acelerar o retrasar la floración, como por ejemplo factores climáticos y/o nutricionales.

5.1.4 Número de frutos promedio por planta

En la variable número de frutos por planta se observa, que existe normalidad, es decir se acepta la hipótesis nula con un el p-valor= 0,41. Así como también existe homogeneidad en el factor sistemas y variedad donde se acepta la hipótesis con un valor p-valor= 0,70 y para el factor variedad con p-valor= 0,83.

En la Tabla 14, se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable número de frutos, los cuales indica que, hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 4,94%. El promedio fue 3,59 frutos/planta.

Tabla 14

Análisis de varianza del número de frutos por planta de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (Fragaria ananassa) en el sistema tradicional y aeropónico.

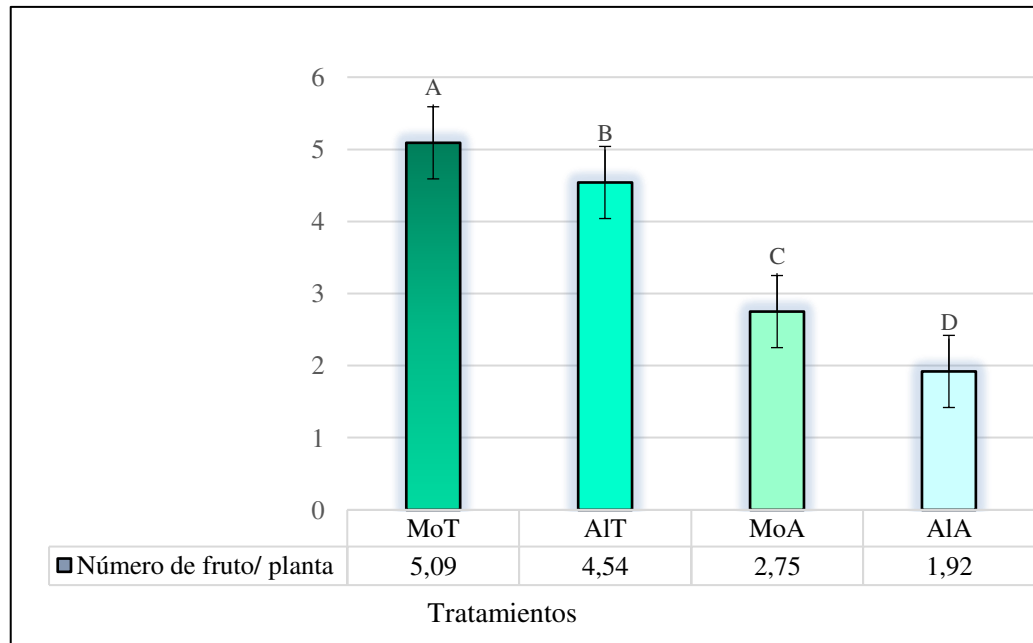
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F cal.	F tab.		Significancia
					p-valor (0,05)	p-valor (0,01)	
Tratamiento	19,94	3	6,65	213,09	4,76	9,78	**
Repeticiones	0,36	2	0,18	5,80	5,14	10,92	
Error	0,19	6	0,03				
Total	20,49	11					
CV (%)	4,94						
Promedio (frutos)	3,59						

Nota: F.V: Fuentes de variación, SC: Suma de cuadrados, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, *: Diferencia significativa, **: Diferencia altamente significativa, ns: No existe diferencia significativa.

En la Figura 10, la prueba Tukey detectó 4 rangos. En el rango A se ubica el tratamiento MoT, con 5,09 frutos por planta. En el rango D, se ubica el tratamiento AIA, con 1,96 frutos por planta.

Figura 10

*Prueba Tukey al 5% para el número promedio de frutos de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (*Fragaria ananassa*) en el sistema tradicional y aeropónico*



Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), ALT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AIA (Albi3n sistema aerop3nico).

Se observ3 que, en el sistema tradicional la variedad Monterrey present3 el mayor n3mero de frutos que la variedad Albi3n; la misma tendencia, se observ3 en el sistema aerop3nico, es decir que la variedad Monterrey tuvo mayor n3mero de frutos que la variedad Albi3n. Estos resultados se asemejan a lo obtenido por Guzm3n (2021), quien en su estudio observ3 que la variedad Monterrey logr3 mayor n3mero de frutos por planta que la variedad Albi3n en un sistema tradicional. Sin embargo, estos resultados se contrastan con lo demostrado por Mej3a (2017) en su estudio de la respuesta de tres variedades de frutilla en un sistema semi hidrop3nico, donde el mayor n3mero de frutos por planta se present3 en la variedad Albi3n, en comparaci3n a la variedad Monterrey y San Andr3s.

De igual manera que las variables anteriores, se puede evidenciar que el número de frutos por planta puede haber sido influido por otros factores distintos a la variedad y el sistema del cultivo. Tarquino (2018), explica que la floración está estrechamente relacionada con la fructificación y está a su vez depende en gran parte de la luminosidad abundante. Cabe recordar que no son recomendables las temperaturas bajas (8°C), porque pueden dañar las flores y estas serán abortadas y en temperaturas mayores de 28° C causa estrés a las plantas atrofiando algunos de sus órganos, dejando a la planta incapacitada para producir.

5.1.5 Rendimiento promedio por planta

En la variable rendimiento por planta se observa, que existe normalidad, es decir se acepta la hipótesis nula con un el p-valor= 0,97. Así como también existe homogeneidad en el factor sistemas y variedad donde se acepta la hipótesis con un valor p-valor= 0,28 y para el factor variedad con p-valor= 0,91.

Tabla 15

Análisis de varianza del rendimiento promedio de planta para la evaluación de dos variedades de frutilla (Fragaria ananassa) en el sistema tradicional y aeropónico.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F cal.	F tab.		Significancia
					p-valor (0,05)	p-valor (0,01)	
Tratamiento	291991	3	97330	250.29	4,76	9,78	**
Repeticiones	627	2	314	0,81	5,14	10,92	
Error	2333	6	389				
Total	294952	11					
CV (%)	8,12						
Promedio (gramos/planta)	242,91						

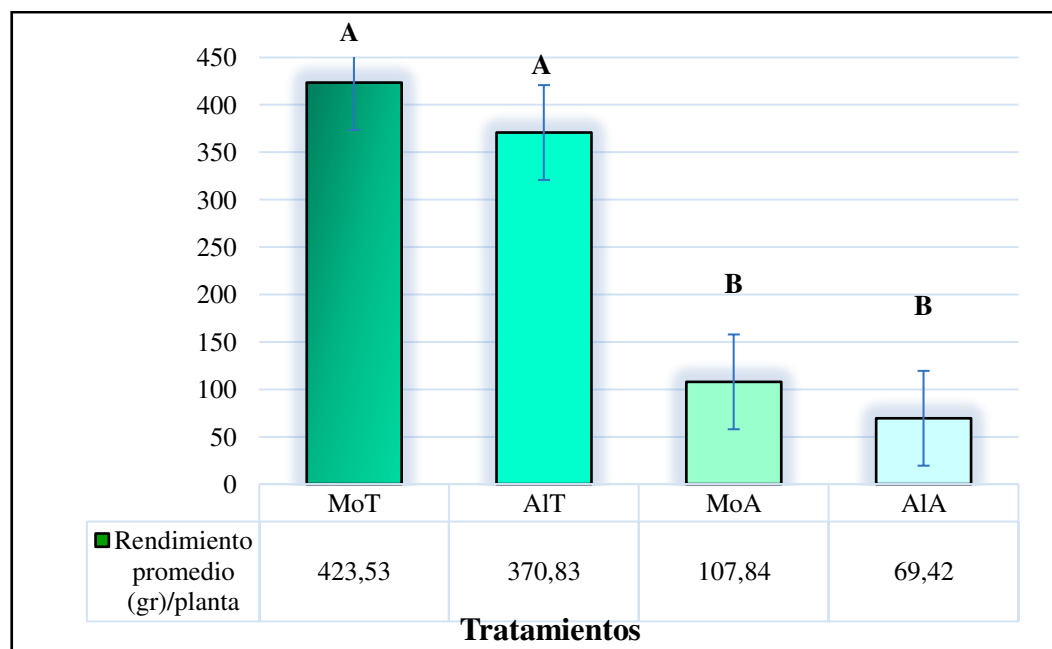
Nota: F.V: Fuentes de variación, SC: Suma de cuadrados, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, **: Diferencia altamente significativa.

En la Tabla 15, se presentan los resultados del análisis de varianza para el rendimiento promedio de los tratamientos en estudio, los cuales indican que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 8,12 %. El promedio del rendimiento por planta fue de 242,91 gramos por planta.

En la Figura 11, la prueba Tukey detectó dos rangos en el rango A, se ubica el tratamiento MoT con 423,53 gramos por planta. En el rango B, se ubicó el tratamiento AIA, con 69,42 gramos por planta.

Figura 11

Prueba Tukey al 5% para rendimiento de promedio de frutos por planta de los tratamientos en estudio para la evaluación de dos variedades de frutilla (Fragaria ananassa) en el sistema tradicional y aeropónico.



Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), AIT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AIA (Albi3n sistema aerop3nico).

Según Mejía (2017), en el cultivo de tres variedades de frutilla en un sistema semi hidropónico, la variedad Monterrey obtuvo un promedio en rendimiento de en la variedad Albión, dichos valores se lograron obtener por ciclo de producción es decir de 18 meses.

Mientras que en la investigación de Mixquititla et al. (2020), sobre el rendimiento de frutilla en hidroponía bajo cubierta plástica, obtuvo un rendimiento con la variedad Monterrey.

Estos resultados de rendimiento en las variedades Albión y Monterrey en diferentes sistemas del cultivo (tradicional, semi hidropónico, aeropónico), demuestran que el sistema el manejo del cultivo junto con las condiciones climáticas son los principales factores que pueden influir en el rendimiento de la frutilla.

5. 2 Determinación de la viabilidad del sistema aeropónico para la producción de frutilla, mediante el análisis de costo beneficio

Para el análisis de la relación beneficio /costo se analizaron los costos de producción como se detalla en la Tabla 16.

Tabla 16

Costos de producción de los tratamientos en estudio del cultivo de frutilla (Fragaria annanasa.)

Descripción	Costos (USD/ha)			
	MoT	AIT	MoA	AIA
Mano de obra/ jornales				
Instalación del riego	250	250		
Colocación del plástico	225	225	120	120
Fertilización	700	700	60	60
Fumigación	180	180	7.5	7.5
Poda	160	160	120	120
Cosecha	150	150	90	90
Arada	25	25		
Rastrada	50	50		
Sistema de riego				
Bomba de agua 2 HP			390	390

Descripción	Costos (USD/ha)	Descripción	Costos (USD/ha)	Descripción
Bomba sumergible de agua 2 HP			670	670
Tanques de agua 200 litros	46,75	46,75	93,75	93,75
Tanque de capacidad de 1100 litros			223,22	223,22
Tubos			267,87	267,87
Filtros	150	150	192	192
Cinta de goteo	250	250		
Venturi	85,45	85,45		
Cobertura				
Plástico negro 500	700	700		
Variedades de las plántulas				
Variedad Monterrey		5850		7741,89
Variedad Albi3n	5850		7741,89	
Descripción	Costos (USD/ha)	Descripción	Costos (USD/ha)	Descripción
Desinfección del suelo				
Cal	4,75	4,75		
Vitavax	18	18	18	18
Fertilización				
Abono de oveja	320	320		
Enraizador	18,6	18,6		
NPK más microelementos			170	170
Nitrofoska	750	750	705,5	705,5
Ácidos húmicos	60	60	45	45
Total	9993,55	9993,55	10914,73	10914,73

Nota: MoT (Monterrey sistema tradicional), AIT (Albi3n sistema tradicional), MoA (Monterrey sistema aerop3nico), AIA (Albi3n sistema aerop3nico).

El menor costo de producci3n por hect3rea (Tabla 16), se obtuvo en los tratamientos que se desarrollaron en el sistema tradicional, con un costo de 9993,55 USD/ha. El mayor costo de producci3n por hect3rea se gener3 en el sistema aerop3nico, con un valor de 10914,73 USD/ha. Esto debido a los mayores costos del sistema de riego que se implementa en el sistema aerop3nico, lo cual se considera como una inversi3n que a largo plazo se puede recuperar.

La Tabla 17, hace referencia al análisis beneficio/ costo alcanzados en el cultivo de frutilla en ambos sistemas evaluados.

Tabla 17

Análisis benéfico/costo de los tratamientos en estudio del cultivo de frutilla (Fragaria annanasa.)

Conceptos	Tratamientos			
	MoT	AIT	MoA	AIA
Rendimiento (ha)	19059,15	16687,35	6422,59	4134,17
Precio USD /kg	1,15	1,15	1,15	1,15
Ingresos Brutos USD/ Kg	21918,02	19190,45	7385,98	4754,29
(-) Total costos USD	9993,55	9993,55	10914,73	10914,73
Ingreso Neto	11924,47	9196,90	-3528,75	-6160,44
Beneficio / Costo	1,19	0,92	-0,32	-0,56

Para el cálculo de los ingresos brutos de cada tratamiento, se consideró el precio del kilogramo de frutilla equivalente 1,15 USD/kg. Con lo cual los ingresos netos alcanzados en el sistema tradicional fueron mayores en la variedad Monterrey frente a la variedad Albión. En el sistema aeropónico debido al bajo rendimiento alcanzado por el cultivo, los ingresos fueron negativos.

El sistema tradicional, se tendría un beneficio/costo entre 0.92 y 1.19 con la variedad Albión y Monterrey, respectivamente. Esto significa que, en el caso de la variedad Monterrey, por cada dólar invertido, se recupera la inversión y existe 0,19 USD de ganancia para el productor.

Mientras que, en el sistema aeropónico, en los primeros tres meses (período en el que se consideró el rendimiento), no se observa retorno de la inversión, ya que el análisis beneficio costo fue de -0.32 y -0.56 con las variedades analizadas.

Para conocer el tiempo en el que se podría recuperar la inversión del sistema aeropónico, se realizó una estimación del rendimiento del cultivo de frutilla a los 3, 6, 9, 12 y 15 meses, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 18

Estimación del rendimiento del cultivo de frutilla en el sistema aeropónico los 3, 6, 9, 12 y 15 meses

Variedades	Rendimiento (g/planta)				
	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses	15 meses
Monterrey	107.85	215.69	323.54	431.39	539.23
Albi3n	69.42	138.84	208.26	277.68	347.10

Variedades	Rendimiento (kg/ha)				
	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses	15 meses
Monterrey	107,85	12845,19	19267,78	25690,37	32112,96
Albi3n	69,42	138,84	12402,51	16536,68	20670,85

La Tabla 19 detalla el análisis beneficio/costo, para el sistema aeropónico a los 9 meses de producción de la variedad Monterrey y los 15 meses con la variedad Albi3n.

Tabla 19

Análisis beneficio/costo del cultivo de frutilla en el sistema aeropónico a los 9 y 15 meses

Conceptos	Tratamientos	
	MoA 9 meses	AIA 15 meses
Rendimiento (ha)	19267,78	20670,85
Precio USD /kg	1,15	1,15
Ingresos Brutos USD/ Kg	22157,94	23771,47
(-) Total costos USD	10914,73	10914,73
Ingreso Neto	11243,21	12856,74
Beneficio / Costo	1,03	1,18

En el caso de la variedad Monterrey, que tiene mayor rendimiento (107,85 g/planta) que la variedad Albión, la inversión se recuperaría en menor tiempo (9 meses), tiempo en el que se lograría tener una relación beneficio/costo de 1,03. En el caso de la variedad Albión, considerando un rendimiento de 69,42 g/planta, la inversión se recuperaría en 15 meses de producción, con una relación beneficio/costo de 1,18

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- La evaluación de la adaptabilidad del cultivo de frutilla demostró que las variedades Albión y Monterrey se adaptaron al sistema aeropónico, sin embargo, presentaron diferencias en cuanto a mortalidad, altura, días a la floración, número de frutos por planta, rendimiento por planta y relación beneficio/costo. Estas diferencias pudieron deberse a varios factores a lo largo del ensayo, variación de temperatura, pH, humedad relativa nutricionales.
- El efecto del sistema aeropónico en la producción de frutilla mediante el análisis agronómico del cultivo demostró que las plantas pasaron por un proceso de adaptación que repercutió en las variables estudiadas, lo cual generó un menor rendimiento por planta y por hectárea.
- En cuanto al beneficio/costo que reveló este ensayo se puede mencionar que el sistema aeropónico muestra una elevada inversión para la implementación, sin embargo, permite mantener un margen de rentabilidad a largo plazo (9-12 meses), ya que facilita cultivar un mayor número de plántulas por modulo que, en el sistema tradicional.
- Si bien las variedades de frutilla, implementadas en el sistema aeropónico no desarrollaron características similares o mejores en comparación con el sistema tradicional, se puede concluir que el cultivo de frutilla se adaptó al sistema aeropónico presentando características inferiores a las del sistema tradicional; no obstante, se observó que el cultivo cumplió con su ciclo de desarrollo presentándose hasta su estado de fructificación.
- Finalmente, la evaluación de la adaptabilidad de dos variedades de frutilla al sistema aeropónico, permitió concluir que el sistema ofrece una mayor relación benéfico/costo al aprovechar el espacio para la ubicación de las plantas, con lo que se compensa el alto costo inversión. Además, que se evidencia un ahorro de agua, energía e insumos agrícolas.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- La metodología aplicada para este estudio puede ser usada para futuras investigaciones como, por ejemplo, la prueba de otros cultivos de ciclo corto que también se vean expuestos a altas cantidades de insumos (plaguicidas, fertilizantes).
- Desarrollar futuras investigaciones enfocadas a la determinación de la solución nutritiva óptima para el cultivo de frutilla en el sistema aeropónico, para lograr una producción adecuada.
- Priorizar factores como temperatura, humedad relativa, pH, para el buen desarrollo del cultivo en el sistema aeropónico, lo cual contribuirá para el desarrollo de las plantas.
- Previo al establecimiento de un nuevo ensayo de aeroponía, debe realizarse análisis de calidad de agua para asegurar el pH al que estarán expuestas las raíces del cultivo.
- Se pueden desarrollar futuras investigaciones relacionadas a los intervalos de aplicación de agua de riego con nutrientes en el sistema aeropónico para el cultivo de frutilla, tomando en cuenta las condiciones climáticas.
- Evaluar posibilidades de uso del agua de riego que se desecha luego del lavado de tanques del sistema aeropónico.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adlercreutz, E. (2011). Evaluación de variedades de frutilla de día neutro en el cinturón hortícola de mar de la planta. *INTA*, 7-8.
- Andrade, J. (2015). Manual para la Producción de Semilla de Papa usando Aeroponía. *Centro Internacional de la papa CIP*, 31-36.
- Ávila, P. (2015). Manual de fresa. Programa de apoyo Agrícola y Agroindustrial. *Cámara de Comercio de Bogotá*, 22-26.
- Cando, A. (2016). *Beneficio-costo y productividad del cultivo de la frutilla en la parroquia Cacha, cantón Riobamba, durante el periodo 2012-2014* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <https://tinyurl.com/htetab3m>
- Cayambe, J., Díaz, C., Torres, B. y Heredia, M. (2021). Sistemas de apoyo a la decisión del Geoparque Imbabura: Andes Ecuatorianos. *International Conference on Information Technology & Systems*, 311-318.
- Cayambe, J. (2010). *Evaluación de soluciones nutritivas dinámicas para la producción de tubérculo-semilla categoría prebásica en dos variedades de papa bajo el sistema aeropónico. Cutuglagua, Pichincha* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <https://tinyurl.com/y9j5pmhp>
- Chiqui, 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* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <https://tinyurl.com/27v9ftm>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 1988. *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica*. CIMMYT.
- Currillo, S. (2015). *Análisis de residuos de plaguicidas químicos en alimentos de consumo humano con la metodología de laboratorio ELISA*. [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. <https://tinyurl.com/mpm9err9>
- Guzmán, A. (2021). *Evaluación de un sistema semi hidropónico utilizando dos tipos de sustrato frente a un sistema convencional en el cultivo de frutilla Fragaria x ananassa (var. Albión) bajo condiciones de invernadero* [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. <https://tinyurl.com/4bwm9cb3>

- Huacon, R. (2020). *Desarrollo morfológico y rendimiento de tres variedades de fresa mediante un sistema hidropónico NFT, cantón Guayaquil, Guayas* [Tesis pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://tinyurl.com/mwf5634p>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC, (2014). *Uso y Manejo de Agroquímicos en la Agricultura 2014*. INEC. <https://tinyurl.com/2p8sabh7>
- Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán (ITSC). (2018). *Manual de producción de fresa en Coalcomán Michoacán*. ITSC, 8-14.
- Lema, M. (2010). *Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (Fragaria sp)* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca]. <https://tinyurl.com/27v9fttm>
- Manríquez, N., y Tamayo, R. (2021). *Evaluación de soluciones nutritivas para sistemas aeropónicos en cultivos de lechuga (Lactuca sativa L.) y acelga (Beta vulgaris var. Cicla) para agricultura urbana* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://tinyurl.com/yemchmjp>
- Mejía, D. (2017). *“Respuesta de tres variedades de fresa (Fragaria vesca), sometidas a tres sustratos, mediante sistema semi-hidropónico en canales de polietileno en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura – Ecuador.”* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://tinyurl.com/3uyc8zku>
- Miserendino, E. (2012). *Frutillas implantación del cultivo en Patagonia*. Rio Negro, Argentina: Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. INTA, 4-6.
- Otaquí V. (2009). *Manual de producción de semilla de papa de calidad, usando aeroponía CIP*. Centro Internacional de la Papa, 18-25.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2011). *Perspectivas para el medio ambiente Agricultura y medio ambiente*. FAO, 34-38.
- Parra, E. (2018). *Producción y comercialización de frutilla (Fragaria sp) en la parroquia Yaruquí, cantón Quito, provincia de Pichincha*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte Ibarra]. <https://tinyurl.com/aexkkhau>
- Perdomo, O. (2019). *Cultivo de Fresa o Frutilla*. Agrotendencia. <https://tinyurl.com/55tm5ked>
- 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)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://tinyurl.com/yckv7r6u>
- Pilataxi, D., y Manzano, J. (2019). *“Estudio de factibilidad para la creación de una empresa industrial productora de licor de frutilla en la ciudad de Riobamba.”* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <https://tinyurl.com/y92arfmj>

- Quishpe, J. (2012). *Evaluación de la respuesta de frutilla (Fragaria dioica.) Al sistema de cultivo semi hidropónico*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5066/6/UPS-YT00157.pdf>
- Rea, L. (2012). *Análisis del rendimiento de la fresa (Fragaria chiloensis L. Duch) sometida a diferentes tipos de sustratos dentro de un cultivo semi-hidropónico en la parroquia Salinas provincia de Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://tinyurl.com/2h4ejmwy>
- Rendón, Y. (2013). *Sistemas aeropónicos en agricultura protegida*. [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Química Aplicada]. <https://tinyurl.com/4dz37hhd>
- Rivadeneira, D. (2016). *Evaluación de tres dosis de zeolita para optimizar el rendimiento del cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa), en el cantón Tulcán provincia del Carchi*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. <https://tinyurl.com/mr36p6by>
- Rodríguez, M., Garay Molina, O., & Juárez Pedraza, D. (2017). *Sistema Inteligente para controlar sistemas de riego en México*. [Tesis de pregrado, Universidad de Manizales] <https://tinyurl.com/yk4kcwd6>
- Tarquino, R. (2018). *Evaluación agronómica de la producción vertical del cultivo hidropónico de frutilla (Fragaria sp.) con dos densidades en carpa solar en el centro experimental de Cota-Cota*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés Bolivia]. <https://tinyurl.com/2p9cjcdf>
- Verdugo, W. (2011). *Introducción de dos variedades de fresa (Fragaria vesca) y técnica de fertirrigación empleando cuatro biofertilizantes líquidos en pablo sexto - Morona Santiago*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://tinyurl.com/3asmwazr>
- Yaselga, R. (2015). *Rendimiento de tres variedades de fresa (Fragaria vesca L) bajo dos tipos de cobertura de suelos en sistemas de microtúneles*. [Tesis de pregrado, Universidad de Babahoyo]. <https://tinyurl.com/4achhuh5>
- Zaragoza, R. (2013). *Evaluación de técnicas hidropónicas en el cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) bajo invernadero*. [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Química aplicada Saltillo]. <https://tinyurl.com/yckhmx5w>

ANEXOS

Anexo 1 Preparación de sistema tradicional



Anexo 2 Siembra y desinfección de plántulas sistema tradicional



Anexo 3 Fertilización y manejo del sistema tradicional



Anexo 4 Podas del sistema tradicional



Anexo 5 Cerramiento del sistema



Anexo 6 Toma de datos



Anexo 7 Limpieza de camas en el sistema tradicional



Anexo 8 Cosecha y peso de frutos



Anexo 9 Sistema tradicional



Anexo 10 Sistema aeropónico



Anexo 11 Limpieza de tanques de reserva



Anexo 12 Preparación de plántulas



Anexo 13 Limpieza de filtros y módulos



Anexo 14 Siembra de plántulas



Anexo 15 Monitoreo del sistema



Anexo 16 Toma de datos



Anexo 17 Aplicación de nutrientes



Anexo 18 Producción de frutilla



Anexo 19 Limpieza de sistema



Anexo 20 Análisis de grados brix



Anexo 21 Toma de datos de pH y conductividad



Anexo 22 Base de datos del sistema tradicional

NUMERO DE CAMA	FECHA	VARIEDAD	NUMERO PLANTA	ALTURA DE PLANTA	DIAS DE FLORACION	# DE FLOR	PESO DE FRUTO (g)	ORTALIDA	NUMERO DE HOJAS
1	20/01/2021	MONTEPI	1	20	64	3	23	0	19
1	20/01/2021	MONTEPI	2	20	64	3	25	0	20
1	20/01/2021	MONTEPI	3	21	64	3	25	0	19
1	20/01/2021	MONTEPI	4	19	64	4	23	0	19
1	20/01/2021	MONTEPI	5	20	0	3	25	0	19
1	20/01/2021	MONTEPI	6	20	0	3	23	0	19
1	20/01/2021	MONTEPI	7	0	0	0	0	0	0
1	20/01/2021	MONTEPI	8	21	64	3	19	0	19
1	20/01/2021	MONTEPI	9	20	0	1	23	0	19
1	20/01/2021	MONTEPI	10	21	64	3	24	0	19
1	20/01/2021	MONTEPI	11	20	64	1	25	0	19
1	20/01/2021	MONTEPI	12	20	64	3	23	0	17
				16.00			275		17.00
NUMERO DE CAMA	FECHA	VARIEDAD	NUMERO PLANTA	ALTURA DE PLANTA	DIAS DE FLORACION	# DE FLOR	PESO DE FRUTO (g)	ORTALIDA	NUMERO DE HOJAS
2	20/01/2021	MONTEPI	1	19	64	2	19	0	17
2	20/01/2021	MONTEPI	2	20	64	2	23	0	17
2	20/01/2021	MONTEPI	3	19	64	3	19	0	16
2	20/01/2021	MONTEPI	4	19		3	19	0	19
2	20/01/2021	MONTEPI	5	20		0	23	0	19
2	20/01/2021	MONTEPI	6	19	64	4	25	0	17
2	20/01/2021	MONTEPI	7	20	64	2	19	0	17
2	20/01/2021	MONTEPI	8	20	64	1	19	0	19
2	20/01/2021	MONTEPI	9	19		5	23	0	19
2	20/01/2021	MONTEPI	10	20	64	0	25	0	19
2	20/01/2021	MONTEPI	11	20	64	5	23	0	19
2	20/01/2021	MONTEPI	12	19	64	2	24	0	19
NUMERO DE CAMA	FECHA	VARIEDAD	NUMERO PLANTA	ALTURA DE PLANTA	DIAS DE FLORACION	# DE FLOR	PESO DE FRUTO (g)	ORTALIDA	NUMERO DE HOJAS
1	20/01/2021	ALBION	1	18	0	4	23	0	17
1	20/01/2021	ALBION	2	17	72	3	20	0	19
1	20/01/2021	ALBION	3	19	0	0	20	0	19
1	20/01/2021	ALBION	4	19	72	3	18	0	19
1	20/01/2021	ALBION	5	19	72	4	25	0	19
1	20/01/2021	ALBION	6	19	0	0	20	0	16
1	20/01/2021	ALBION	7	19	72	3	24	0	17
1	20/01/2021	ALBION	8	17	0	0	25	0	17
1	20/01/2021	ALBION	9	19	72	5	20	0	17
1	20/01/2021	ALBION	10	17	72	5	25	0	19
1	20/01/2021	ALBION	11	19	72	6	26	0	17
1	20/01/2021	ALBION	12	18	72	3	26	0	19
				17.32			303		17.39
NUMERO DE CAMA	FECHA	VARIEDAD	NUMERO PLANTA	ALTURA DE PLANTA	DIAS DE FLORACION	# DE FLOR	PESO DE FRUTO (g)	ORTALIDA	NUMERO DE HOJAS
2	20/01/2021	ALBION	1	19	0	5	24	0	17
2	20/01/2021	ALBION	2	17	72	4	23	0	17
2	20/01/2021	ALBION	3	19	72	3	20	0	16
2	20/01/2021	ALBION	4	19	0	0	25	0	16
2	20/01/2021	ALBION	5	19	0	0	23	0	17
2	20/01/2021	ALBION	6	19	72	3	25	0	16
2	20/01/2021	ALBION	7	19	72	3	28	0	16
2	20/01/2021	ALBION	8	18	0	0	25	0	17
2	20/01/2021	ALBION	9	18	72	3	25	0	19
2	20/01/2021	ALBION	10	19	72	5	25	0	16
2	20/01/2021	ALBION	11	19	72	3	26	0	17
2	20/01/2021	ALBION	12	19	0	0	26	0	16

Anexo 23 Base de datos del sistema aeropónico

NÚMERO DE CAMA	FECHA	VARIEDAD	NÚMERO PLANTA	ALTURA DE PLANTA	DÍAS DE FLOREACIÓN	Nº DE FLORES	PESO DE FRUTO (g)	ORTA LIDA	NÚMERO DE HOJAS
1	20/10/2021	MONTEPI	1	23	64	3	33	0	19
1	20/10/2021	MONTEPI	2	23	64	3	26	0	20
1	20/10/2021	MONTEPI	3	21	64	3	26	0	19
1	20/10/2021	MONTEPI	4	19	64	4	30	0	19
1	20/10/2021	MONTEPI	5	23	0	3	25	0	19
1	20/10/2021	MONTEPI	6	23	0	3	30	0	19
1	20/10/2021	MONTEPI	7	1	0	0	0	1	9
1	20/10/2021	MONTEPI	8	21	64	3	18	0	19
1	20/10/2021	MONTEPI	9	23	0	1	20	0	19
1	20/10/2021	MONTEPI	10	21	64	3	24	0	19
1	20/10/2021	MONTEPI	11	23	64	1	25	0	19
1	20/10/2021	MONTEPI	12	23	64	3	20	0	17
				16.1			276		17.33
NÚMERO DE CAMA	FECHA	VARIEDAD	NÚMERO PLANTA	ALTURA DE PLANTA	DÍAS DE FLOREACIÓN	Nº DE FLORES	PESO DE FRUTO (g)	ORTA LIDA	NÚMERO DE HOJAS
2	20/10/2021	MONTEPI	1	19	64	3	30	0	17
2	20/10/2021	MONTEPI	2	23	64	3	20	0	17
2	20/10/2021	MONTEPI	3	19	64	3	30	0	19
2	20/10/2021	MONTEPI	4	19		2	20	0	19
2	20/10/2021	MONTEPI	5	23		0	23	0	19
2	20/10/2021	MONTEPI	6	19	64	4	25	0	17
2	20/10/2021	MONTEPI	7	23	64	2	30	0	17
2	20/10/2021	MONTEPI	8	23	64	1	30	0	19
2	20/10/2021	MONTEPI	9	19		5	33	0	19
2	20/10/2021	MONTEPI	10	23	64	0	25	0	19
2	20/10/2021	MONTEPI	11	23	64	5	22	0	19
2	20/10/2021	MONTEPI	12	19	64	2	34	0	19
NÚMERO DE CAMA	FECHA	VARIEDAD	NÚMERO PLANTA	ALTURA DE PLANTA	DÍAS DE FLOREACIÓN	Nº DE FLORES	PESO DE FRUTO (g)	ORTA LIDA	NÚMERO DE HOJAS
1	20/10/2021	ALEICH	1	19	0	4	22	0	17
1	20/10/2021	ALEICH	2	17	72	3	30	0	19
1	20/10/2021	ALEICH	3	19	0	0	30	0	19
1	20/10/2021	ALEICH	4	19	72	5	18	0	19
1	20/10/2021	ALEICH	5	19	72	4	28	0	19
1	20/10/2021	ALEICH	6	19	0	0	30	0	19
1	20/10/2021	ALEICH	7	19	72	3	25	0	17
1	20/10/2021	ALEICH	8	17	0	0	25	0	17
1	20/10/2021	ALEICH	9	19	72	5	20	0	17
1	20/10/2021	ALEICH	10	17	72	5	25	0	19
1	20/10/2021	ALEICH	11	19	72	6	26	0	17
1	20/10/2021	ALEICH	12	19	72	5	28	0	19
				17.62			308		17.33
NÚMERO DE CAMA	FECHA	VARIEDAD	NÚMERO PLANTA	ALTURA DE PLANTA	DÍAS DE FLOREACIÓN	Nº DE FLORES	PESO DE FRUTO (g)	ORTA LIDA	NÚMERO DE HOJAS
2	20/10/2021	ALEICH	1	19	0	5	25	0	17
2	20/10/2021	ALEICH	2	17	72	4	23	0	17
2	20/10/2021	ALEICH	3	19	72	5	20	0	19
2	20/10/2021	ALEICH	4	19	0	0	25	0	19
2	20/10/2021	ALEICH	5	19	0	0	23	0	17
2	20/10/2021	ALEICH	6	19	72	5	25	0	19
2	20/10/2021	ALEICH	7	19	72	5	28	0	19
2	20/10/2021	ALEICH	8	19	0	0	25	0	17
2	20/10/2021	ALEICH	9	19	72	2	25	0	19
2	20/10/2021	ALEICH	10	19	72	5	25	0	19
2	20/10/2021	ALEICH	11	19	72	3	26	0	17
2	20/10/2021	ALEICH	12	19	0	0	26	0	19