

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria vesca*) EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL CON MEZCLAS DE SUSTRATOS EN EL CANTÓN COTACACHI**

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario**

**AUTOR:**

Andrade Vaca Anderson Steven

**DIRECTOR:**

Ing. Juan Pablo Aragón Suárez, MSc.

**Ibarra, 2025**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

## COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria vesca*) EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL CON MEZCLAS DE SUSTRATOS EN EL CANTÓN COTACACHI

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

APROBADO:

Ing. Juan Pablo Aragón Suárez, MSc.

**DIRECTOR**



FIRMA

Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc.

**ACESOR**



FIRMA



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004973846		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Andrade Vaca Anderson Steven		
DIRECCIÓN:	Imbabura-Cotacachi-San Francisco		
EMAIL:	asandradev@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	N/A	TELÉFONO MÓVIL:	0997327110
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	Comportamiento agronómico de variedades de fresa ( <i>Fragaria vesca</i> ) en un sistema hidropónico vertical con mezclas de sustratos en el cantón Cotacachi		
AUTOR:	Andrade Vaca Anderson Steven		
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	15/04/2025		
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario		
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Juan Pablo Aragón Suárez MSc.		

#### 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de abril de 2025

**EL AUTOR:**

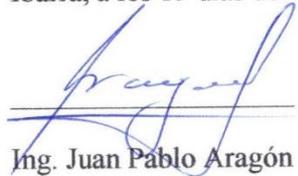
.....Anderson Andrade.....

Andrade Vaca Anderson Steven

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrade Vaca Anderson Steven, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 15 días del mes de abril de 2025

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Pablo Aragón Suárez', is written over a horizontal line.

Ing. Juan Pablo Aragón Suárez MSc.

DIRECTOR DE TESIS

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 15 días del mes de abril del 2025

**Andrade Vaca Anderson Steven:** “Comportamiento agronómico de variedades de fresa (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico vertical con mezclas de sustratos en el cantón Cotacachi”/Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

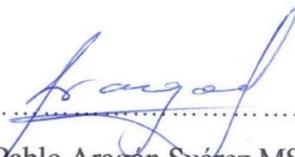
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 15 días del mes de abril del 2025 70 páginas.

**DIRECTOR:** Ing. Juan Pablo Aragón Suárez MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento agronómico de variedades de fresa (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico vertical con mezclas de sustratos en el cantón Cotacachi.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar el efecto de variedades y sustratos sobre las características morfológicas de la fresa.
- Determinar la incidencia y severidad de plagas y enfermedades de las variedades de fresa en los distintos sustratos.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

  
.....  
Ing. Juan Pablo Aragón Suárez MSc.  
**Director del Trabajo de Grado**

  
.....  
Anderson Steven Andrade Vaca

**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a todas las personas que me brindaron su apoyo durante todo el proceso de formación universitaria. Especialmente a mi familia por su constante apoyo y motivación para alcanzar mis objetivos académicos, por sus palabras de aliento para superar las adversidades que surgieron a lo largo de mi desarrollo académico.*

*Agradezco al ingeniero Juan Pablo Aragón, director de tesis, y al ingeniero Marcelo Albuja, asesor de tesis, por compartir su tiempo y sus conocimientos durante la investigación.*

*También agradezco a los profesores de la carrera de ingeniería agropecuaria por las enseñanzas académicas brindadas y a mis amigos por el apoyo durante mi proceso académico.*

## **DEDICATORIA**

*Esta investigación se la dedicó a mi familia por todo el apoyo, palabras de aliento y comprensión brindada en mi proceso personal y académico.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Problema de investigación .....	2
1.3 Justificación .....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
1.5 Hipótesis o preguntas directrices .....	5
1.5.1 Hipótesis nula.....	5
1.5.2 Hipótesis alternativa.....	5
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Fresa.....	6
2.2 Importancia de la fresa.....	6
2.3 Taxonomía .....	7
2.4 Contenido nutricional de la fresa en 100 gramos.....	7
2.5 Condiciones agroclimáticas para el cultivo de fresa.....	7
2.6 Morfología .....	7
2.6.1 El sistema radicular.....	8
2.6.2 Tallo .....	8
2.6.3 Hojas .....	8
2.6.4 Flor y fruto .....	8
2.7 Fenología de la fresa .....	8
2.7.1 Etapa vegetativa.....	8
2.7.2 Etapa reproductiva .....	8
2.7.3 Etapa productiva .....	9
2.8 Variedades de fresa.....	9
2.8.1 Monterrey.....	9
2.8.2 Albión .....	9

2.8.3 San Andreas .....	9
2.9 Sistema de cultivo hidropónico.....	9
2.10 Ventajas del sistema hidropónico .....	10
2.11 Solución nutritiva para el sistema hidropónico.....	10
2.12 Sustratos.....	10
2.12.1 Cascarilla de arroz.....	11
2.12.2 Fibra de coco.....	11
2.12.3 Pomina .....	11
2.13 Incidencia de plagas y enfermedades en la fresa .....	11
2.14 Principales plagas y enfermedades de la fresa.....	12
2.14.1 Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ).....	12
2.14.2 Pulgón de frutilla ( <i>Chaetosiphon fragaefolii</i> ).....	12
2.14.3 Araña roja ( <i>Tetranychus urticae Koch</i> ) .....	12
2.14.4 Botrytis ( <i>Botrytis cinerea</i> ) .....	12
2.14.5 Oído ( <i>Sphaerotheca macularis</i> ).....	12
2.15 Podas del cultivo de fresa .....	12
2.15.1 Poda de flores.....	13
2.15.2 Poda de estolones.....	13
2.15.3 Poda de hojas .....	13
2.15 Riego.....	13
2.16 Cosecha.....	13
2.17 Rendimiento.....	14
2.18 Costos de producción.....	14
2.19 Marco legal .....	14
MARCO METODOLÓGICO.....	16
3.1. Descripción del área de estudio .....	16
3.2 Materiales.....	16
3.3 Métodos.....	17
3.3.1 Factores en estudio.....	17
3.3.2 Tratamientos .....	17
3.3.3 Diseño experimental .....	18
3.3.4 Características del experimento .....	19
3.3.5 Análisis estadístico.....	19

3.3.6 Variables a evaluarse .....	19
3.3.6.1 Porcentaje de prendimiento.....	20
3.3.6.2 Altura de la planta.....	20
3.3.6.3 Número de estolones.....	20
3.3.6.4 Días a la floración.....	20
3.3.6.5 Días a la maduración.....	20
3.3.6.6 Número de frutos .....	20
3.3.6.7 Calidad sanitaria del follaje y del fruto (incidencia y severidad). .....	20
3.3.6.8 Longitud del fruto.....	20
3.3.6.9 Diámetro del fruto.....	20
3.3.6.10 Peso del fruto.....	21
3.3.6.11 Rendimiento.....	21
3.3.6.12 Costo/beneficio.....	21
3.4 Manejo del experimento .....	21
3.4.1 Selección y limpieza del lote .....	21
3.4.2 Instalación del sistema hidropónico vertical.....	21
3.4.3 Preparación del sustrato .....	22
3.4.4 Desinfección y mezcla de los sustratos.....	22
3.4.5 Llenado de los sustratos en las mangas.....	22
3.4.6 Colocación de las mangas en la estructura hidropónica .....	22
3.4.7 Instalación del sistema de riego .....	23
3.4.8 Hollado.....	23
3.4.9 Siembra .....	23
3.4.10 Fertilización .....	23
3.4.10 Control fitosanitario y control de plagas y enfermedades .....	24
3.4.11 Control cultural y de riego .....	24
3.4.12 Cosecha.....	24
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Porcentaje de prendimiento.....	25
4.2 Altura (cm).....	26

4.3 Número de estolones.....	29
4.4 Días a la floración .....	30
4.5 Días a la maduración.....	31
4.6 Número de frutos .....	32
4.7 Calidad sanitaria del follaje y frutos (Incidencia y severidad) .....	34
4.8 Longitud del fruto .....	35
4.9 Diámetro del fruto.....	37
4.10 Peso del fruto .....	38
4.11 Rendimiento.....	39
4.12 Relación costo/beneficio .....	41
5.1 Conclusiones .....	42
5.2 Recomendaciones .....	43
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación geográfica del estudio .....	16
<b>Figura 2</b> Diseño experimental en parcelas divididas al azar utilizado en la investigación.....	18
<b>Figura 3</b> Mangas de polietileno utilizadas como unidad experimental .....	18
<b>Figura 4</b> Selección y limpieza del lugar de experimentación .....	21
<b>Figura 5</b> Instalación de la estructura hidropónica vertical .....	22
<b>Figura 6</b> Colocación de las mangas en la estructura hidropónica.....	22
<b>Figura 7</b> Siembra de plántulas en las mangas de polietileno .....	23
<b>Figura 8</b> Monitoreo de plagas y enfermedades .....	24
<b>Figura 9</b> Cosecha de los frutos.....	24
<b>Figura 10</b> Resultados de la variable porcentaje de prendimiento .....	26
<b>Figura 11</b> Resultados de la variable altura.....	28
<b>Figura 12</b> Resultados de la variable número de estolones .....	30
<b>Figura 13</b> Resultados de la variable días a la floración .....	31
<b>Figura 14</b> Resultados de la variable días a la maduración.....	32
<b>Figura 15</b> Resultados de la variable número de frutos.....	33
<b>Figura 16</b> Calidad sanitaria del follaje en el estudio.....	35
<b>Figura 17</b> Calidad sanitaria del fruto en el estudio .....	35
<b>Figura 18</b> Resultados de la variable longitud (cm) en los frutos .....	36
<b>Figura 19</b> Resultados de la variable diámetro (cm) en los frutos .....	37
<b>Figura 20</b> Resultados de la variable peso (g) en los frutos .....	39
<b>Figura 21</b> Resultados de la variable rendimiento.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Taxonomía de la fresa .....	7
<b>Tabla 2</b> Contenido nutricional de la fresa en 100 gramos de contenido .....	7
<b>Tabla 3</b> Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizados en el experimento .....	17
<b>Tabla 4</b> Tratamientos, descripción y código de la investigación .....	17
<b>Tabla 5</b> Características del experimento .....	19
<b>Tabla 6</b> Características y medidas de la unidad experimental .....	19
<b>Tabla 7</b> Esquema del ADEVA del experimento .....	19
<b>Tabla 8</b> Escala de incidencia y severidad.....	20
<b>Tabla 9</b> Mezcla de sustratos en kilogramos utilizados en la presente investigación .....	22
<b>Tabla 10</b> Fertilizantes utilizados en la presente investigación.....	23
<b>Tabla 11</b> ADEVA para la variable porcentaje de prendimiento .....	25
<b>Tabla 12</b> ADEVA para la variable altura.....	27
<b>Tabla 13</b> ADEVA para la variable número de estolones .....	29
<b>Tabla 14</b> ADEVA para la variable días a la floración .....	31
<b>Tabla 15</b> ADEVA para la variable días a la maduración.....	32
<b>Tabla 16</b> ADEVA para la variable número de frutos.....	33
<b>Tabla 17</b> ADEVA para la variable longitud de los frutos.....	35
<b>Tabla 18</b> ADEVA para la variable diámetro de los frutos.....	37
<b>Tabla 19</b> ADEVA para la variable peso de los frutos.....	38
<b>Tabla 20</b> ADEVA para la variable rendimiento.....	39
<b>Tabla 21</b> Costos y beneficios en 1000 metros cuadrados de los tratamientos en estudio.....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Implementación del lugar de ensayo.....	50
<b>Anexo 2</b> Limpieza del lugar de experimentación .....	50
<b>Anexo 3</b> Instalación para el sistema hidropónico .....	50
<b>Anexo 4</b> Instalación de los sensores.....	51
<b>Anexo 5</b> Medición del peso de los sustratos.....	51
<b>Anexo 6</b> Mezcla de los sustratos .....	51
<b>Anexo 7</b> Llenado de sustratos en las mangas .....	52
<b>Anexo 8</b> Colocación de las mangas en la estructura hidropónica .....	52
<b>Anexo 9</b> Realización de hoyos para la siembra .....	52
<b>Anexo 10</b> Siembra de las plántulas.....	53
<b>Anexo 11</b> Instalación del sistema de riego .....	53
<b>Anexo 12</b> Fertilización .....	53
<b>Anexo 13</b> Toma de datos .....	54

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria vesca*) EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL CON MEZCLAS DE SUSTRATOS EN EL CANTÓN COTACACHI**

Andrade Vaca Anderson Steven  
Universidad Técnica del Norte  
Correo: asandradev@utn.edu.ec

**RESUMEN**

El sistema hidropónico en la fresa optimiza espacio y ayuda a prevenir el ataque de plagas y enfermedades. Los objetivos fueron determinar la incidencia y severidad de plagas y enfermedades en el cultivo de fresa y comparar las características morfológicas de las variedades de fresa y sustratos en estudio, así como también, analizar los resultados económicos. Se utilizó 3 variedades de fresa y 3 combinaciones de sustratos en un diseño en parcelas divididas. Se evaluó la calidad sanitaria del follaje y frutos, porcentaje de prendimiento, altura, días a la floración, días a la maduración, peso del fruto, longitud del fruto, diámetro del fruto, número de estolones, rendimiento y el costo/beneficio. Los resultados indican que la calidad sanitaria del follaje y frutos todos los tratamientos no presentaron incidencia ni severidad de plagas y enfermedades. La variedad Monterrey se destaca en las variables días a la floración con 63.11 días, número de frutos con 197.67, en el rendimiento con 2736.33 g y costo/beneficio con 1.74. La variedad Albión en el porcentaje de prendimiento con 100%, altura con 17.84 cm, días a la maduración con 26.67 días, longitud del fruto con 3.82 cm, peso del fruto con 14.99 g y en número de estolones con 8.46 estolones y la variedad San Andreas en el diámetro con 2.87 cm. Cada variedad de fresa responde diferente a las combinaciones de sustratos, por lo que es importante ajustar la combinación de sustratos a cada variedad de fresa para que su desarrollo y rendimiento sea óptimo.

**Palabras claves:** Floración, incidencia, maduración, prendimiento, rendimiento, severidad

**AGRONOMIC BEHAVIOR OF STRAWBERRY VARIETIES (*Fragaria vesca*) IN A  
VERTICAL HYDROPONIC SYSTEM WITH SUBSTRATE MIXTURES IN THE  
COTACACHI CANTON**

Andrade Vaca Anderson Steven

Universidad Técnica del Norte

Mail: asandradev@utn.edu.ec

**ABSTRACT**

The hydroponic system in strawberry optimizes space and helps prevent the attack of pests and diseases. The objectives were to determine the incidence and severity of pests and diseases in strawberry crops and to compare the morphological characteristics of the strawberry varieties and substrates under study, as well as to analyze the economic results. Three strawberry varieties and three combinations of substrates were used in a split-plot design. The health quality of the foliage and fruits, percentage of take, height, days to flowering, days to ripening, fruit weight, fruit length, fruit diameter, number of stolons, yield and cost/benefit were evaluated. The results indicate that the health quality of the foliage and fruits in all treatments did not present an incidence or severity of pests and diseases. The Monterrey variety stands out in the variables days to flowering with 63.11 days, number of fruits with 197.67, in yield with 2736.33 g and cost/benefit with 1.74. The Albion variety in the percentage of take with 100%, height with 17.84 cm, days to ripening with 26.67 days, fruit length with 3.82 cm, fruit weight with 14.99 g and in number of stolons with 8.46 stolons and the San Andreas variety in the diameter with 2.87 cm. Each strawberry variety responds differently to substrate combinations, so it is important to adjust the substrate combination to each strawberry variety so that its development and performance is optimal.

**Keywords:** Flowering, incidence, maturation, attachment, yield, severity.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La fresa es uno de los cultivos agrícolas que se cultiva en el Ecuador, su producción se centra principalmente en las provincias de Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Azuay. Su demanda ha ido incrementándose tanto a nivel nacional como mundial (Manotoa, 2023).

En el país se produce alrededor de 16 270 kg de fresa por hectárea, la producción de la frutilla se centra en la región sierra. En la provincia de Pichincha se cultivan aproximadamente 400 hectáreas, en Tungurahua 240 hectáreas y en Imbabura, Chimborazo, Azuay y Cotopaxi se cultiva alrededor de 40 hectáreas respectivamente (Lema, 2025).

Según Mejía (2017) el cultivo de fresa se cultiva en el Ecuador en zonas con una temperatura promedio de 15 grados centígrados, entre las variedades que más se cultivan están la Monterrey, Albión, San Andreas entre otras. También, menciona que el sistema de siembra convencional tiene grandes problemas tanto en el medio ambiente como en la salud humana, por lo que, es necesario buscar otros sistemas de siembra que sean amigables con el medio ambiente y produzcan productos inocuos.

La hidroponía ha tenido un crecimiento notable a nivel mundial, según López (2018) un sistema de hidroponía puede instalarse en cualquier espacio disponible, en zonas urbanas, sub urbanas y huertos familiares mejorando la situación económica y nutrimental de las personas. Además, Birgi y Gargaglione (2021) mencionan que el uso de un sistema hidropónico en la producción de fresa tiene ventajas tanto económicas como técnicas, como por ejemplo la cosecha más sencilla y rápida y su producción en un menor espacio.

Ibadango (2017) en su investigación sobre la eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa obtuvo como resultado que el sistema hidropónico es mejor que el convencional, además, que la variedad Albión obtuvo mejor porcentaje de prendimiento, porcentaje de supervivencia, número de frutos, rendimiento y costo/beneficio en las variables evaluadas.

Flores (2018) utilizó diferentes combinaciones de sustratos de cascarilla de arroz, cascajo, kekkilla y fibra de coco con diferentes combinaciones de nutrientes, en donde las variables evaluadas fueron el volumen foliar, volumen radicular y el rendimiento. El tratamiento S2M1

(S1: N 264, P 175.2, K 528, Ca 384, Mg 144 PPM) (cascarilla 30% + cascajo 10% + fibra de coco 40% + kekkilla 20%) fue el que presentó mejores resultados en todas las variables.

Medina et al. (2016) en su investigación sobre el efecto de sustratos orgánicos en plantas de fresa Albión, en el cual se evaluaron variables evaluadas como el número de frutos/planta y producción g/planta. El mejor tratamiento fue el S1: suelo 50% + fibra de coco 50%. Además, Huacon (2020) evaluó el desarrollo morfológico y rendimiento de tres variedades de fresa (Albión, Monterrey y San Andreas) en un sistema hidropónico NFT en donde obtuvo como resultado que la variedad Albión presentó mejores resultados en porcentaje de sobrevivencia, diámetro y peso del fruto, altura de la planta, menor tiempo a la floración y rendimiento. En este estudio la relación beneficio/costo fue muy baja en las tres variedades de fresa.

El cultivo de fresa ha tenido grandes pérdidas en su producción. En investigaciones realizadas para determinar las causas de pérdidas en la producción de fresa han demostrado que las principales causas de pérdidas son el uso inadecuado y excesivo de fertilizantes y pesticidas, junto a la falta de tecnología para el manejo del cultivo. El empleo de las prácticas insostenibles genera un impacto negativo en el suelo y como resultado los productores agrícolas se ven obligados a utilizar mayor cantidad de fertilizantes y pesticidas (Galloza y Ponce, 2020).

En el mundo los fertilizantes y plaguicidas son muy utilizados en la agricultura para generar mayor rendimiento en los cultivos, pero el uso indiscriminado de estos productos a causado grandes problemas en el medio ambiente y en las personas. El Ecuador es dependiente del uso de insumos químicos, en los años 2019, 2020 y 2021 se importaron un promedio de 56.4% de productos químicos. Los fertilizantes más utilizados en el país son la urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio (Mantuano, 2024).

Según la Encuesta de superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2023) en Ecuador en el año 2023 se emplearon un 61.8% de fertilizantes en 446 mil hectáreas en cultivos de ciclo largo y un 61% de esas hectáreas se utilizó productos fitosanitarios. Y un 90.9% de fertilizantes de 941 mil hectáreas de cultivos de ciclo corto. Además, se utilizó 345 kg/ha de fertilizantes en los cultivos de ciclo largo y 281 kg/ha en los cultivos de ciclo corto.

## **1.2 Problema de investigación**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023a) la población del mundo aumentará de forma considerable cada año, por lo tanto, la demanda de alimentos aumentará a nivel mundial. Por lo cual, la producción agrícola deberá aumentar su producción de forma más eficiente, amigable con el medio ambiente, sostenible y

con menor espacio para su producción, ya que gran parte del suelo sufre degradación, urbanización y pérdida de biodiversidad. Por esta razón, se debe buscar otras alternativas para producir alimentos en menor espacio y de forma más eficiente para satisfacer la demanda de la población mundial.

La FAO (2023b) menciona que existe un mal uso de fertilizantes y pesticidas en la agricultura, mal uso del agua, degradación de suelos y deforestación que causan un deterioro a nuestro planeta. Estas actividades y el mal uso de estos recursos provocan un riesgo considerable para la calidad de vida de las personas provocando intoxicaciones y enfermedades, ya que en un futuro posiblemente agotaremos estos recursos, para esto el sector agropecuario debe buscar alternativas sustentables para producir alimentos de forma más eficiente y amigable con el medio ambiente.

En el Ecuador la producción agrícola se realiza con el uso masivo de productos químicos que causan varios problemas y desafíos para los productores. La utilización desmedida de estos insumos químicos causa erosión de los suelos, contaminación de cuerpos de agua, pérdida de biodiversidad y afecta a la salud humana. En el país la utilización de productos químicos enfrenta varios desafíos por la variabilidad de topografía y de climas (Saucedo et al., 2024).

En nuestro país según Briceño (2021) los bajos rendimientos de frutilla son causados por el ataque de plagas y enfermedades, al mal uso del recurso hídrico, a la falta de tecnología, degradación de los suelos y otros factores que son provocados por un sistema de siembra tradicional que genera una baja rentabilidad para los agricultores por el incremento de costos de producción, problemas de contaminación, entre otros factores. Además, el cultivo no reúne los estándares de calidad necesarios para ser comercializado a nivel internacional.

### **1.3 Justificación**

La presente investigación estudió el comportamiento agronómico de variedades de fresa (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico vertical con mezclas de sustratos en el cantón Cotacachi. Con la finalidad de identificar la mejor variedad y la mejor combinación de sustratos para obtener un mayor rendimiento en la producción de fresas.

En el Ecuador la agricultura es una de las actividades más importantes para el crecimiento social y económico de los agricultores, el cultivo de fresa en los últimos años su producción ha ido aumentando gracias a su alta demanda. Además, su producción tiene grandes ventajas como condiciones climáticas favorables, alta demanda tanto a nivel nacional e internacional por su amplio uso y buen sabor (Palchisaca, 2018).

El rendimiento de la fresa con los años ha ido disminuyendo poco a poco este atribuido al ataque de plagas y enfermedades, mal uso insumos y por falta de innovación, por lo que es importante utilizar nuevas técnicas que permitan tener mayor rendimiento, mejor uso del recurso hídrico, eficiencia en el uso de fertilizantes y pesticidas y que su producción sea más amigable con el medio ambiente. (López, 2018). Por lo que en este estudio se ha propuesto utilizar un sistema hidropónico vertical con mezclas de sustratos para combatir estos problemas que abarca hoy en día los agricultores.

El sistema hidropónico es un método que produce alimentos sin el uso del suelo, a diferencia del suelo que utiliza soluciones líquidas y sólidas como sustratos para su producción. Este sistema de cultivo tiene diversas ventajas a comparación de la agricultura convencional, como por ejemplo tiene mayor eficiencia en el uso de pesticidas, fertilizantes y del recurso hídrico, mayor rendimiento en menor espacio y tiene la posibilidad de producir en áreas de suelos infértiles y por ende mejora los beneficios económicos (FAO, 2021).

Los sustratos son de mucha importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta ya que estos proporcionan retención para las raíces, ambiente adecuado, retienen los nutrientes y la humedad para que sean absorbidos por la planta. Por lo que es necesario evaluar identificar el sustrato más óptimo para maximizar el rendimiento y calidad del cultivo de fresa (Reyes et al., 2018).

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Evaluar el comportamiento agronómico de variedades de fresa (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico vertical con mezclas de sustratos en el cantón Cotacachi.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Comparar el efecto de variedades y sustratos sobre las características morfológicas de la fresa.
- Determinar la incidencia y severidad de plagas y enfermedades de las variedades de fresa en los distintos sustratos.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

## **1.5 Hipótesis o preguntas directrices**

### ***1.5.1 Hipótesis nula***

No existe diferencias significativas en el comportamiento agronómico de variedades de fresa (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico vertical con mezclas de sustratos en el cantón Cotacachi.

### ***1.5.2 Hipótesis alternativa***

Existen diferencias significativas en el comportamiento agronómico de variedades de fresa (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico vertical con mezclas de sustratos en el cantón Cotacachi.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Fresa**

*Fragaria vesca* es originaria de América, tiene una buena variabilidad genética, esta planta se adapta a varias condiciones ambientales. Se caracteriza por sus condiciones aromáticas y por su dulce sabor, en la actualidad existen más de 20 especies y 400 variedades (Benavidez et al., 2022).

La fresa (*Fragaria vesca*) es una planta que se encuentra dentro de la familia de las Rosáceas, es una fruta roja, aromática y sumamente dulce, se destaca por su considerable contenido de vitamina C, taninos, flavonoides, antocianinas, catequina, quercetina, kaempferol y diversos ácidos orgánicos como el cítrico, málico y oxálico. Además, tiene compuestos con poder antioxidante, ayudan a disminuir el riesgo de contraer algunas enfermedades como reducir el riesgo de eventos cardiovasculares, posee propiedades anticancerígenas y ayudan a rebajar la formación de coágulos sanguíneos (Restrepo et al., 2009).

La fresa se extiende con sus tallos rastreros, nodosos y estolones. Sus hojas son grandes, con tres foliolos, pecioladas y de color blanco en el envés. El fruto tiene una forma cónica o casi redonda, tiene un color rojo brillante o rojo anaranjado, su aroma es muy intenso y su sabor puede variar desde ácido hasta muy dulce. La reproducción de la *Fragaria vesca* es vegetativa ya que lo realiza por medio de estolones, es un cultivo que se ajusta muy bien a diferentes condiciones climáticas (Santoyo y Martínez, 2010).

La planta de fresa se puede cultivar tanto en campo abierto como bajo condiciones controladas como invernaderos, micro túneles, macro túneles y sistemas hidropónicos. La producción de fresa bajo condiciones controladas favorece a que se obtengan frutos de mayor calidad y a tener mayor eficiencia en el uso de los recursos (Cerero et al., 2024).

#### **2.2 Importancia de la fresa**

La fresa tiene un lugar muy importante a nivel mundial y nacional gracias a su atractivo color, aroma, alto valor nutricional y rentabilidad. Su producción se ha convertido en un aspecto crucial para el mercado hortofrutícola debido a su alta demanda y reconocimiento (Alvarado et al., 2020).

Palchisaca (2018) menciona que la fresa es un cultivo de gran importancia en el Ecuador debido a su valor económico tanto a nivel nacional como internacional, además, para zonas

productoras de este cultivo es importante ya que genera empleo durante todo el año. También, por su alta demanda y a su amplio uso como fruta o como materia prima para procesar.

### 2.3 Taxonomía

Según Días (2023) la taxonomía de la fresa se describe en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Taxonomía de la fresa*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Subfamilia	Rosoideae
Género	<i>Fragaria</i>
Especie	<i>vesca</i>

### 2.4 Contenido nutricional de la fresa en 100 gramos

Según el Departamento de agricultura de los Estados Unidos (2022) el contenido nutricional de la fresa en 100 gramos de contenido es:

**Tabla 2**

*Contenido nutricional de la fresa en 100 gramos de contenido*

Componente	Contenido en 100 gramos	Unidad
Agua	90.8	Gramos
Energía	36	Kcal
Nitrógeno	0.1	Gramos
Proteína	0.64	Gramos
Lípidos totales	0.22	Gramos
Ceniza	0.34	Gramos
Vitamina C	59.6	Mg

### 2.5 Condiciones agroclimáticas para el cultivo de fresa

El cultivo de fresa se desarrolla mejor en temperaturas entre 18 °C y 25 °C con un periodo de luz de aproximadamente 8 a 12 horas, una humedad relativa entre 60% y 75%, un requerimiento hídrico de 400 a 600 mm/año, un suelo arenoso o franco y un pH de 5.7 a 6.5 (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

### 2.6 Morfología

La fresa es una planta perenne herbácea que se propaga mediante estolones, la formación de sus hojas y otros órganos empieza desde la parte leñosa de la corona, sus hojas son trifoliadas

y completamente compuestas. El cultivo de fresa tiene una duración comercialmente de dos años. El Instituto Tecnológico Superior de Coahuila (2018) menciona la morfología de la fresa:

### ***2.6.1 El sistema radicular***

EL sistema radicular está compuesto por raíces y raicillas, las primeras son las que poseen un cambium vascular y suberoso, en cambio las segundas carecen de estas características. Las raicillas experimentan un proceso de renovación fisiológica. Las raíces terciarias son las que absorben los nutrientes y agua.

### ***2.6.2 Tallo***

El tallo se compone de una corona que es un eje corto con forma cónica, que presenta numerosas escamas foliares. Posee un tallo rastrero que brota desde la corona.

### ***2.6.3 Hojas***

Son compuestas de tres hojas de borde acerrado, su agrupación es en forma de roseta y se insertan en la corona. El tamaño de las hojas depende según la variedad, tienen una gran cantidad de estomas que permiten una pérdida considerable de agua por la transpiración.

### ***2.6.4 Flor y fruto***

Sus flores pueden salir de una yema terminal en la corona o de yemas axilares en las hojas. Las flores poseen entre 5 a 6 pétalos de un color blanco. Los frutos son de color rojo con forma cónica y el tamaño varía según la variedad y tamaño de las flores.

## **2.7 Fenología de la fresa**

Según el Instituto Tecnológico Superior de Coahuila (2018), la fresa tiene 2 etapas de desarrollo, las cuales se explican a continuación:

### ***2.7.1 Etapa vegetativa***

En esta etapa los brotes y las yemas empiezan a crecer, desarrollo de las primeras hojas emergentes y desplegadas, empieza el desarrollo de las partes vegetativas, así como también, la aparición de los estolones.

### ***2.7.2 Etapa reproductiva***

En esta etapa comienza la aparición del órgano floral y en si comienza la floración.

### **2.7.3 Etapa productiva**

En la etapa productiva se da lo que es la formación del fruto, maduración del fruto, senescencia y empieza el reposo vegetativo.

## **2.8 Variedades de fresa**

Actualmente se conocen alrededor de más de 20 especies y 400 variedades de fresa a nivel mundial. La elección de las variedades para la siembra es de suma importancia ya que esto puede determinar el rendimiento y la calidad de fresa que vas a tener en el cultivo. A continuación, se describen las variedades de fresa que se utilizó en este estudio (Muyulema, 2021).

### **2.8.1 Monterrey**

La variedad Monterrey tiene una buena aceptación en el mercado fresco ya que produce frutos con un sabor dulce muy placentero para los consumidores. Los frutos de esta variedad son de muy buen tamaño, firmes, tienen una buena vida útil después de la cosecha y poseen un color rojo. Esta planta tiene un rápido crecimiento vegetativo inicial (Morales y Riquelme, 2017).

### **2.8.2 Albión**

La variedad Albión se destaca por tener una excelente calidad en sus frutos, así como también, por tener un buen tamaño, sabor y aroma. Además, por poseer muy buenos rendimientos, firmeza, alta productividad y una alta resistencia a enfermedades (Guerrero, 2021).

### **2.8.3 San Andreas**

La variedad San Andreas es adecuada para el mercado porque produce frutos grandes y uniformes. Los frutos de esta variedad tienen un tamaño intermedio, color rojo homogéneo en el exterior. La planta presenta un rápido crecimiento vegetativo inicial (Morales y Riquelme, 2017).

## **2.9 Sistema de cultivo hidropónico**

La palabra hidroponía proviene del griego *Hydro* que significa agua y de *Ponos* que significa trabajo, el sistema hidropónico es una técnica que abarca todas las maneras de cultivar cultivos sin el uso del suelo, cultivando las plantas con materiales sólidos como sustratos (cascarilla de arroz, fibra de coco, pomina, entre otros) o en un medio líquido. La fertilización de las plantas se la realiza por medio del riego, en la que se suministran todos los nutrientes minerales necesarios para el desarrollo y producción del cultivo (Solórzano y Loor, 2022).

El sistema de cultivo hidropónico es una técnica de cultivo que no es necesario del uso del suelo para la producción de un cultivo, si no que en su lugar utiliza sustratos sólidos inertes o medios líquidos para su producción. Este método de producción tiene un mayor control en el cultivo en comparación con el cultivo tradicional, en la hidroponía tenemos una mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico, fertilizantes y pesticidas, así como también, un mayor control en combatir plagas y enfermedades. (Quispe et al., 2018).

### **2.10 Ventajas del sistema hidropónico**

En un sistema hidropónico el rendimiento de los cultivos es superior al de los cultivos cultivados en un sistema tradicional, ya que se aprovecha mejor el espacio porque la demanda de espacio físico para su producción es menor, no depende de la calidad del suelo, posee mejor aprovechamiento de los recursos, mejor control de plagas y enfermedades y mejor uso del recurso hídrico (Spinelli, s.f.).

### **2.11 Solución nutritiva para el sistema hidropónico**

La solución nutritiva es una mezcla de minerales disueltos en agua, la cual sirve para la fertilización de las plantas. Esta solución suministra todos los micro y macro nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas, hoy en día existen soluciones nutritivas que solo deben ser disueltas en agua para su posterior uso (Valencia, 2024).

### **2.12 Sustratos**

Son materiales sólidos ya sea de origen natural, sintético, mineral y orgánico. El sustrato se lo introduce en un recipiente para su posterior uso, este material se puede colocar ya sea solo o en forma de mezcla con otros sustratos, los sustratos ayudan a la formación del sistema radicular y actuar como soporte para la planta. Los sustratos cumplen diferentes funciones para la planta como por ejemplo la retención de agua en forma disponible y accesible para la planta, permitir tener una mejor oxigenación para la respiración de las raíces y brinda un soporte adecuado para el crecimiento y desarrollo de la planta (Ccente et al., 2021).

También, Lira y Ruiz (2023) mencionan que al utilizar un sustrato su objetivo para la producción de fresa es ayudar al desarrollo, crecimiento y absorción de minerales. Se debe seleccionar cuidadosamente la calidad del sustrato, los sustratos están compuestos de materiales orgánicos y minerales inertes. Los sustratos deben estar libres de patógenos y plagas. Estos antes de utilizarse se debe realizar como prevención una desinfección.

### ***2.12.1 Cascarilla de arroz***

Es un material que conserva una alta humedad en la superficie del suelo y brinda una correcta aireación a la zona radicular de las plantas. Esto ayuda a la absorción de nutrientes y estimula el crecimiento de las plantas (Calderón et al., 2013).

También, Spinelli (s.f.) menciona que la cascarilla de arroz es un sustrato muy liviano y tiene una retención de humedad muy baja. Al utilizar este sustrato se debe realizar una desinfección para eliminar patógenos. Además, menciona que este sustrato se debe mezclar con sustratos que ayuden a tener mayor retención de agua y que ayude a la oxigenación del mismo.

### ***2.12.2 Fibra de coco***

Este material tiene una capacidad de amortiguar cambios de temperatura, esta característica es beneficiosa en entornos con temperaturas extremas. Además, tiene una alta capacidad de retención de agua, que ayuda a reducir la frecuencia de riego y tiene una baja densidad aparente que facilita su instalación y manejo (Quintero et al., 2012).

Según Spinelli (s.f.) la fibra de coco es de origen tropical, este sustrato es utilizado en la hidroponía ya que tiene una elevada relación de carbono/nitrógeno esto ayuda para que el sustrato se mantenga químicamente estable y tiene una retención de humedad de 57%.

### ***2.12.3 Pomina***

La pomina es un sustrato de origen volcánico, tiene una eficiente retención de humedad, tiene diferentes granulometrías, una gran estabilidad física y durabilidad, desde el componente biológico es estéril (López, 2019).

## **2.13 Incidencia de plagas y enfermedades en la fresa**

La incidencia de plagas y enfermedades son las plantas afectadas por la presencia de plagas o enfermedades, estas se presentan en todas las etapas de crecimiento y desarrollo de las plantas. Esto conlleva a tomar decisiones al productor para combatir a estas, estas medidas están relacionadas a las buenas prácticas agrícolas que se manejan en campo, estas prácticas deben estar relacionadas con la producción de los cultivos. Para la prevención y control de plagas o enfermedades se debe tener en cuenta el tipo de cultivo, condiciones climáticas y prácticas para el manejo del cultivo, estas prácticas deben tener protocolos de acción y de prevención para proteger los cultivos en todas las etapas (Lira y Ruiz, 2023).

## **2.14 Principales plagas y enfermedades de la fresa**

Kirschbaum (2022) menciona que las principales plagas y enfermedades del cultivo de fresa son:

### **2.14.1 Trips (*Frankliniella occidentalis*)**

Los trips son insectos de un tamaño pequeño y de cuerpo delgado. Estas plagas se alimentan de las plantas causando mucho daño en las hojas, flores y frutos.

### **2.14.2 Pulgón de frutilla (*Chaetosiphon fragaefolii*)**

El pulgón de la fresa se alimenta de las hojas y frutos de la planta, lo que resulta una ruptura de tejidos y disminuyendo el rendimiento y la calidad de los frutos. Estos insectos se agrupan en los brotes y hojas terminales. El color de estos varía dependiendo a la especie que pertenecen.

### **2.14.3 Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch)**

La araña roja es un artrópodo de tamaño pequeño sus larvas tienen un color amarillo verdoso. Esta plaga causa grandes daños ocasionando pérdidas de hasta el 80% en los cultivos de fresa. Este insecto causa daño principalmente en las hojas de la planta ya que al alimentarse causa daños en el tejido vegetal, que resulta que la planta disminuya la tasa fotosintética.

### **2.14.4 Botrytis (*Botrytis cinerea*)**

La *Botrytis cinérea* es una enfermedad también conocida como moho gris. Esta enfermedad es provocada por un hongo, que causa pudrición en hojas, flores y frutos.

### **2.14.5 Oídio (*Sphaerotheca macularis*)**

El oídio causa una disminución fotosintética, ya que esta enfermedad se presenta con la aparición de un polvo blanco sobre las hojas, tallos y flores

## **2.15 Podas del cultivo de fresa**

La poda en la planta de fresa es necesario para tener un mejor desarrollo, este se lo realiza dependiendo en la etapa que se encuentre el cultivo. Las podas ayudan a estimular el desarrollo vegetativo en las plantas y promueve a que la planta se renueve. Estas se deben realizar con mucho cuidado para no causar daño a las plantas (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

Mena (2017) menciona tres tipos de podas que se realiza a la planta de fresa las cuales se describen a continuación.

### ***2.15.1 Poda de flores***

La poda de floración se la realiza en las primeras etapas del cultivo cuando las plantas están en la fase vegetativa, en esta poda se elimina las flores iniciales para evitar una producción temprana y promover el crecimiento de la planta

### ***2.15.2 Poda de estolones***

La poda de estolones se la realiza cuando estos empiezan aparecer en las diferentes etapas de la planta, esta poda se la hace para evitar que la planta gaste energía en la producción de estos.

### ***2.15.3 Poda de hojas***

La poda de hojas es para mejorar la salud y el rendimiento de las plantas. La poda se realiza en toda la parte aérea de la planta y la poda sanitaria de las hojas la cual consiste en eliminar todas las hojas viejas, dañadas o infestadas con alguna enfermedad o plaga.

## **2.15 Riego**

El cultivo de fresa requiere de un promedio de 500 a 600 mm de agua durante un período de seis meses. Esto se traduce en la aplicación de aproximadamente un litro de agua al día por planta para satisfacer las necesidades de agua del cultivo (Benavidez, 2022).

En un sistema hidropónico es necesario el uso del riego para abastecer las necesidades hídricas del cultivo, así como también, proveer los micro y macro nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo del cultivo hidropónico. Existen diferentes sistemas de riego como el manual y tecnificado (Ibadango, 2017).

## **2.16 Cosecha**

La fresa es un cultivo que es muy demandado en el mercado local y mundial, pero para su cosecha se necesita de cuidados especiales ya que su fruta es muy delicada. Es una fruta sumamente perecedera y su comercialización debe ser rápida ya que no dura mucho tiempo después de la cosecha al aire libre, por lo que, para su cosecha se debe tener en cuenta varios parámetros antes y después de la cosecha. La fruta para su cosecha debe tener un color que sea aceptado en el mercado local o internacional con niveles óptimos de azúcar. Por lo que, para su cosecha es necesario determinar una fecha y un índice de calidad para su comercialización (Benavidez, 2022).

### **2.17 Rendimiento**

El rendimiento de un cultivo es una medida de cantidad de un determinado producto agrícola que se cosecha por unidad de un área cultivada, la medida más utilizada por los agricultores es la de kg/ha, aunque se puede medir de diferentes maneras, es importante tener un rendimiento óptimo para tener una buena rentabilidad (Camacho et al., 2020).

Las variedades de fresa Monterrey y Albión tienen un rendimiento de aproximadamente 138 406.71 kg/ha en un ciclo de producción de 18 meses. Y en un periodo de 9 meses 81 000 kg/ha la variedad Monterrey y 75 000 kg/ha la variedad Albión (Arellano, 2020).

### **2.18 Costos de producción**

El costo de producción del cultivo de fresa es de 10 966.25 dólares en una hectárea en el cantón Otavalo, cabe recalcar que el autor citado menciona que los agricultores de esa zona tienen desconocimiento de nuevas tecnologías (Arellano, 2020).

Según Mejía (2017) en un sistema semi - hidropónico en canales de polietileno con mezclas de sustratos en el cantón Ibarra, el costo promedio de producción de la variedad Monterrey, Albión y San Andreas es de 44 800 dólares en una hectárea. En otro estudio realizado en Loja por Abad et al. (2020) obtuvo un costo de producción de 175 638.88 dólares ha/año en la variedad Monterrey y Albión en campo abierto y 215 055.55 dólares ha/año en un sistema de micro túnel.

### **2.19 Marco legal**

Para realizar el presente estudio se revisó la vigente Constitución de la Republica del Ecuador (2008). En la constitución de la república del Ecuador en el artículo 14 se menciona que “se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”, y el artículo 15 dice que “el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua”.

Por lo que es necesario realizar investigaciones innovadoras para producir alimentos inocuos sin afectar al medio ambiente, utilizar de forma más eficiente los recursos y de forma eficiente el recurso hídrico.

También, el artículo 281 menciona que “la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos

y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente” de acuerdo a este artículo es necesario realizar investigaciones como lo es la utilización del sistema hidropónico vertical ya que este fomenta la soberanía alimentaria ya que su producción es sostenible, optimiza recursos, es más saludable y es accesible para todas las personas en general.

# CAPÍTULO III

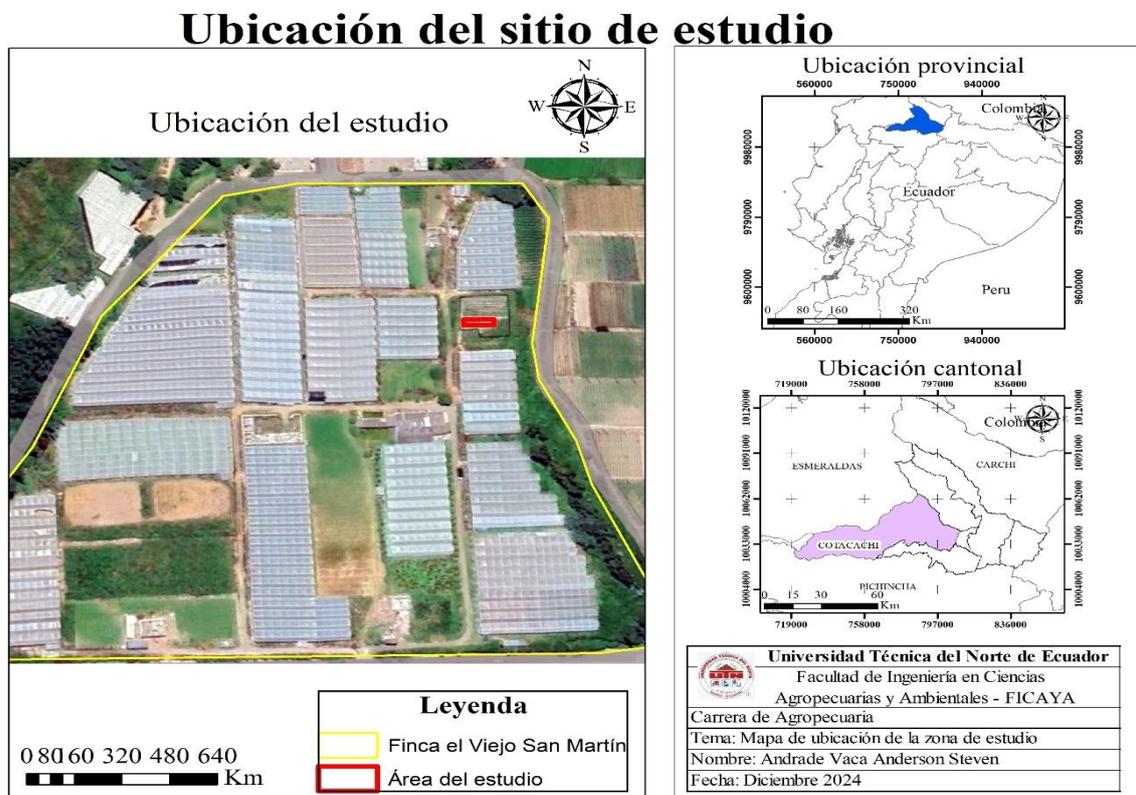
## MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en la finca de la Asociación de desarrollo integral el Viejo San Martín ubicada en el cantón Cotacachi, provincia Imbabura, con una altitud de 2480 msnm, N 0°17'13" de latitud, W 78°16'50" de longitud, con una temperatura máxima de 15°C y mínima de 9°C y una precipitación promedio de 1200 mm al año (GADPR Quiroga, 2015).

**Figura 1**

*Ubicación geográfica del estudio*



### 3.2 Materiales

Los materiales, equipos, insumos y herramientas utilizados en el experimento fueron los descritos en la Tabla 3.

**Tabla 3***Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizados en el experimento*

<b>Material experimental</b>	<b>Materiales</b>	<b>Insumos</b>	<b>Materiales de oficina</b>
Variedad de fresa Monterrey	Plástico negro de polietileno	Fertilizantes	Cuaderno de campo
Variedad de fresa Albión	Bomba de motor de 0.5 hp		Cámara fotográfica
Variedad de fresa San Andreas	Calibrador Vernier		Esferos
Cascarilla de arroz,	2 tanques de 500 litros		Regla
Fibra de coco			Computadora
Pomina	Balanza analítica		

### 3.3 Métodos

En la presente investigación se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas (DPD) en donde el factor A fueron las variedades de fresa y el factor B las combinaciones de sustratos, en donde la unidad experimental fueron las mangas de polietileno.

#### 3.3.1 Factores en estudio

Variedades de fresa:

- V1: Monterey
- V2: Albión
- V3: San Andreas

Sustratos:

- Sustrato A: (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%)
- Sustrato B: (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%)
- Sustrato C: (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%)

#### 3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos en estudio fueron de la combinación entre variedades y mezclas de sustratos descritas en la Tabla 4.

**Tabla 4***Tratamientos, descripción y código de la investigación*

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>
T1	Variedad 1 + sustrato A	VISA

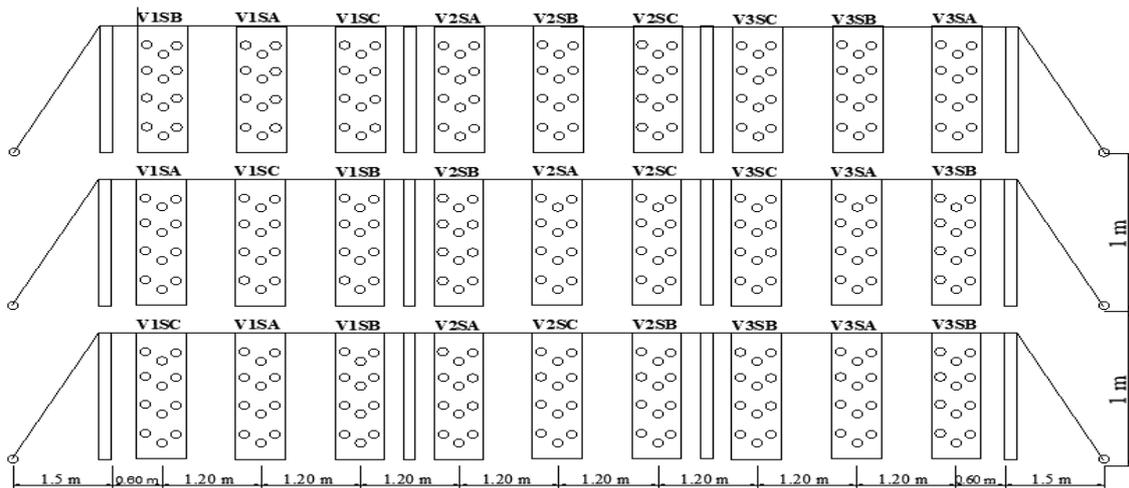
<b>T2</b>	Variedad 1 + sustrato B	V1SB
<b>T3</b>	Variedad 1 + sustrato C	V1SC
<b>T4</b>	Variedad 2 + sustrato A	V2SA
<b>T5</b>	Variedad 2 + sustrato B	V2SB
<b>T6</b>	Variedad 2 + sustrato C	V2SC
<b>T7</b>	Variedad 3 + sustrato A	V3SA
<b>T8</b>	Variedad 3 + sustrato B	V3SB
<b>T9</b>	Variedad 3 + sustrato C	V3SC

### 3.3.3 Diseño experimental

En el experimento se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas (DPD) en donde el factor A fue la subparcela (variedades de fresa) y el factor B la parcela principal (combinación de sustratos).

**Figura 2**

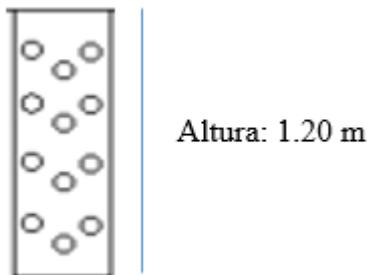
*Diseño experimental en parcelas divididas al azar utilizado en la investigación*



En la presente investigación se utilizó mangas de polietileno como unidad experimental, esta se describe a continuación en la Figura 3.

**Figura 3**

*Mangas de polietileno utilizadas como unidad experimental*



### 3.3.4 Características del experimento

En la Tabla 5 se describen las características del estudio.

**Tabla 5**

*Características del experimento*

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
Factores de estudio	2
Repeticiones	3
Bloques	3
Número de unidades experimentales	27
Área del ensayo	27.6 m <sup>2</sup>

Los datos y medidas de las mangas de polietileno se describen en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Características y medidas de la unidad experimental*

<b>Datos</b>	<b>Medidas</b>
Largo	1.20 m
Diámetro	0.19 m
Diámetro del hoyo	0.05 m
Densidad de siembra	0.30 cm entre plantas
Plantas por unidad experimental	12 plantas

### 3.3.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico de las variables de estudio se realizó con el programa InfoStat versión actualizada 2016.

**Tabla 7**

*Esquema del ADEVA del experimento*

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>GL</b>
Bloques	3
Parcela dividida (PP) Variedades	3-1=2
Error PP B (PP) Mezclas	(3-1) (3-1) =4
Subparcela (SP)	3-1=2
Error C B (SP)	(3-1) (3-1) =4
PP (SP)	(3-1) (3-1) =4
Error experimental	(3-1) (3-1) (3-1) =8
Total	(3) (3) (3) =27

### 3.3.6 Variables a evaluarse

A continuación, se describirán las variables evaluadas en el experimento.

**3.3.6.1 Porcentaje de prendimiento.** Esta variable se evaluó una vez a los 30 días después de la siembra contabilizando las plantas sobrevivientes de cada unidad experimental, luego se expresó en porcentaje (Ibadango, 2023).

**3.3.6.2 Altura de la planta.** Se evaluó cada 15 días a todas las plantas de cada unidad experimental, midiendo con una regla de longitud en centímetros, desde la base de la corona hasta la parte apical de la hoja más larga (Mejía, 2017).

**3.3.6.3 Número de estolones.** Esta variable se evaluó desde la aparición del primer estolón, contabilizando todos los estolones por unidad experimental, cabe recalcar que después del conteo los estolones fueron removidos de la planta (Ibadango, 2023).

**3.3.6.4 Días a la floración.** Esta variable se la realizó contabilizando los días desde la siembra hasta la primera floración de más del 50% de las plantas por unidad experimental (Inga, 2021).

**3.3.6.5 Días a la maduración.** Se la realizó contabilizando los días desde la floración hasta la maduración de los frutos del más del 50% de las plantas por unidad experimental (Garcés, 2022).

**3.3.6.6 Número de frutos.** Se contabilizó el número de frutos cosechados por unidad experimental durante 13 semanas (Ibadango, 2023).

**3.3.6.7 Calidad sanitaria del follaje y del fruto (incidencia y severidad).** La incidencia y severidad en el follaje y frutos se realizó mediante un monitoreo visual cada 7 días, para determinar la presencia o ausencia de plagas o enfermedades. La cual se midió mediante una escala (Tabla 8).

**Tabla 8**

*Escala de incidencia y severidad*

<b>Nivel</b>	<b>Severidad (%)</b>
0	0
1	1 – 25
2	26 – 50
3	51 – 75
4	76 - 100

**3.3.6.8 Longitud del fruto.** Con un calibrador vernier se midió desde la base del cáliz hasta el ápice de todos los frutos por unidad experimental (Oliva et al., 2018).

**3.3.6.9 Diámetro del fruto.** Esta variable se evaluó con un calibrador vernier midiendo la parte más ancha del fruto de cada unidad experimental (Ibadango, 2017).

**3.3.6.10 Peso del fruto.** De cada unidad experimental se pesó individualmente cada fruto con la utilización de una abalanza analítica (Abad et al., 2020).

**3.3.6.11 Rendimiento.** Se sumó el peso de frutos cosechados de trece semanas de cada unidad experimental (Ibadango, 2023).

**3.3.6.12 Costo/beneficio.** Costos de la inversión a través de registros de todos los gastos diarios que se realizó en el experimento. Todos los beneficios económicos se obtuvieron al final del experimento. Se realizó por 1000 metros cuadrados (Ibadango, 2017).

### **3.4 Manejo del experimento**

El manejo del cultivo de fresa en un sistema hidropónico vertical se lo realizó con los siguientes pasos:

#### ***3.4.1 Selección y limpieza del lote***

Elección y limpieza del lote adecuado en la finca de la Asociación de desarrollo integral el Viejo San Martín para la implementación del experimento.

### **Figura 4**

*Selección y limpieza del lugar de experimentación*



#### ***3.4.2 Instalación del sistema hidropónico vertical***

Se construyó la estructura hidropónica, primeramente, señalando las distancias correspondientes, luego se colocó los postes de madera y los tensores para posteriormente colocar el alambre de acero tensado. Después se colocaron las mangas de polietileno.

## Figura 5

*Instalación de la estructura hidropónica vertical*



### 3.4.3 Preparación del sustrato

La combinación de sustratos se la realizó mediante la investigación de Ibadango (2023) a base de cascarilla de arroz, fibra de coco y pomina. Los kilogramos utilizados para cada sustrato se describen en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Mezcla de sustratos en kilogramos utilizados en la presente investigación*

Sustrato	Cascarilla de arroz	Fibra de coco	Pomina
Sustrato A	2.89 kg	1.31 kg	5.5 kg
Sustrato B	1.92 kg	2.61 kg	5.5 kg
Sustrato C	0.96 kg	3.92 kg	5.5 kg

### 3.4.4 Desinfección y mezcla de los sustratos

Se lavo los sustratos con agua. y se desinfectaron con la solución Vitavax (Carboxim + Thiram) al 1% para eliminar contaminantes.

### 3.4.5 Llenado de los sustratos en las mangas

Se llenó las mangas de polietileno con la mezcla de sustratos.

### 3.4.6 Colocación de las mangas en la estructura hidropónica

Se colocó las mangas de polietileno en la estructura del sistema hidropónico vertical tomando en cuenta la distribución del diseño experimental.

## Figura 6

*Colocación de las mangas en la estructura hidropónica*



### 3.4.7 Instalación del sistema de riego

Se colocaron 2 tanques de 500 litros y luego se instaló todo el sistema de riego por goteo.

### 3.4.8 Hollado

En las mangas se realizó el hollado de 5 cm de diámetro con un estilete, el sistema de siembra que se utilizó fue el de tres bolillos.

### 3.4.9 Siembra

Las plantas para la siembra son de tres variedades la Monterrey, Albión y Andreas. Se utilizaron 12 plantas por unidad experimental. La desinfección se realizó con una solución de Vitavax (carboxin + captan) al 1% y se realizó la siembra de forma manual.

### Figura 7

*Siembra de plántulas en las mangas de polietileno*



### 3.4.10 Fertilización

La fertilización se la realizó mediante soluciones nutritivas (Tabla 10). La fertilización se la realizó por medio de fertirrigación. La fertirrigación se la hizo dos veces al día, una en la mañana (07:00 am) y en la tarde (16:30 pm). Los aminoácidos orgánicos se los aplicó 7 días desde la siembra, y los fertilizantes 13-40-13 y el 15-10-15 (+2) en todo el periodo de la experimentación. Y el Calcio – Boro – Zinc se aplicó de forma foliar una vez al inicio de la floración y otra durante la floración y dos veces en la etapa de la fructificación.

**Tabla 10**

*Fertilizantes utilizados en la presente investigación*

<b>Fertilizantes</b>	<b>Dosis</b>
Aminoácidos orgánicos	0.5 gramos/litro
13-40-13	0.5 gramos/litro
15-10-15 (+2)	0.5 gramos/litro
Ca – B - Zn	1 cc/litro

#### ***3.4.10 Control fitosanitario y control de plagas y enfermedades***

Se realizó monitoreos visuales cada 7 días para verificar la presencia de plagas y enfermedades para su posterior control.

#### **Figura 8**

*Monitoreo de plagas y enfermedades*



#### ***3.4.11 Control cultural y de riego***

Se realizó la limpieza del área experimental y el riego fue por goteo, los riegos fueron 2 veces al día, un riego en la mañana y otro en la tarde.

#### ***3.4.12 Cosecha***

La cosecha se la realizó de forma manual, cosechando los frutos que tengan una madurez fisiológica de  $\frac{3}{4}$ . Esta labor se la realizó durante 13 semanas.

#### **Figura 9**

*Cosecha de los frutos*



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se describen los resultados obtenidos en esta investigación.

#### 4.1 Porcentaje de prendimiento

De acuerdo con los resultados del ADEVA la variable porcentaje de prendimiento la interacción variedad y combinación de sustrato indica diferencia significativa (p valor=0.0403). Los resultados se muestran en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*ADEVA para la variable porcentaje de prendimiento*

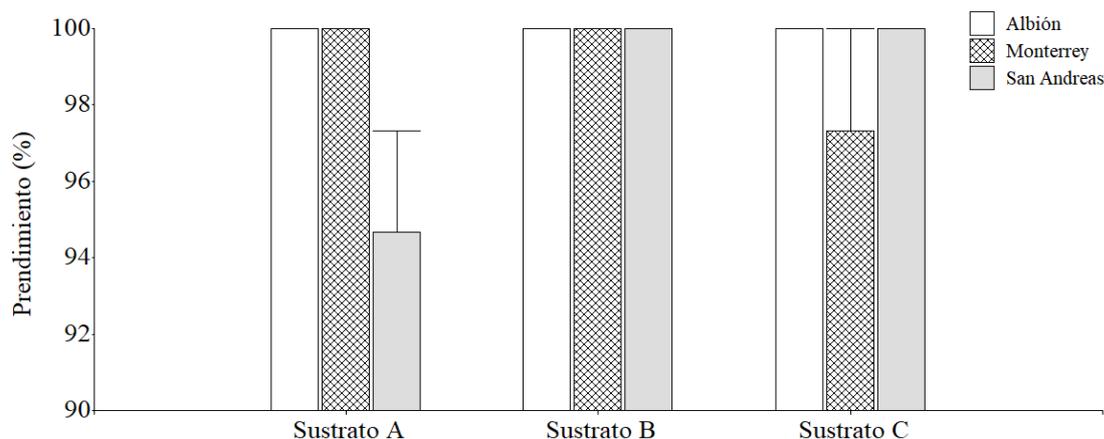
Fuente de variación	GL FV	GL Fex	Valor F	Valor P
Variedad	2	16	1.5	0.2529
Combinación de sustrato	2	16	1.5	0.2529
Variedad: combinación de sustrato	4	16	3	0.0403

La variedad Albión fue la que presentó mejor porcentaje de prendimiento teniendo un 100% con las tres combinaciones de sustratos evaluadas supera a la variedad Monterrey y San Andreas. En segundo lugar, se encuentra Monterrey con 99.11% y por último San Andreas con 98.23%.

Además, la Figura 10 muestra que Monterrey obtuvo 100% de prendimiento en el sustrato A y en el sustrato B y un 97.33% en el sustrato C. Y San Andreas con 94.67% en el sustrato A y un 100% en el sustrato B y C. También, el análisis gráfico muestra que el sustrato B es el mejor con el porcentaje de prendimiento con las tres variedades de fresa evaluadas, en segundo lugar, el sustrato C tuvo un prendimiento menor con Monterrey. Por último, el sustrato A resultó el menos eficiente en San Andreas.

**Figura 10**

*Resultados de la variable porcentaje de prendimiento*



*Nota.* Sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%); sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%); sustrato C (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%).

Abad et al. (2020) evaluaron el efecto del sistema microt3nel en variedades de fresa Monterrey y Albi3n obteniendo un prendimiento de 100% en la variedad Monterrey y un 98.15 % en Albi3n, la cual es similar a los resultados de este estudio por lo que ambas variedades se adaptan muy bien a condiciones controladas como las de microt3neles y el sistema hidrop3nico vertical con sustratos evaluados en esta investigaci3n. Yauricasa (2019) realiz3 una evaluaci3n de tres variedades de fresa en la que la variedad San Andreas tubo un prendimiento de 96.67%, similar a la de esta investigaci3n.

Adem3s, Ibadango (2017) evalu3 tres variedades de fresa en la que obtuvo mejor porcentaje de prendimiento en la variedad San Andreas con un 100%, Albi3n con 97.23% y Monterrey con 94.47%, estos resultados son similares a la de esta investigaci3n sin embargo en la investigaci3n del autor citado Monterrey tubo un menor porcentaje de prendimiento, esto puede deberse al manejo realizado. Por su parte, Ibadango (2023) evalu3 diferentes porcentajes de sustratos en la que obtuvo mejor prendimiento con 97.92 % la combinaci3n (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%), por lo que es muy similar a la combinaci3n de sustratos (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%) la cual tuvo el 100% de prendimiento en esta investigaci3n.

#### **4.2 Altura (cm)**

Los resultados del ADEVA para la variable altura (cm) indica que para las interacciones de d3as despu3s de la siembra: combinaci3n de sustratos: variedad (p valor: 0.0487), combinaci3n

de sustratos: variedad (p valor: <0.0001), días después de la siembra: variedad (p valor: <0.0001) y días después de la siembra: combinación de sustratos (p valor: 0.0022) indican que existen diferencias significativas. Los resultados se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*ADEVA para la variable altura*

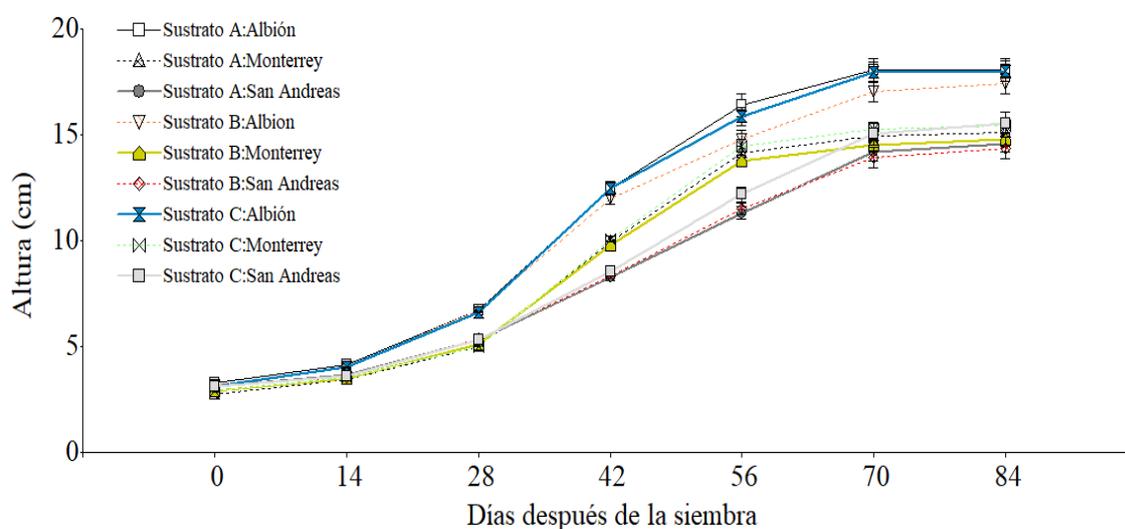
Fuente de variación	GL FV	GL Fex	Valor F	Valor P
Días después de la siembra	6	2185	7833.87	<0.0001
Combinación de sustrato	2	2185	0.04	0.9594
variedad	2	2185	871.37	<0.0001
Días después de la siembra: combinación de sustrato	12	2185	2.57	0.0022
Días después de la siembra: variedad	12	2185	143.90	<0.0001
Combinación de sustrato: variedad	4	2185	9.19	<0.0001
Días después de la siembra: combinación de sustrato: variedad	24	2185	0.60	0.0487

En la Figura 11 se muestran los valores promedios de altura de la planta a los 0; 14; 28; 42; 56; 70 y 84 días. Se observó efecto en la combinación de sustratos tanto como en la variedad en la altura de las plantas de fresa durante las 7 fechas evaluadas. La altura promedio de las plantas de fresa variedad Monterrey fue de 2.85; 3.50; 5.04; 9.92; 14.13; 14.90 y 15.10 cm, la de la variedad Albión de 3.2; 4.06; 6.69; 12.32; 15.68; 17.70 y 17.84 cm y de la variedad San Andreas de 3.14; 3.61; 5.32; 8.38; 11.67; 14.40 y 15.16 cm. Por lo que la variedad Albión fue la que mejor promedio de altura obtuvo en todas las fechas evaluadas teniendo un promedio de altura de 17.84 cm a los 84 días teniendo diferencias significativas para la variedad Monterrey (15.10 cm) y San Andreas (14.83 cm).

Además, el sustrato C alcanzó el mejor promedio con 11.06 cm siendo superior al sustrato A (10.93 cm) y al sustrato B (10.58 cm). También, se puede observar que la variedad Albión presento mejor promedio de altura con el sustrato A con una altura de 18.07 cm, la variedad Monterrey tuvo mejor altura con el sustrato C con 15.42 cm y la variedad San Andreas con el sustrato C con 15.56 cm.

**Figura 11**

*Resultados de la variable altura*



*Nota.* Sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%); sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%); sustrato C (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%).

Los resultados de esta investigaci3n mostraron que Albi3n tuvo la mayor altura (17.84 cm) seguidas por San Andreas (15.16 cm) y Monterrey (15.10 cm) en un sistema hidrop3nico vertical. Estos resultados son diferentes con la altura de las variedades de Mej3a (2017) en un sistema semi-hidrop3nico horizontal en la que la variedad Albi3n obtuvo mayor altura con (18.90 cm), San Andreas (17.16 cm) y Monterrey (17.05 cm) la diferencia se puede deber a los tipos de sustratos utilizados y al sistema de hidropon3a utilizado.

Huacon (2020) compar3 tres variedades de fresa en un sistema hidrop3nico NFT en la que la variedad Albi3n obtuvo una altura de 19.3 cm a los 60 d3as, Monterrey con 18.5 cm y San Andreas 15.2 cm, los resultados son diferentes a excepci3n de la variedad San Andreas la que cual es similar a la de la investigaci3n presente, la diferencia de las otras variedades se debe a que esas variedades se desarrollan mejor al sistema NFT.

Lo mismo sucede con los resultados de Riofr3o et al. (2023) que evaluaron tres variedades de fresa con efecto microt3nel en la que presento alturas mayores a las de la presente investigaci3n con alturas 28.1 cm en la variedad Albi3n, Monterrey y San Andreas con 28 cm, estos resultados son completamente diferentes esto se debe a que el sistema microt3nel tiene un efecto positivo en el crecimiento de estas variedades. De acuerdo a los autores citados la variedad Albi3n es la que mejor promedio de altura tiene al igual que la investigaci3n presente.

### 4.3 Número de estolones

Los resultados del ADEVA para la variable número de estolones indica que para las interacciones de días después de la siembra: combinación de sustratos: variedad (p valor: 0.0441), indican que existen diferencias significativas. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

**Tabla 13**

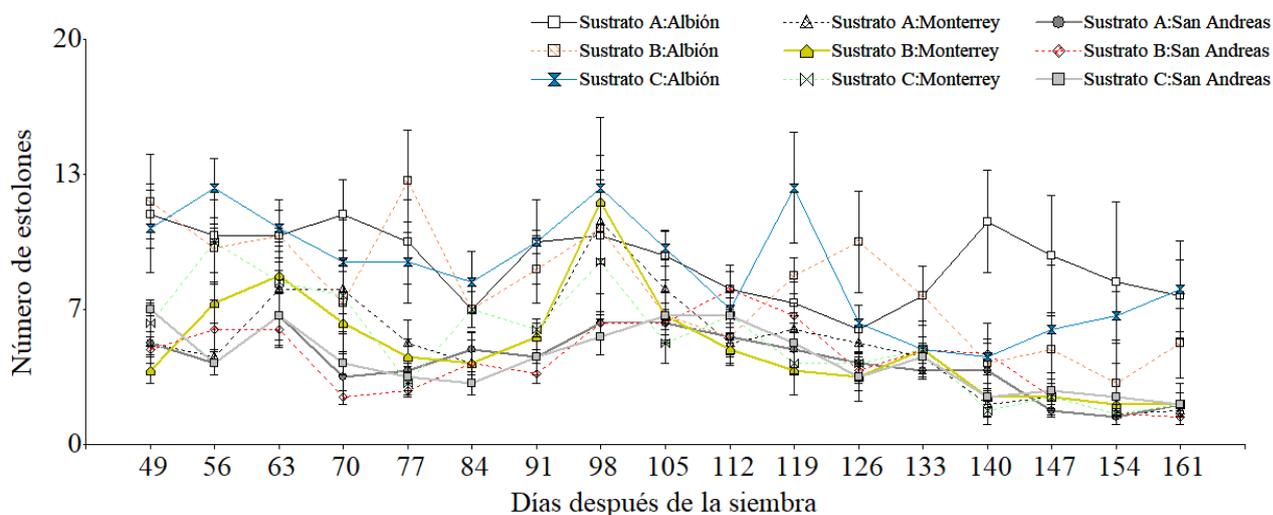
*ADEVA para la variable número de estolones*

Fuente de variación	GL FV	GL Fex	Valor F	Valor P
Días después de la siembra	16	296	15.52	0.0001
Variedad	2	296	154.54	0.0001
Combinación de sustrato	2	296	1.56	0.2115
Días después de la siembra: variedad	32	296	2.66	0.0001
Días después de la siembra: combinación de sustrato	32	296	1.01	0.4592
Variedad: combinación de sustrato	4	296	1.21	0.3058
Días después de la siembra: variedad: combinación de sustrato	64	296	4.13	0.0441

La figura 12 muestra que la variedad Albión es la que mayor número de estolones tiene con un promedio de 8.46 estolones, seguida por Monterrey con 4.92 estolones y por último San Andreas con 4.19 estolones. El mayor número de estolones se ve reflejado a los 77 días después de la siembra en la variedad Albión con el sustrato B con un promedio de 13 estolones siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos, el menor número de estolones se observa tanto en los días 154 y 161 en la variedad San Andreas en los sustratos A y B respectivamente. El mejor sustrato es el A con un promedio de 6.04, seguido por el sustrato C con 5.98 y el A con 5.62.

**Figura 12**

*Resultados de la variable número de estolones*



*Nota.* Sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%); sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%); sustrato C (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%).

Oliva (2018) en una investigaci3n evaluaron variedades de fresa bajo un sistema de acolchado a diferente distancia de siembra en la que la variedad Albi3n obtuvo una media de 8.80 estolones, Monterrey con 8.76 y San Andreas con 8.12 estolones. A comparaci3n con esta investigaci3n la variedad Albi3n (8.46) tuvo similitud con la investigaci3n del autor citado sin embargo la variedad Monterrey y San Andreas tuvo diferencias, esto puede deberse a que esas variedades tuvieron mejor desarrollo en el sistema del autor citado.

Por otro lado, Ibadango (2023) obtuvo el mejor promedio estolones en el sustrato (cascarilla de arroz 10% + fibra de coco 80% + pomina 10%) con 10.38 estolones siendo mayor al n3mero de estolones de esta investigaci3n. A comparaci3n de esta investigaci3n el sustrato con mayor n3mero de estolones es el A el cual tiene mayor cantidad de cascarilla de arroz, la investigaci3n del autor citado tuvo mayor n3mero con el sustrato con mayor cantidad de fibra de coco.

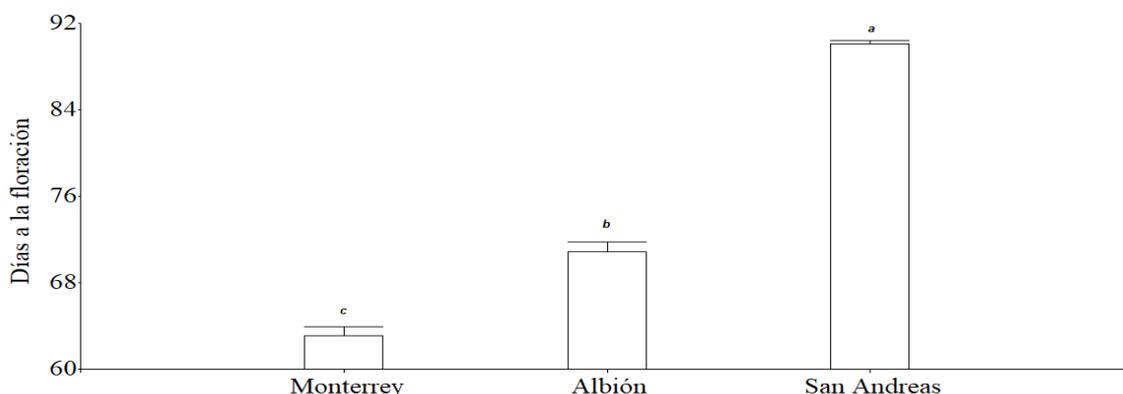
#### **4.4 Días a la floraci3n**

Los resultados del ADEVA para variable días a la floraci3n la interacci3n variedad y combinaci3n de sustrato ( $p$  valor=0.7519) y combinaci3n de sustrato ( $p$  valor=0.5003) indican que no existe diferencia significativa. Adem3s, para el factor variedad muestra que existe diferencia significativa ( $p$  valor= $<0.0001$ ). Los resultados se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14***ADEVA para la variable días a la floración*

Fuente de variación	GL FV	GL Fex	Valor F	Valor P
Combinación de sustrato	2	16	0.72	0.5003
Variedad	2	16	595.74	<0.0001
Combinación de sustrato: variedad	4	16	0.48	0.7519

La variedad Monterrey fue la primera en tener el 50% de floración que fue a los 63.11 días después de la siembra supera estadísticamente a la variedad Albión (70.89 días después de la siembra) y a la San Andreas (90.11 días después de la siembra) Figura 13.

**Figura 13***Resultados de la variable días a la floración*

*Nota.* Sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%); sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%); sustrato C (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%).

Paucar (2023) evaluó dos fertilizantes en variedades de fresa bajo cubierta, los resultados fueron tiempos más largos ya que obtuvo como resultado que la variedad Albión presentó su primera floración a los 150.88 días y la variedad Monterrey a los 158.37 días, esta variable se la registro cuando las plantas alcanzaron el 75% de floración. Esta diferencia se puede explicar a que las variaciones de tiempo de floración reflejan la influencia significativa de las condiciones ambientales, manejo y tipo de sistema en el desarrollo de las plantas.

#### 4.5 Días a la maduración

Los resultados del ADEVA para la variable días a la maduración la interacción variedad y combinación de sustrato (p valor=0.3784) y combinación de sustrato (p valor=0.1026) indican

que no existe diferencia significativa. Además, para el factor variedad si existe diferencia significativa (p valor=0.0373). Los resultados se muestran en la Tabla 15.

**Tabla 15**

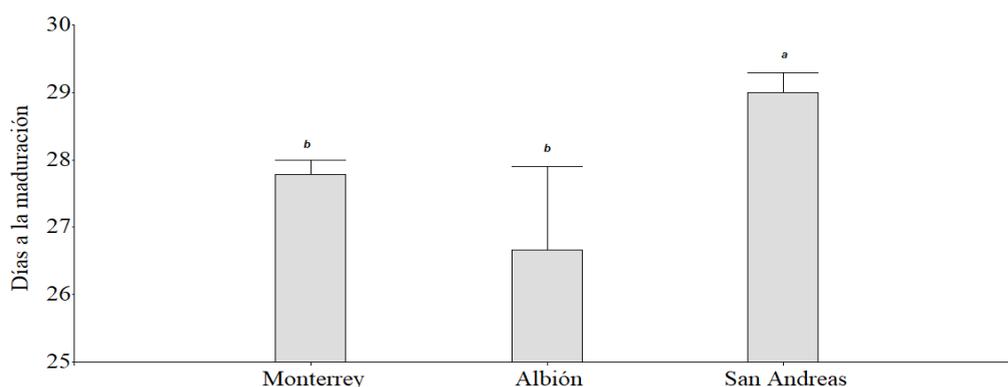
*ADEVA para la variable días a la maduración*

Fuente de variación	GL FV	GL Fex	Valor F	Valor P
Combinación de sustrato	2	16	2.63	0.1026
Variedad	2	16	4.07	0.0373
Combinación de sustrato: variedad	4	16	1.13	0.3784

En la figura 14 la variedad Albión fue la primera en tener el 50% de maduración que fue a los 26.67 días supera estadísticamente a la variedad Monterrey (27.78 días) y a la San Andreas (29 días). Esta variable se evaluó desde que se obtuvo el 50% de floración en cada variedad.

**Figura 14**

*Resultados de la variable días a la maduración*



*Nota.* Sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%); sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%); sustrato C (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%).

Garcés (2022) en su investigación de un sistema semi-hidropónico bajo cubierta con respecto a la variable días a la floración obtuvo como resultado la variedad Monterrey y San Andreas obtuvieron su maduración a los 33 días y la variedad Albión a los 34 días. A comparación con la investigación en estudio, la del autor citado se demoraron mayores días en llegar a la maduración.

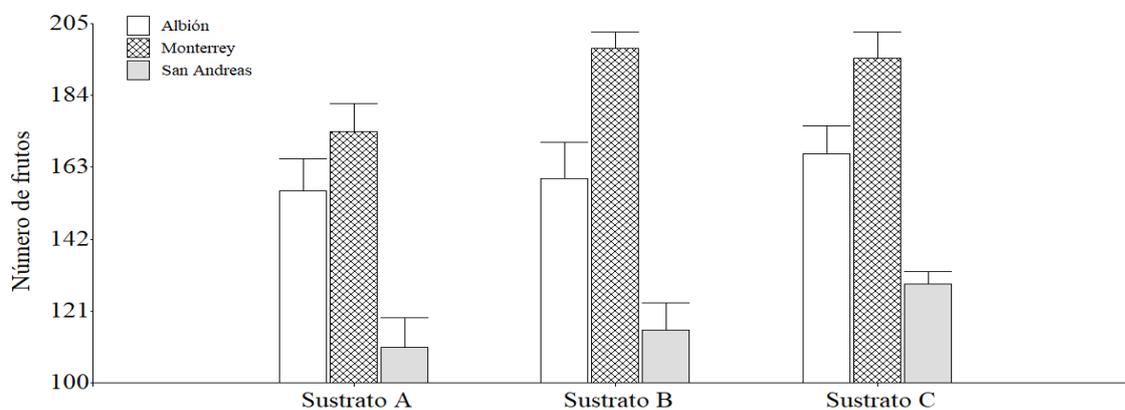
#### 4.6 Número de frutos

Los resultados del ADEVA para la variable número de frutos la interacción variedad y combinación de sustrato (p valor=0.0450) indican que existe diferencia significativa. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16***ADEVA para la variable número de frutos*

Fuente de variación	numDF	denDF	F-value	p-value
Combinación de sustrato	2	16	3.53	0.0537
Variedad	2	16	59.10	<0.0001
Combinación de sustrato: variedad	4	16	4.60	0.0450

Los resultados de la Figura 15 muestran que la variedad Monterrey en los sustratos B y C presentan las medias más altas 197.67 y 195 frutos seguidos por el sustrato A con 173.33 frutos indica superioridad de Monterrey con las demás variedades, sigue la variedad Albión con 167 frutos en sustrato C, 159.67 en el sustrato B y 156 en el sustrato A, mientras que la variedad San Andreas presenta los datos significativamente inferiores a las demás variedades con 129 en el sustrato C, 115.33 en el sustrato B y 110.33 en el sustrato A. El sustrato C es el más favorable para las variedades Albión y San Andreas y el sustrato B para la variedad Monterrey. Además, en los resultados el mejor sustrato es el sustrato C con una media de 491 frutos seguidos por el sustrato B con 472.67 frutos y por último el sustrato A con 439.66 frutos.

**Figura 15***Resultados de la variable número de frutos*

*Nota.* Sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%); sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%); sustrato C (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%).

Abad et al. (2020) evaluaron 2 variedades de fresa en microtúnel, en la variable número de frutos contabilizó los frutos durante 6 meses cada tratamiento tenía un total de 54 plantas en la que la variedad Monterrey con el tratamiento microtúnel tuvo 36.62 frutos/planta y la variedad

Albi3n 35.07 frutos/planta. A comparaci3n con el estudio presente son superiores esto puede deberse a que la fresa se desarrolla mejor en un sistema microt3nel que tiene un mayor control.

Adem3s, Ibadango (2023) compar3 mezclas de sustratos con diferentes soluciones nutritivas obtuvo como resultado que la mezcla 2 (cascarilla de arroz 80% + fibra de coco 10% + pomina 10%) obtuvo 44.56 frutos/planta, la mezcla 3 (cascarilla de arroz 10% + fibra de coco 80% + pomina 10%) 29.56 frutos/planta y la mezcla 1 (cascarilla de arroz 45% + fibra de coco 45% + pomina 10%) 16.77 frutos/planta. Estos resultados son mayores a los obtenidos en esta investigaci3n esto puede deberse a la soluci3n nutritiva utilizada, combinaci3n de sustratos y a las condiciones ambientales del lugar ya que la investigaci3n del autor citado se realiz3 en el cant3n Ibarra y la del presente estudio en el cant3n Cotacachi.

#### **4.7 Calidad sanitaria del follaje y frutos (Incidencia y severidad)**

En la presente investigaci3n no se registr3 incidencia ni severidad de plagas y enfermedades en el cultivo de fresa durante la experimentaci3n. Esto puede explicar a que en este estudio se utiliz3 un sistema hidrop3nico vertical con uso de agua potable como riego, el cual favoreci3 la no presencia de plagas y enfermedades. Adem3s, se utiliz3 sustratos inertes que evitan la presencia de pat3genos.

De acuerdo con Carpio (2020) el uso del sistema hidrop3nico para la producci3n de fresa ayuda a prevenir el ataque de plagas y enfermedades en el cultivo. Adem3s, menciona que el uso de agua potable para el riego es beneficioso porque este est3 libre de contaminantes y algunas enfermedades que son producidas por el agua. Tambi3n, Rodas (2024) menciona que, en el sistema hidrop3nico al no tener contacto directo con el suelo, las ra3ces de las plantas quedan protegidas de pat3genos, hongos, bacterias, malezas y enfermedades que se encuentran en el suelo por lo que el contagio se reduce a 0. Adem3s, la utilizaci3n de sustratos inertes contribuye a evitar pat3genos al cultivo. En la Figura 16 se muestra la calidad sanitaria del follaje en el estudio.

## Figura 16

*Calidad sanitaria del follaje en el estudio*



En la Figura 17 se muestra la calidad sanitaria del fruto durante la experimentación.

## Figura 17

*Calidad sanitaria del fruto en el estudio*



### 4.8 Longitud del fruto

De acuerdo con los resultados del ADEVA la variable longitud la interacción variedad y combinación de sustrato ( $p$  valor=0.0481) indican que existe diferencia significativa. Los resultados se muestran en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*ADEVA para la variable longitud de los frutos*

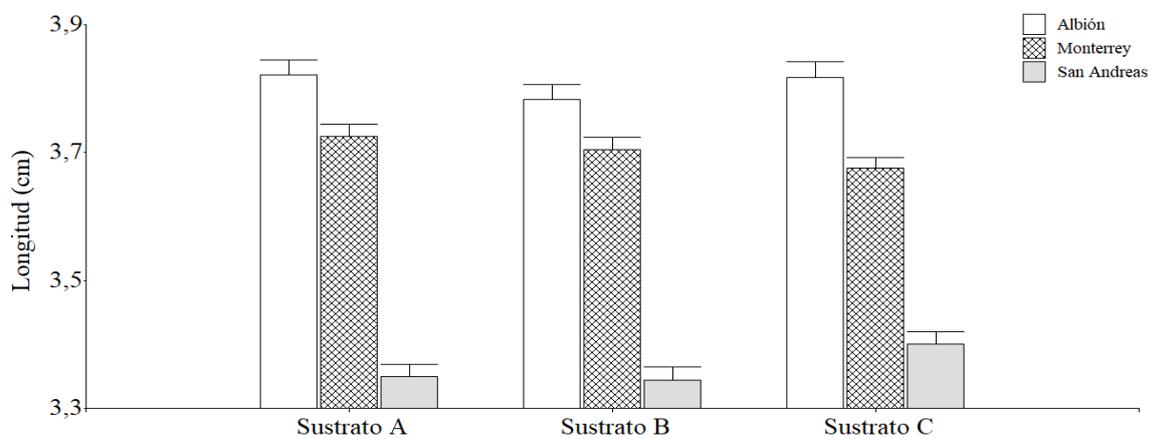
Fuente de variación	GL FV	GL Fex	Valor F	Valor P
Combinación de sustrato	2	4201	0.81	0.4435
Variedad	2	4201	301.76	<0.0001
Combinación de sustrato: variedad	4	4201	4.79	0.0481

La variedad Albión es la que mejor promedio de longitud en los frutos posee en los tres sustratos con 3.82 cm en el sustrato A, 3.82 cm en sustrato C y 3.78 cm en el sustrato B siendo

estadísticamente iguales entre sustratos en Albión, sin embargo, se observa diferencias significativas con las demás variedades, seguidamente sigue la variedad Monterrey con un promedio de 3.73 cm en el sustrato A, 3.70 cm en el B y 3.67 cm en el C y la que tuvo resultados significativamente inferiores fue la variedad San Andreas con 3.40 cm en el sustrato C, 3.35 cm en el A y 3.35 cm en B. Al igual que en la variedad Albión la variedad Monterrey y San Andreas los tres sustratos son iguales estadísticamente. Los resultados se muestran en la Figura 18.

**Figura 18**

*Resultados de la variable longitud (cm) en los frutos*



*Nota.* Sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%); sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%); sustrato C (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%).

Los resultados de esta investigación mostraron una longitud de los frutos en la variedad Albión (3.82 cm), Monterrey (3.73 cm) y San Andreas (3.40 cm) en el mejor sustrato cada variedad, estos datos de la longitud del fruto fueron más pequeños a comparación con la investigación de Oliva et al. (2018) los cuales evaluaron variedades de fresa bajo un sistema de acolchado a diferente distancia de siembra, los resultados mostraron que la Variedad Albión sembrada a 30 cm obtuvieron una longitud media de 5.66 cm, a 45 cm alcanzó 5.61 cm, por su parte Monterrey a 30 cm presentó 5.97 cm y a 45 cm de 5.67 cm, finalmente San Andreas a 30 cm obtuvo frutos de 4.96 cm y a 45 cm de 4.90 cm. Esta diferencia se pudo dar a diversos factores como son la distancia de siembra, el sistema en que se realizó el estudio y las condiciones ambientales.

También, Guerrero (2020) en su investigación evaluó sustratos en un sistema hidropónico en el que los tratamientos T2 (cascarilla de arroz 70% - fibra de coco 30%) obtuvo 4.01 cm de longitud, T3 (cascarilla de arroz 50% - fibra de coco 50%) 4.11 cm y T2 (cascarilla de arroz

30% - fibra de coco 70%) 3.79 cm. Estos resultados se asemejan a la investigación en estudio tanto en longitud como en el tipo de combinación de sustratos que tuvo mayor longitud.

#### 4.9 Diámetro del fruto

De acuerdo con los resultados del ADEVA la variable diámetro la interacción variedad y combinación de sustrato ( $p$  valor=0.0280) indican que existe diferencia significativa. Los resultados se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 18**

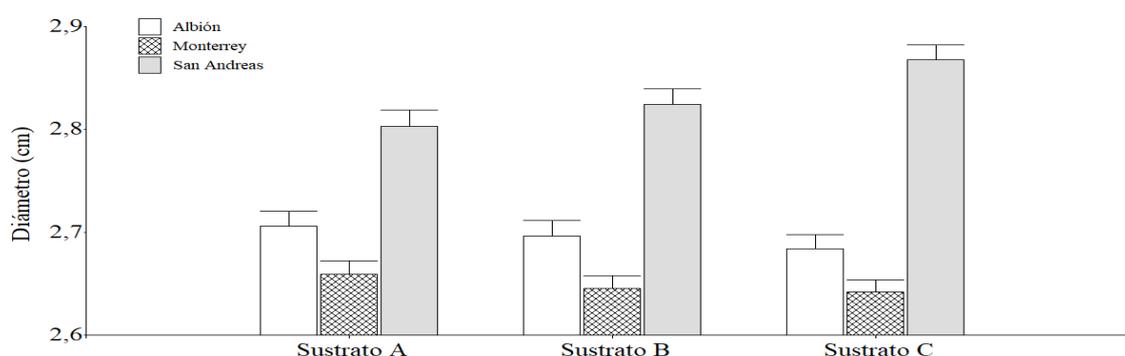
*ADEVA para la variable diámetro de los frutos*

Fuente de variación	GL FV	GL Fex	Valor F	Valor P
Combinación de sustrato	2	4201	0.33	0.7198
Variedad	2	4201	128.10	<0.0001
Combinación de sustrato: variedad	4	4201	2.72	0.0280

Los resultados de la Figura 19 muestran que la variedad San Andreas es la que mejor promedio de diámetro en los frutos posee en los tres sustratos con 2.87 cm en el sustrato C, 2.82 cm en sustrato B y 2.80 cm en el sustrato A, sin embargo, se observa diferencias significativas con las demás variedades, seguidamente la variedad Albión con un promedio de 2.71 cm en el sustrato A, 2.70 cm en el B y 2.68 cm en el C y la que tuvo resultados significativamente inferiores fue la variedad Monterrey con 2.66 cm en el sustrato A, 2.65 cm en el B y 2.64 cm en C.

**Figura 19**

*Resultados de la variable diámetro (cm) en los frutos*



*Nota.* Sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%); sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%); sustrato C (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%).

Abad et al. (2020) evaluaron variedades de fresa con efecto microtúnel en el que la variedad Albión tuvo mejor diámetro con una media de 3.30 cm y Monterrey que obtuvo 3.26 cm, estos

valores son mayores a la investigación en estudio, así como también la investigación de Mejía (2017) que evaluó tres variedades y tres sustratos en un sistema semi-hidropónico en el que la variedad Monterrey presento el mejor diámetro con una media de 3.63 cm seguida por San Andreas con 3.46 cm y Albión con 3.27 cm. La diferencia de estos datos se pudo dar por el tipo de sustrato como es el que realizaron Abad et al. (2020) y por el tipo y combinación de sustratos realizados por Mejía (2017).

Ibadango (2017) tuvo como resultado que la variedad que mayor promedio de diámetro fue Albión con 2.84 cm seguida por Monterrey 2.80 cm y San Andreas con 2.74 cm. Estos resultados son similares a esta investigación. Además, Ibadango (2023), tuvo el mayor diámetro (3.82 cm) en el sustrato (cascarilla de arroz 80% + fibra de coco 10% + pomina 10%) siendo similar al de esta investigación ya que el sustrato que tuvo mayor promedio de diámetro fue el sustrato A en la variedad Albión y Monterrey el cual tiene mayor cantidad de cascarilla de arroz a diferencia de San Andreas que el que mejor diámetro fue en el sustrato C el cual tiene mayor fibra de coco, esto quiere decir que la combinación de sustratos tiene que ver en el desarrollo de cada variedad.

#### 4.10 Peso del fruto

De acuerdo con los resultados del ADEVA la variable peso la interacción variedad y combinación de sustrato (p valor=0.0483) indican que existe diferencia significativa. Los resultados se muestran en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*ADEVA para la variable peso de los frutos*

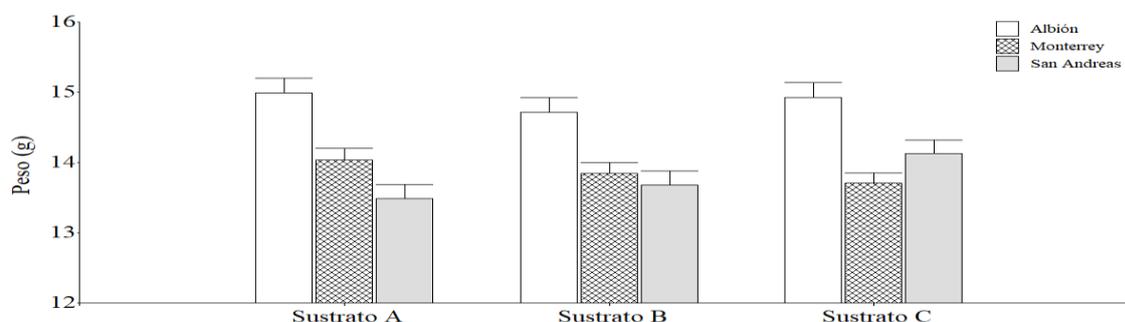
Fuente de variación	GL FV	GL Fex	Valor F	Valor P
Combinación de sustrato	2	4201	0.54	0.5838
Variedad	2	4201	32.31	<0.0001
Combinación de sustrato: variedad	4	4201	3.74	0.0483

Los resultados de la Figura 20 muestran que la variedad Albión es la que mejor promedio de peso en los frutos posee en los tres sustratos con 14.99 g en el sustrato A, 14.93 g en sustrato C y 14.72 g en el sustrato B siendo estadísticamente iguales entre sustratos en Albión, sin embargo, se observa diferencias significativas con las demás variedades, sigue la variedad San Andreas con el sustrato C con 14.13 g, Monterrey con un promedio de 14.04 g en el sustrato A, 13.84 g en el B y 13.70 g en el C y la que tuvo resultados significativamente inferiores fue la variedad San Andreas con 13.68 g en el sustrato B y 13.49 g en el sustrato A. El mejor

sustrato es el A para la variedad Monterrey y Albión y para la variedad San Andreas es el sustrato C.

**Figura 20**

*Resultados de la variable peso (g) en los frutos*



*Nota.* Sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%); sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%); sustrato C (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%).

Abad et al. (2020) evaluaron variedades de fresa con efecto microtúnel en el que la variedad Albión tuvo mejor promedio de peso con 23.95 g seguida por la Monterrey con 23.94 g, también, Oliva (2018) probó un sistema acolchado con diferentes distancias de siembra en el la variedad Albión con distancia de 30 cm obtuvo un peso promedio de 19.25 g, la variedad Monterrey 19.09 g y San Andreas con 14.83 g, a comparación con estas investigaciones los datos de los dos autores citados son mayores. Esto puede deberse al sistema de cultivo cual tiene mayor control sobre el manejo del cultivo sin embargo y al sistema Oliva (2018) que es un sistema acolchado. Sin embargo, alcanzo pesos mayores a comparación de la investigación de Ibadango (2017) en un sistema hidropónico vertical la cual la variedad Albión tuvo un peso promedio de 11.77 g, Monterrey 11.18 g y San Andreas 10.58 g.

#### 4.11 Rendimiento

De acuerdo con los resultados del ADEVA la variable peso la interacción variedad y combinación de sustrato ( $p$  valor=0.0451) indican que existe diferencia significativa. Los resultados se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*ADEVA para la variable rendimiento*

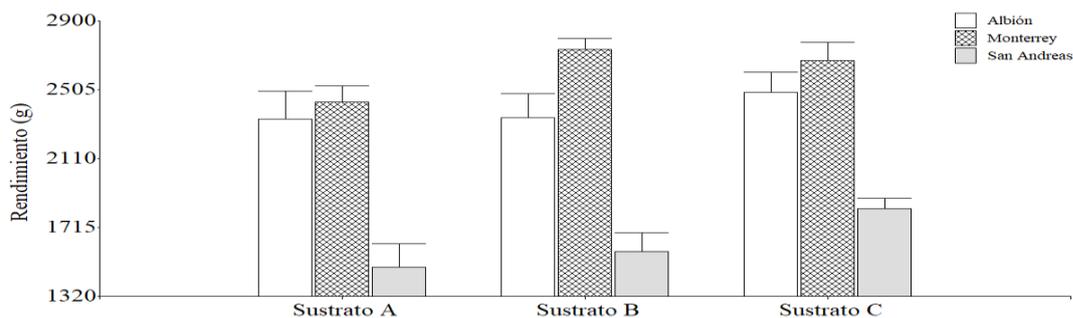
Fuente de variación	GL	GL Fex	Valor F	Valor P
Combinación de sustrato	2	16	3.45	0.0569
Variedad	2	16	63.04	<0.0001
Combinación de sustrato: variedad	4	16	3.75	0.0451

Los resultados de la Figura 21 muestra que la variedad Monterrey tiene el mejor rendimiento con 2736.33 g con el sustrato B siendo estadísticamente diferentes a los demás tratamientos, sigue la Monterrey con el sustrato C con 2672.67 g, Albión con el sustrato C con 2488.33 g, Monterrey con el sustrato A con 2433.33 g, Albión con el sustrato B con 2345.33 g, Albión con el sustrato A con 2339 g y la que tuvo resultados significativamente inferiores fue la San Andreas con el sustrato C con 1822.67 g, San Andreas con el sustrato B con 1577.67 g y San Andreas con el sustrato A con 1488.33 g. El mejor sustrato es el B para la variedad Monterrey y para la variedad Albión y San Andreas es el sustrato C.

En términos generales el mejor sustrato es el C con una media de 6983.67 g, seguidamente el sustrato 6659.33 g y por último el sustrato A con 6260.66 g, estos datos son de las tres variedades.

**Figura 21**

*Resultados de la variable rendimiento*



*Nota.* Sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%); sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%); sustrato C (cascarilla de arroz 20% + fibra de coco 60% + pomina 20%).

Oliva (2018) en su investigación con un sistema de acolchado Albión tiene un rendimiento de 1052.59 g/panta a 30 cm de distancia de siembra, Monterrey a 30 cm un rendimiento de 1068.61 g/plantas, San Andreas a 30 cm un rendimiento de 967.83 g/planta, los datos se obtuvieron durante 8 meses. A comparación a la de la presente investigación la variedad Albión obtuvo un rendimiento de 204 g/planta, Monterrey 218 g/planta y San Andreas 136 g/planta, los rendimientos del autor son superiores esto puede deberse a que los datos tomados de la presente investigación se realizaron en 13 semanas, al sistema de cultivo y a las condiciones ambientales.

Huacón (2020) comparó variedades de fresa en un sistema hidropónico NFT en el que tuvo un rendimiento en la variedad Monterrey de 324.75 kg/ha, Albión 506.5 kg/ha y San Andreas 75 kg/ha, a comparación con los resultados de esta investigación son bajos esto quiere decir que

el sistema hidropónico vertical es mejor al NFT. Cabe mencionar que el autor citado menciona que las condiciones no fueron favorables para su investigación.

#### 4.12 Relación costo/beneficio

La Tabla 21 muestra los resultados del costo/beneficio por hectárea de los tratamientos en estudio. El tratamiento que mejor costo/beneficio fue el T2 (variedad Monterrey con el sustrato B (cascarilla de arroz 40% + fibra de coco 40% + pomina 20%)) con 1.74 y el que menor costo/beneficio tuvo fue el tratamiento T7 (variedad San Andreas con el sustrato A (cascarilla de arroz 60% + fibra de coco 20% + pomina 20%)) con 0.95. El rendimiento de la fresa se lo realizó para 1000 metros cuadrados con un periodo de producción de tres años.

**Tabla 21**

*Costos y beneficios en 1000 metros cuadrados de los tratamientos en estudio*

<b>Tratamiento</b>	<b>Costo (USD/1000 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Rendimiento (Kg/1000 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Precio de venta al mercado (\$)</b>	<b>Costo/beneficio</b>
T1	10619.4	9625.98	1.76	1.6
T2	10800.6	10682.49	1.76	1.74
T3	10986.4	10447.71	1.76	1.67
T4	10619.4	9156.42	1.76	1.52
T5	10800.6	9156.42	1.76	1.49
T6	10986.4	9743.37	1.76	1.56
T7	10619.4	5752.11	1.76	0.95
T8	10800.6	6221.67	1.76	1.01
T9	10986.4	7160.79	1.76	1.15

Huacon (2020) en un sistema hidropónico NFT tuvo como resultado que la variedad Monterrey un costo/beneficio de -0.55, Albión con -0.30 y San Andreas -0.89. Estos resultados son muy bajos a los de la presente investigación esto puede deberse al sistema de cultivo utilizado y al manejo que se le dio al cultivo. Además, Abad et al. (2020), en un sistema microtúnel obtuvo un costo/beneficio de 1.59 tanto en la variedad Monterrey, estos datos son inferiores a la investigación en estudio esto quiere decir que el sistema hidropónico vertical con mezclas de sustratos tiene un efecto positivo en la variedad Monterrey, en la variedad Albión el autor obtuvo un costo/beneficio de 1.59 similar a los de la presente investigación.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

La variedad Albión presentó mejor comportamiento en las variables de porcentaje de prendimiento, altura, días a la maduración, longitud del fruto, peso del fruto y número de estolones. Por otro lado, la variedad Monterrey presentó superioridad en los días de floración, número de frutos y rendimiento. Finalmente, la variedad San Andreas sobresalió en la variable diámetro del fruto.

El mayor rendimiento en el estudio se registró con la variedad Monterrey con las tres combinaciones de sustratos, y el mejor tratamiento fue el T2 (variedad Monterrey con el sustrato B (cascarilla de arroz 40%, fibra de coco 40% y pomina 20%)) con un rendimiento de 2736.33 g.

Las combinaciones de sustratos en un sistema hidropónico vertical afectan directamente en el desarrollo y rendimiento de las variedades de fresa en el estudio, ya que cada variedad se desarrolla diferente en cada sustrato, lo que resalta la necesidad de elegir el sustrato correcto para obtener un rendimiento óptimo de cada variedad de fresa.

Las variedades de fresa cultivadas en los distintos sustratos y en un sistema hidropónico vertical no presentaron incidencia y severidad de plagas y enfermedades durante la investigación.

En el análisis económico el mejor tratamiento es el T2 (Variedad Monterrey; cascarilla de arroz 40%, fibra de coco 40% y pomina 20%) con una relación costo/beneficio de 1.74, en donde por cada dólar invertido se tiene una ganancia de 0.74 dólares.

## 5.2 Recomendaciones

- Realizar investigaciones en diferentes condiciones ambientales para verificar si la variedad Albión presenta mejor características morfológicas y que la variedad Monterrey sigue teniendo el mejor rendimiento.
- Evaluar la incidencia de plagas y enfermedades durante varios ciclos productivos del cultivo de fresa para verificar si la ausencia de estas no es un caso particular.
- Realizar investigaciones en donde se prueben diferentes soluciones nutritivas para aumentar el rendimiento del cultivo de fresa en un sistema hidropónico vertical.
- Utilizar la variedad Monterrey con el sustrato B (cascarilla de arroz 40%, fibra de coco 40% y pomina 20%) ya que fue el tratamiento que mayor relación costo/beneficio obtuvo en la presente investigación con 1.74.
- Se recomienda dejar una distancia de 30 centímetros entre el suelo y la primera planta para evitar exceso de humedad y de que los frutos toquen el suelo.
- Realizar investigaciones de grados Brix en el cultivo de fresa en un sistema hidropónico vertical con mezclas de sustratos.

## REFERENCIAS

- Abad, C., Jiménez, L. y Capa, E. (2020). Efecto de la cubierta (microtúnel) en la productividad de dos variedades de fresa (*Fragaria vesca*) en el sector Cajanuma cantón Loja. *Revista de Ciencias de la Vida* 31(1) 2020:131-141. file:///C:/Users/user/Desktop/1390-3799-lgr-31-01-00131.pdf
- Alvarado, Y., Mendoza, R., Sandoval, A., Vega, J. y Franco, I. (2020). Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenidos en dos sistemas de cultivo. RIIIT. *Revista internacional de investigación e innovación tecnológica*, 8(43), 18-29. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-97532020000200002](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532020000200002)
- Arellano, J. (2020). *Producción y comercialización de frutilla (Fragaria sp) en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura*. [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTN <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10527/2/03%20AGN%20070%20TRAB-AJO%20GRADO.pdf>.
- Benavidez, A., Cisne, J., Morán, J. y Duarte, H. (2022). Producción orgánica de fresa (*Fragaria spp.*), Las Sabanas Madriz, Nicaragua. *Guía Técnica N° 34. Producción orgánica de fresa (Fragaria spp.), Las Sabanas Madriz, Nicaragua*. <https://repositorio.una.edu.ni/4573/1/NF62B456.pdf>
- Birgi, J. & Gargaglione, V. (2021). Producción y calidad de dos variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa Duch*) en hidroponía en Santa Cruz. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 13(1), 95–106. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v13.n1.791>
- Briceño, H. (2021). *Evaluación de 3 variedades de frutilla (Fragaria x ananassa) en un sistema semi hidropónico, bajo condiciones de invernadero*. [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco De Quito UFQS]. Repositorio Universidad San Francisco De Quito UFQS. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/10958/1/134361.pdf>
- Calderón, A., Angulo, C., Rodríguez, D., Grijalba, M., y Pérez, M. (2013). Evaluación de Materiales para el Acolchado de la Fresa Cultivada Bajo Invernadero. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 9(1), 8–19. <https://doi.org/10.18359/rfcb.352>
- Camacho, W., Barros, J., Crespo, N. y Mejía, J. Medición de la productividad en la actividad agrícola. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 5(2), 80-90. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4725768>
- Cámara de comercio de Bogotá. (2015). Manual fresa. Recuperado de [https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Normatividad/8.%20Estudio\\_Cultivo%20de%20la%20Fresa\\_C%3%A1maraComercio.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Normatividad/8.%20Estudio_Cultivo%20de%20la%20Fresa_C%3%A1maraComercio.pdf)
- Carpio, A- (2020). *Evaluación del rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa (Fragaria x ananassa Duch.) CV. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos, bajo sistema hidropónico en mangas verticales*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio UCSM. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0d6a5db0-9b83-4be3-a6be-52ca1a51a9a1/content>
- Ccente, J., Contreras, L., Huamán, R., & Ochoa, L. (2021). Sustratos y tiempos de cosecha en el rendimiento del forraje verde hidropónico de la cebada. *Revista De investigación científica Siglo XXI*, 1(2), 63–71. <https://doi.org/10.54943/rcsxxi.v1i1.171>
- Cerero, L., Velasco, V., Sandoval, M., Ruiz, J., Enríquez, J. (2024). Cultivo de fresa (*Fragaria ananassa Duch.*) en sistemas hidropónicos con mezclas de sustratos. *Acta Agron. vol.72 no.1*

Palmira Jan./Mar. 2023 Epub May 27, 2024.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28122023000100070](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122023000100070)

- Constitución De La República Del Ecuador. (2008). Constitución De La República Del Ecuador. Recuperado de <file:///C:/Users/user/Downloads/03%20AGP%20445%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Departamento de agricultura de los Estados Unidos. (2022). Fresas crudas. Recuperado de <https://fdc.nal.ca.gov/food-details/2346409/nutrients>
- Dias, D. (2023). *Determinación del efecto de agrooil sobre la incidencia de necrosis radical de fresa fragaria x ananassa (duch) variedad Monterrey*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38128/1/030%20Agronom%C3%ADa%20-%20D%C3%ADas%20Panimboza%20Damaris%20Pamela.pdf>
- Encuesta de superficie y Producción Agropecuaria Continua. (2023). Información ambiental y tecnificación agropecuaria – Módulo métodos de producción y ambiente. Recuperado de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Modulo\\_Ambiental\\_ESPAC/2023/Plantilla\\_PPT\\_ESPAC\\_2024\\_29\\_04\\_2024.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Modulo_Ambiental_ESPAC/2023/Plantilla_PPT_ESPAC_2024_29_04_2024.pdf)
- Flores, M. (2018). *Evaluación de sustratos y soluciones nutritivas en la producción hidropónica con sustratos sólidos en fresa (Fragaria x ananassa)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28424/1/Tesis-200%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20585.pdf>
- GADPR QUIROGA. (2015). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Quiroga. Archivo digital. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20QUIROGA.pdf>
- Galloza, D. y Ponce, L. (2020). *Prácticas insostenibles en la biota del suelo a partir del manejo y sistemas agrícolas. una revisión sistemática entre el 2009-2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27446/Galloza%20Romero%20Diego%20Alonso\\_Ponce%20Gamboa%20Lizbeth%20Paola.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27446/Galloza%20Romero%20Diego%20Alonso_Ponce%20Gamboa%20Lizbeth%20Paola.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Garcés, E. (2022). *Determinación de una tecnología de producción orgánica en cuatro variedades del cultivo de fresa (Fragaria x ananassa d.) semi-hidropónico, bajo cubierta*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital. <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/16540/1/13T00972.pdf>
- Guerrero, E. (2020). Evaluación de sustratos bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa con variables de calidad. *Informador Técnico*, 85(1), 52-63. <https://doi.org/10.23850/22565035.2922>
- Guerrero, E. M. G. (2021). Evaluación de sustratos bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa con variables de calidad. *Informador técnico*, 85(1), 52-63. <http://doi.org/10.23850/22565035.2922>
- Guzmán, A. (2021). Guzmán Jua, A. R. (2020). *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 grado,

Universidad San Francisco de Quito USFQ]. Archivo digital. <https://docplayer.es/220901202-Universidad-san-francisco-de-quito-usfq-alcidesramon-guzman-jua.html>

- Huacon, R. (2020). *Desarrollo morfológico y rendimiento de tres variedades de fresa mediante un sistema hidropónico NFT cantón Guayaquil, Guayas*. [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Archivo digital. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/HUACON%20COELLO%20RUBEN%20DARIO.pdf>
- Ibadango, F. (2017). *Eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (Fragaria vesca L.), En la Granja Experimental Yuyucocha, Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6405/1/03%20AGP%20211%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Ibadango, F. (2023). *Evaluación de soluciones nutritivas y sustratos en el rendimiento de fresa variedad Monterrey (Fragaria x ananassa Duch.) cultivada en un sistema hidropónico vertical*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Archivo digital. <file:///C:/Users/user/Desktop/TESIS%20FELIX%20IBADANGO.pdf>
- Inga, C. (2021). *Evaluación de cuatro variedades de frutilla (Fragaria x ananassa Duch) en dos sistemas semi hidropónicos*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. Archivo digital. <file:///C:/Users/user/Downloads/13T00978.pdf>
- Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán. (2018). Manual de producción de fresa en Coalcomán Michoacán. Recuperado de <https://www.itscoalcoman.edu.mx/content/descargas/vinculacion/MANUAL%20PARA%20CULTIVO%20DE%20FRESA%20EN%20COALCOMAN.pdf>
- Jácome, H. (2019). *Evaluación de tres dosis de fosfitos de zinc para mejorar la producción en el cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) en el cantón Tulcán – provincia del Carchi*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Repositorio UPEC. <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/757/1/340%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20tres%20dosis%20de%20fosfitos%20de%20zinc%20para%20mejorar%20la%20producci%C3%B3n%20en%20el%20cultivo.pdf>
- Kirschbaum, D. S. (2022). Manejo, recolección y calidad de la fresa. SPE3 (España). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/356253807\\_Manejo\\_recoleccion\\_y\\_calidad\\_de\\_la\\_fresa](https://www.researchgate.net/publication/356253807_Manejo_recoleccion_y_calidad_de_la_fresa)
- Lema, W. (2025). *Aprovechamiento de fresa (Fragaria sp.) de calidad no comercial para el desarrollo de una lámina de fruta*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/c496b08e-5a5c-4ddb-9867-75bff73a4ea0>
- Líra, R. y Ruiz, M. (2023). Producción de plantas de fresa con calidad genética, fisiológica y fitosanitaria. [https://vun.inifap.gob.mx/VUN\\_MEDIA/BibliotecaWeb/\\_media/\\_folletotecnico/14565\\_5350\\_Producci%C3%B3n\\_de\\_plantas\\_de\\_fresa\\_con\\_calidad\\_gen%C3%A9tica\\_fisiol%C3%B3gica\\_y\\_fitosanitaria.pdf](https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_folletotecnico/14565_5350_Producci%C3%B3n_de_plantas_de_fresa_con_calidad_gen%C3%A9tica_fisiol%C3%B3gica_y_fitosanitaria.pdf)
- López, E. (2019). *Evaluación de dos sustratos para la producción de tres cultivares de tomate Cherry (Lycopersicum esculentum Mill) Var. Cerasiforme (Dunal) en invernadero*. [Tesis de

- grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Archivo digital. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10738/1/13T0880.pdf>
- López, J. (2018). La producción hidropónica de cultivos. *Idesia (Arica)*, 36(2), 139-141. [https://www.researchgate.net/publication/328034986\\_La\\_produccion\\_hidroponica\\_de\\_cultivos](https://www.researchgate.net/publication/328034986_La_produccion_hidroponica_de_cultivos)
- Manotoa, M. (2023). *Evaluación productiva y económica de los productores de Fragaria ananassa (Fresa) en el cantón Ambato, año 2021*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/19331/1/20T01715.pdf>
- Mantuano, N. (2024). *Uso de fertilizantes químicos y su efecto en la degradación de suelo agrícola en la finca Alejandro Ponce, Parroquia La América*. [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6188/1/Mantuano%20Mero%20Nayeli%20Nicole.pdf>
- Medina, J. S., Pinzón, E. H., y Cely, G. E. (2016). Efecto de sustratos orgánicos en plantas de fresa (*Fragaria sp.*) cv Albión bajo condiciones de campo. *Ciencia y Agricultura*, 13(2), 19-28. <https://doi.org/10.19053/01228420.v13.n2.2016.5548>
- 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 grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio UTB. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3201>
- Mena, L. (2017). *Impacto del abonamiento integral en el rendimiento y calidad de fresa (Fragaria x ananassa Duch.) cv. Selva bajo sistema de riego por goteo y cobertura plástica en el distrito de Cayma – Arequipa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio.CONCYTEC. <https://repositorio.concytec.gob.pe/entities/publication/8f1fbd69-7922-4c93-99b4-4dc49adaebd2>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2007). Agrocadena de fresa. Recuperado de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9555.pdf>
- Morales, C. G., y Riquelme, J. (2017). Manual de manejo agronómico de la frutilla. Recuperado de [https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29444/INIA\\_Libro\\_0043.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29444/INIA_Libro_0043.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Muyulema, M. (2021). *Evaluación de la productividad de dos orígenes de fresa variedad Albión (Fragaria ananassa) en la parroquia Montalvo*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34715/1/Tesis-307%20%20Ingenier%20C3%ADa%20Agron%20C3%B3mica%20%20Muyulema%20Chaglla%20Maritza%20Jeannette.pdf>
- Oliva, M., Oliva, J. y Trauco, C. (2018). Determinación de parámetros fisicoquímicos y productividad de cinco variedades de fresa (*Fragaria spp.*) cultivadas bajo sistema de acolchado en Molinopampa, Amazonas. *Rev. de investig. agroproducción sustentable* 2(3), 30-38. 10.25127/aps.20183.401
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). Una respuesta creativa a las crisis: la agricultura no convencional. <https://www.fao.org/faostories/article/es/c/1277280/>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023a). Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023b). 2050: un tercio más de bocas que alimentar. Recuperado de <https://www.fao.org/news/story/es/item/35675/icode/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20los%20%C3%BAltimos%20c%C3%A1lculos%20de,en%20los%20pa%C3%ADses%20en%20desarrollo.>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es>
- Palchisaca, M. (2018). *Evaluación de soluciones nutritivas con cinco dosis de calcio en el cultivo de fresa (Fragaria ananassa) cultivar albión mediante fertirriego en la parroquia San Luis cantón Riobamba*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8488/1/13T0860.pdf>
- Paucar, L. (2023). *Evaluación de dos fertilizantes en semihidroponía en dos variedades de fresa (Fragaria x ananassa d.), bajo cubierta*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/21355/1/Luis%20David%20Paucar%20Aquila.pdf>
- Pazmiño, N. (2016). *El uso de extracto natural de canela (Cinnamomum zeylanicum) y cola de caballo (Equisetum arvense L.) para el control de Botrytis cinerea en el cultivo de fresa (Fragaria ananassa)*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24285/1/tesis-055%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20435.pdf>
- Quintero, M., Guzmán, J. y Valenzuela, J. (2012). Evaluación de sustratos alternativos para el cultivo de miniclavel (*Dianthus caryophyllus L.*). *Revista colombiana de ciencias hortícolas - vol. 6 - no. 1 - pp. 76-87*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2011-21732012000100008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732012000100008)
- Quispe, E. W. A., Tapia, M. L., Pezoa, A. B., Laguna, O. T., Gonzales, J. W., y Contreras, V. H. E. (2018). Evaluación de la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional en lechuga (*Lactuca sativa L.*) cultivadas en los sistemas acuapónico e hidropónico. *In Anales científicos (Vol. 79, No. 1, pp. 101-110)*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6479996>
- Restrepo, A., Cortés, M., y Rojano, B. (2009). Determinación de la vida útil de fresa (*Fragaria ananassa Duch.*) fortificada con vitamina E. *Dyna, 76(159), 163-175*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532009000300017&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532009000300017&script=sci_arttext)
- Reyes, J., Pimienta de la Torre, J., Rodríguez, J., Fuentes, A., y Palomeque, E. (2018). Calidad de planta de Gmelina arborea Roxb. producida con diferentes mezclas de sustratos en vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales, 9(47), 111-130*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322018000300111&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322018000300111&script=sci_arttext)
- Riofrio, E., Pacheco, K. y Rodríguez, I. (2023). Evaluación de la adaptación y producción de cultivares de fresa con efecto microtúnel en el Cantón Chilla. *Revista Científica Agroecosistemas, 11(1), 132- 137*. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

- Rodas, D. (2024). *Estudio de mercado para la implementación de cultivos hidropónicos de hortalizas (Lactuca sativa) aplicado a estudiantes de gastronomía del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio UNL. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28999/1/DavidGonzalo\\_RodasMacas.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28999/1/DavidGonzalo_RodasMacas.pdf)
- Santoyo, J. A., y Martínez, C. O. (2010). Paquete tecnológico para la producción de fresa. SAGARPA-Fundación PRODUCE Sinaloa AC México. Folleto técnico. Recuperado de <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/component/phocadownload/category/29-frutales?download=23:paquete-tecnologico-para-la-produccion-de-fresa>
- Saucedo, S., Arguello, L., Vilema, S. y Ruíz, M. (2024). Uso de fertilizantes químicos en el fomento productivo agrícola del Ecuador. *Revista Killkana Técnica*. Vol. 8, No. 1, pp. 27 – 38. <https://www.doi.org/10.26871/killkanatecnica.v8i1.1531>
- Solórzano Giler, J., & Loor Saltos, J. (2022). Método hidropónico en la producción del cultivo de cilantro. *Revista Científica Sinapsis*, 21(1). <https://doi.org/10.37117/s.v21i1.683>
- Spinelli, L. (Sin fecha). Curso inicial de hidroponía. Recuperado de <https://planetavivo360.com/wp-content/uploads/2022/03/Material-Curso-de-Hidroponia.pdf>
- Valencia, M. (2024). Guía: Materiales básicos para comenzar un cultivo hidropónico. Recuperado de <https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/pdf/MaterialesBasicosCultivoHidroponico.pdf>
- Yauricasa, J. (2019). *Rendimiento de fresa (Fragaria x ananassa Duch) en dos sistemas de hidroponía bajo cobertura plástica*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3787/TESIS-2019-AGRONOMIAYAURICASA%20TORNERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

## ANEXOS

### Anexo 1

*Implementación del lugar de ensayo*



### Anexo 2

*Limpieza del lugar de experimentación*



### Anexo 3

*Instalación para el sistema hidropónico*



#### **Anexo 4**

Instalación de los sensores



#### **Anexo 5**

*Medición del peso de los sustratos*



#### **Anexo 6**

*Mezcla de los sustratos*



## **Anexo 7**

*Llenado de sustratos en las mangas*



## **Anexo 8**

*Colocación de las mangas en la estructura hidropónica*



## **Anexo 9**

*Realización de hoyos para la siembra*



## **Anexo 10**

*Siembra de las plántulas*



## **Anexo 11**

*Instalación del sistema de riego*



## **Anexo 12**

*Fertilización*



## Anexo 13

### *Toma de datos*

