



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD DE TRES VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria*  
*spp*) EN SISTEMAS HIDROPÓNICOS CON Y SIN  
SUSTRATO EN MANGLARALTO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autora:** María Elena Maldonado Miranda.

**LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD DE TRES VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria*  
*spp*) EN SISTEMAS HIDROPÓNICOS CON Y SIN  
SUSTRATO EN MANGLARALTO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autora:** María Elena Maldonado Miranda

**Tutor:** Ing. Marlon Alexis Mena Montoya, Mgtr

**LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025**

## **TRIBUNAL DE GRADO**

Trabajo de Integración Curricular presentado por **María Elena Maldonado Miranda** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10/12/2025.

---

Ing. Lenni Crisol Ramírez Flores, Mgtr.  
**DIRECTORA DE CARRERA**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.  
**PROFESORA ESPECIALISTA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Marlon Mena Montoya, Mgtr.  
**PROFESOR TUTOR**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.  
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Washington Perero Vera, MSc  
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO**  
**SECRETARIO**

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi profundo reconocimiento, en primera instancia, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por facilitarme el ingreso de poder estudiar también, a mi Facultad de Ciencias Agrarias de la carrera de Agropecuaria por permitirme el espacio necesario para ejecutar el experimento en sus instalaciones Centro de Apoyo Manglaralto.

De forma muy particular, quiero reconocer a mi tutor Ing. Marlon Mena Montoya, por su dedicación, asesoramiento, dirección y aportes significativos a lo largo de este proceso de titulación. De la misma manera a los demás docentes de mi Facultad por sus conocimientos impartidos y sus valiosos consejos.

De la misma manera a mis padres y a toda mi familia, por sus esfuerzos constantes, su confianza absoluta en mis habilidades y su incesante aliento. Gracias a su apoyo he logrado enfrentar cada obstáculo y materializar este anhelo; esta conquista representa también el resultado del afecto, las enseñanzas y los valores que siempre me han transmitido.

Por último, manifiesto mi sincero aprecio a mis colegas y amigos, Lorena González, José Soriano y Elmer Méndez, por su amistad, lealtad y solidaridad; así como a mi novio, Ángel Tomalá, por su cariño, comprensión y respaldo permanente, quien estuvo presente en cada etapa de este extenso recorrido universitario

*Elena*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por permitirme avanzar con fortaleza y cumplir uno de mis objetivos más anhelados. De la misma manera a todas las personas por sus palabras de aliento y su confianza constante por toda esta trayectoria académica. Extiendo esta dedicatoria con especial a mi padre Edwin Reyes Maldonado, cuyo amor incondicional ejemplo de esfuerzo y enseñanza han sido el pilar fundamental para llegar hasta aquí. Finalmente, hoy cierro esta etapa con el corazón agradecido, llevando en cada página el reflejo del amor, la fe y el apoyo que me sostuvieron cuando mis fuerzas flaquearon.

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Centro de Apoyo Manglaralto -provincia de Santa Elena, el objetivo del trabajo fue determinar la adaptabilidad de tres variedades de fresa (*Fragaria* spp) Monterrey, Albión californiano y Albión chileno en un sistema hidropónico. La investigación se justifica por los escasos recursos del agua en la región costera del Ecuador, lo que limita la agricultura tradicional y promueve la búsqueda de alternativas sostenibles para optimizar el uso de recursos hídricos y edáficos como la hidroponía. Se implementó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones evaluando parámetros agronómicos, fitosanitarios y físicos. Los resultados mostraron diferencias significativas en la adaptabilidad y el desempeño, donde una de las variedades presentó su mayor desarrollo foliar y radicular, lo que se traduce en una mejor eficiencia en la absorción de nutrientes y una adaptación al sistema hidropónico. En términos productivos la variedad chilena con sustrato turba registró el mayor número de promedio de frutos por planta y un peso del fruto superior, mientras que la variedad californiana fue la más precoz, alcanzando la floración a los 60 días en ambas condiciones. En cuanto al comportamiento fitosanitario las incidencias de plagas como (*Tetranychus urticae* y *Helicoverpa armigera*) fueron leves y controlables mediante manejo fitosanitario preventivo. El sistema se mantuvo con pH 5.5 y 6.5, una conductividad eléctrica 1.2 a 1.5 dS/m condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de la planta. Se determina que la hidroponía es una técnica eficiente y sostenible para determinar la adaptabilidad de las variedades en el cultivo de fresa en zona semi áridas, garantizando alta productividad, calidad del fruto y aprovechamiento del agua, enfocándose en la productividad comercial y optimizando la solución nutritiva.

**Palabras claves:** Solución nutritiva, Sustentabilidad, Propagación

## ABSTRACT

The present research was carried out at the Manglaralto Support Center, located in the province of Santa Elena. The objective of this work was to determine the adaptability of three strawberry varieties (*Fragaria spp*) — Monterrey, Albion Californian, and Albion Chilean — in a hydroponic system. The study is justified by the water scarcity in Ecuador's coastal region, which limits traditional agriculture and promotes the search for sustainable alternatives to optimize the use of water and soil resources, such as hydroponics. A Completely Randomized Design (CRD) was implemented with six treatments and four replications, evaluating agronomic, phytosanitary, and physical parameters. The results showed significant differences in adaptability and performance, with one variety exhibiting greater foliar and root development, which translated into higher nutrient absorption efficiency and better adaptation to the hydroponic system. In productive terms, the Chilean variety with peat substrate recorded the highest average number of fruits per plant and greater fruit weight, while the Californian variety was the earliest, reaching flowering at 60 days under both conditions. Regarding phytosanitary performance, pest incidences such as *Tetranychus urticae* and *Helicoverpa armigera* were mild and manageable through preventive pest management practices. The system was maintained at a pH between 5.5 and 6.5, and an electrical conductivity of 1.2 to 1.5 dS/m, which are optimal conditions for plant growth and development. It is concluded that hydroponics is an efficient and sustainable technique for determining the adaptability of strawberry varieties in semi-arid areas, ensuring high productivity, fruit quality, and efficient water use, with a focus on commercial yield and optimization of the nutrient solution.

**Keywords:** Nutrient solution, Sustainability, Propagation.

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE TRES VARIEDADES DE FRESA EN SISTEMAS HIDROPÓNICOS CON Y SIN SUSTRATO EN MANGLARALTO”** y elaborado por **María Elena Maldonado Miranda**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

### **Transferencia de derechos autorales.**

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

---

Firma del estudiante

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
PROBLEMA CIENTÍFICO.....	6
OBJETIVOS .....	7
Objetivo General: .....	7
Objetivos Específicos:.....	7
HIPÓTESIS .....	7
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>8</b>
1.1.1. ORIGEN .....	8
1.2. Taxonomía del cultivo.....	8
1.3. MORFOLOGÍA.....	8
1.3.1. Semilla .....	8
1.3.2. Germinación .....	9
1.3.3. Raíz.....	9
1.3.4. Tallo.....	9
1.3.5. Hoja .....	9
1.3.6. Flor.....	9
1.3.7. Polen .....	10
1.3.8. Fruto.....	10
1.4. FENOLOGÍA DE LA FRESA .....	10
1.4.1. Inicio de la fase de reposo .....	10
1.4.2. Fase de reproducción vegetativa.....	10
1.4.3. Fase de crecimiento vegetativo.....	11
1.4.4. Fase floración .....	11
1.4.5. Fase de fructificación.....	11
1.5. PRINCIPALES VARIEDADES .....	11
1.5.1. Albión chilena.....	11
1.5.2. Albión Californiana .....	11
1.5.3. Monterrey .....	12
1.6. SUSTRATO TURBA .....	12
1.7. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES .....	12
1.8. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS .....	12
1.8.1. Altitud.....	12
1.8.2. Precipitación .....	13
1.8.3. Humedad relativa.....	13
1.8.4. Radiación(luz) .....	13
1.8.5. Temperatura.....	13
1.9. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS .....	13
1.9.1. pH .....	13
1.9.2. Conductividad eléctrica (CE) (dS/m) .....	14
1.10. PRODUCCIÓN.....	14
1.11. CALIDAD DE FRUTO.....	15
1.12. PRECIO .....	16
1.13. MANEJO AGRONÓMICO.....	16
1.14. ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN DE HIDROPONÍA .....	17
1.15. CARACTERÍSTICAS DE LA HIDROPONÍA .....	18
1.16. TIEMPO DE PRODUCCIÓN .....	18

1.17.	PLAGAS .....	18
1.18.	ENFERMEDADES .....	19
1.19.	FACTORES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA .....	20
1.20.	SISTEMA DE EFICIENCIA DE AGUA.....	20
1.21.	NUTRICIÓN DEL CULTIVO HIDROPÓNICO.....	20
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>22</b>
2.1.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA .....	22
2.1.2	Caracterización del Centro de Apoyo Manglaralto .....	22
2.2	MATERIALES EQUIPOS Y REACTIVOS .....	23
2.2.1	Equipos .....	23
2.2.2	Sustrato .....	23
2.2.3	Materiales de oficina .....	23
2.2.4	Variedades .....	23
2.2.5	Nutrientes.....	23
2.2.6	Materiales de invernadero .....	23
2.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	24
2.3.1	Tratamientos .....	24
2.3.2	Croquis del experimento.....	25
2.3.3	Delimitación diseño experimental .....	25
2.4	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	26
2.4.1	Construcción del sistema hidropónico.....	27
2.4.2	Trasplante de variedades de fresa al sistema .....	27
2.4.3	Manejo del sistema .....	27
2.4.4	Riego.....	27
2.4.5	Fertilización .....	28
2.4.6	Toma de datos.....	29
2.5	VARIABLES Y PARÁMETROS POR ANALIZAR .....	31
2.5.1	Comportamiento agronómico .....	31
2.5.2	Comportamiento fitosanitario.....	31
2.5.3	Productivas y de calidad .....	32
2.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	33
<b>CAPÍTULO 3 . RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>34</b>
<b>3.1 COMPORTAMIENTO VEGETATIVO Y PRODUCTIVO .....</b>		<b>34</b>
3.1.1	PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO O ENRAIZAMIENTO (%)......	34
<b>3.1.2 NÚMERO DE HOJAS .....</b>		<b>35</b>
<b>3.1.3 DÍAS A LA FLORACIÓN .....</b>		<b>36</b>
<b>3.1.4 ALTURA DE LA PLANTA (CM) .....</b>		<b>37</b>
Comportamiento fitosanitario .....		39
<b>3.2.1 INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE PLAGAS (%).....</b>		<b>39</b>
<b>3.3 CALIDAD PRODUCTIVA .....</b>		<b>40</b>
<b>3.3.1 FRUTOS POR PLANTA (FP).....</b>		<b>40</b>
<b>3.3.2 LONGITUD Y PESO DEL FRUTO.....</b>		<b>41</b>
<b>3.3.3 COLOR, TEXTURA DE LA FRESA.....</b>		<b>43</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>44</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>44</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>45</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>46</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>54</b>
<b>ANEXOS 2 FOTOGRAFÍA DEL EXPERIMENTO .....</b>		<b>60</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Clasificación Taxonómica Trópicos, 2020. ....	8
<b>Tabla 2.</b> Plaga del cultivo en la fresa (Cajamarca, 2002). ....	18
<b>Tabla 3.</b> Enfermedades del cultivo de las fresas (Cajamarca, 2002). ....	19
<b>Tabla 4.</b> Promedios de factores climáticos de Manglaralto Pozo, 2024. ....	22
<b>Tabla 5.</b> Esquema ANOVA. ....	24
<b>Tabla 6.</b> Descripción de los Tratamientos. ....	25
<b>Tabla 7.</b> Sistema hidropónico Fuente: (Huacon, 2020). ....	25
<b>Tabla 8.</b> Composición de las soluciones nutritivas utilizadas en el sistema hidropónico. ..	28
<b>Tabla 8.</b> Escala para evaluar la incidencia de plagas (Oliva <i>et al.</i> , (2018).....	32
<b>Tabla 9.</b> Escala para evaluar la severidad de plagas Oliva <i>et al.</i> (2018).....	32
<b>Tabla 10.</b> Porcentaje de enraizamiento (%) en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto.....	34
<b>Tabla 11.</b> Número de hojas en la en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto. ....	36
<b>Tabla 12</b> Altura de la planta de la fresa en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto.....	38
<b>Tabla 16.</b> Porcentaje de plagas en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto. ....	39
<b>Tabla 13.</b> Frutos por planta en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto. ....	41
<b>Tabla 15.</b> Textura y color del cultivo en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de Centro de Apoyo Manglar alto UPSE. fuente.....	22
<b>Figura 2.</b> Tratamientos y repeticiones del sistema hidropónico. ....	
<b>Figura 3.</b> Croquis del sistema hidropónico.....	25
<b>Figura 4</b> Días de floración en el cultivo de fresa.....	37

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Cuadro ANOVA para la variable hoja
- Anexo 2.** Cuadro ANOVA para la variable altura
- Anexo 3** Cuadro ANOVA para la variable altura
- Anexo 4** Cuadro ANOVA para la variable hoja
- Anexo 5** Cuadro ANOVA para la variable fruto
- Anexo 6** Cuadro ANOVA para la variable TF
- Anexo 7** Cuadro ANOVA para la variable PF
- Anexo 8.** Prueba de normalidad de la variable Hoja mediante Shapiro-Wilks
- Anexo 9.** Prueba de normalidad de la variable Altura mediante Shapiro-Wilks
  
- Anexo 10.** Lugar donde se recogieron los estolones Rio Verde.
- Anexo 11.** Enraizamiento de raíz
- Anexo 12.** Construcción de la estructura hidropónica
- Anexo 13.** Colocación de las plantitas al sistema hidropónico.
- Anexo 14.** Variedad 3 sin sustrato.
- Anexo 15.** Variedad 3 con sustrato.
- Anexo 16** Desarrollo y crecimiento
- Anexo 17.** Variedad 3 su primer fruto.
- Anexo 18** En su floración
- Anexo 19.** Sus primeros estolones
- Anexo 20.** Toma de parámetros físicos
- Anexo 21.** desarrollo del fruto
- Anexo 22.** Peso del Fruto.
- Anexo 23.** Tamaño del fruto.
- Anexo 24.** Preparación de dos muestras de sustrato.
- Anexo 25.** Toma de datos de los sustratos.
- Anexo 26.** Controlador de ácaros.
- Anexo 27.** Fumigación para controlar los ácaros.
- Anexo 28.** En su fase de producción.
- Anexo 29.** Muestra de floración
- Anexo 30.** Toma de datos cada semana

**Anexo 31.** Muestra del desarrollo de la raíz, tallo, hoja y Frutos

**Anexo 32.** En la fase de la cosecha

**Anexo 33.** Resultados de la primera cosecha.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023), El cultivo de fresa (*Fragaria spp.*) a nivel mundial es importante debido a su alto valor comercial y su demanda constante en el mercado. En el año 2023, su producción global de fresa alcanzó aproximadamente 9.2 millones de toneladas, siendo Estados Unidos, China y México siendo uno de los principales productores agrícolas según la Organización de las naciones unidas para la alimentación.

Además, la fresa tiene propiedades nutricionales como su alto contenido de vitamina C, antioxidantes, fibra dietética y minerales esenciales, tiene un potente poder antioxidante que ayuda a reducir el riesgo de enfermedades crónicas, razones por las cuales hacen de este cultivo apetecible por el mercado internacional (FAO, 2023).

El cultivo de fresa en Ecuador ha mostrado un alto incremento de producción significativo en los últimos años, especialmente en las provincias de la región andina entre ella una de las provincias de Tungurahua, Pichincha y Cotopaxi, donde las condiciones climáticas son favorables para el cultivo de fresas. En el año 2022, la producción nacional se estimó en 45.000 Tm, destinadas tanto para el consumo interno como para la exportación nos menciona el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC,2023). En Tungurahua la producción anual asciende aproximadamente 15.000 Tm siendo Ambato y sus alrededores los principales centros de cultivo debido a la combinación de suelos volcánicos fértiles y un clima templado. Por su parte con una producción cercana a las 18.000 Tm anuales esta Pichincha, donde destaca el uso de tecnologías modernas como invernaderos y sistema de riego por goteo, que han optimizado los rendimientos. También esta Cotopaxi, con una producción de 12.000 Tm al año estimada, sobreventa por la adaptabilidad de las variedades de fresa a altitudes superiores a los 2.500 msnm, lo que permite obtener calidad de frutos (FAO, 2023).

Ante estos registros de producción y beneficios del cultivo de fresa se ha logrado, consolidarse como un producto estratégico en varias regiones del país. Aunque su producción se concentra principalmente en las provincias andinas, la región costera también ha mostrado un desarrollo notable en este cultivo, especialmente en la provincia de Santa Elena del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2023).

Una de las problemáticas a nivel local para el cultivo de fresas y otras especies agrícolas, es la escasez de agua, como un problema en la región costera de Ecuador, lo que ha conllevado al bajo nivel del uso del suelo para las producciones agrícolas. Adicional a esto, el desconocimiento de los agricultores en nuevas alternativas de producción y uso sostenible de los recursos, ha limitado la sustentabilidad y desarrollo de las familias rurales en varios sectores de la provincia, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria local Mora *et al.* (2020), por lo que se hace necesario analizar nuevas estrategias para optimizar el uso de recursos hídricos y edáficos y que a la vez mejoren la productividad (Chaglla, 2021) .

Ante este escenario, para superar las limitaciones en la producción de cultivos en especial el de fresas, surge una técnica como el cultivo hidropónico como una de las alternativas, que permite cultivar plantas sin suelo, utilizando soluciones nutritivas que optimizan el consumo de nutrientes y agua (Resh, 2022). Este procedimiento no solo responde a la problemática de escasez de agua, sino que también contribuye a desarrollar la eficiencia en el manejo de recursos y a mejorar la calidad de productos agrícolas.

La investigación tiene como objetivo evaluar la adaptabilidad de tres variedades de fresas en sistemas hidropónico en el centro de apoyo de Manglaralto ubicado en la provincia de Santa Elena con el fin de identificar opciones viables y sostenibles para la producción del cultivo de fresa en estas zonas con limitaciones hídricas (Resh, 2022).

## **Problema Científico**

La fresa es un cultivo de gran importancia económica y nutricional en diversas partes del mundo, incluyendo Ecuador. Su producción de alimentos enfrenta múltiples retos que dificultan el trabajo de los agricultores. Dentro de estas problemáticas, sobresalen los elevados gastos de producción, la falta de agua, y la expansión de plagas y enfermedades por esta razón se emplea la adaptabilidad de tres variedades de fresa para identificar el comportamiento agronómico de cada una de las variedades en Manglaralto, razón por la que surge la siguiente interrogante:

¿En qué medida los sistemas hidropónicos con y sin sustrato permiten obtener un buen desarrollo vegetativo, adecuado rendimiento, calidad y sanidad del cultivo de fresa en condiciones de casa de sombra agrícola en Santa Elena?

## **Objetivos**

### **Objetivo General:**

- Determinar la adaptabilidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato bajo condiciones de casa de sombra agrícola en el Centro de Apoyo Manglaralto.

### **Objetivos Específicos:**

1. Evaluar el crecimiento vegetativo y productivo de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato.
2. Monitorear el comportamiento fitosanitario de tres variedades de fresa cultivadas en sistemas hidropónicos con y sin sustrato.
3. Analizar la calidad de los frutos de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato bajo condiciones de casa de sombra agrícola.

## **Hipótesis**

La adaptabilidad de las tres variedades de fresa está influenciada por el tipo de sistema hidropónico (con sustrato y sin sustrato), lo cual se refleja en su crecimiento vegetativo, rendimiento, comportamiento fitosanitario y calidad del fruto bajo condiciones de casa de sombra en Manglaralto.

# CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1. Marco conceptual

### 1.1. El cultivo de fresa

#### 1.1.1. Origen

El cultivo de fresa (*Fragaria spp*) es una planta estolonífera, pertenece al orden Rosales y específicamente que la familia Rosáceas, donde apareció originalmente en Europa y su nombre proviene del cruce genético entre *Fragaria* que fue reconocida por su voluminoso tamaño y por su delicado sabor, este híbrido fue el resultado de la combinación entre *Fragaria chiloensis*, originaria de América, y *Fragaria virginiana*, proveniente de América del Norte. Su cultivo se ha expandido globalmente debido a su adaptabilidad y alto valor comercial (Briceño, 2021).

#### 1.2. Taxonomía del cultivo

**Tabla 1** Clasificación Taxonómica Trópicos, 2020.

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Orden</b>	Rosales
<b>Familia</b>	Rosaceae
<b>Subfamilia</b>	Rosoidae
<b>Genero</b>	<i>Fragaria</i>
<b>Especie</b>	<i>Fragaria chiloensis var. Ananassa</i>

#### 1.3. Morfología

##### 1.3.1. Semilla

Las semillas tienen tres partes principales: un embrión, una capa de hidromiel (testa) y el endospermo (cotiledón). La función de cada una de estas partes es muy específica. Su longitud y forma 200um. Forma ovoide, su cubierta se origina a partir de los tegumentos interno y externo del rendimiento seminal, los cuales se convertirán en el tegmen y la testa de la semilla, respectivamente, normalmente tegmen y testa están unidos y es difícil separarlos, excepto en algunas plantas como las judías, conjuntamente se denominan epispermo o cubierta seminal (Megias *et al.*, 2018).

### **1.3.2. Germinación**

Proceso mediante el embrión de la semilla se activa, se desarrolla y crece hasta la emisión de una radícula la germinación inicia generalmente a los 6 días, pero puede tomar 30 días o más para que germinen todas las semillas viables (Megias *et al.*, 2018).

### **1.3.3. Raíz**

Es un ejemplo de una raíz fasciculada también conocida como raíz fibrosa. Esta raíz se caracteriza por tener múltiples raíces de similar tamaño que se originan en la base del tallo de la planta, pueden ramificarse en raíces secundarias y a su vez en raíces más pequeñas, su textura es suave y lisa al tacto, su color suele ser marrón, blanco o ligeramente amarillento. La zona de crecimiento apical o meristemo, donde se produce el crecimiento en longitud de la raíz (Sánchez *et al.*, 2023).

### **1.3.4. Tallo**

Parte aérea de la planta su función es desde la conducción, la fotosíntesis, el almacén de sustancias y de soporte siendo que soporta al resto de los órganos aéreos laterales, como son las hojas en la fase vegetativa y la flores o inflorescencia en la fase vegetativa reproductiva, además de a los órganos derivados de ellas como son los frutos y semillas (Sánchez *et al.*, 2023).

### **1.3.5. Hoja**

La hoja es un órgano lateral y en ocasiones terminal, donde se origina a partir de los rudimentos foliares del ápice vegetativo caulinar y se diferencia en dos zonas, el limbo y el peciolo. También es el órgano fotosintético por excelencia, al igual que es el responsable de controlar la transpiración, evitando la pérdida excesiva de agua (Chuncho *et al.*, 2019).

### **1.3.6. Flor**

Conjunto de antófilos, considerado un eje caulinar denominado pedúnculos. Es una yema corta y especializada, perecedera, con crecimiento limitado y con hojas modificadas. Las flores se pueden presentar en diferentes lugares de la planta (Sánchez *et al.*, 2023).

### **1.3.7. Polen**

Se define como la transferencia de polen de la parte masculina de una flor a la parte femenina de la flor, generalmente la flor de otra planta. Algunas especies de la planta se autopolinizarán con flores cruzadas (son polinizadoras por otra planta). Este intercambio de material genético, una característica de la producción sexual, aumenta la diversidad en la población (Dutra *et al.*, 2023).

### **1.3.8. Fruto**

Se considera al fruto como el órgano que contiene a la semilla hasta el final de su maduración. Es un ovario maduro con algunas partes añadidas como el receptáculo, cáliz y brácteas. El fruto no solo protege, sino que también ayuda a la dispersión de la semilla, bien de forma activa o pasiva. Su longitud y su forma aumentan de tamaño. Eterio de 10-17mm, ovoide turbinado o su globoso, semejante: aquenios (0.6) 1-15mm, glabros, no hundidos y alveolos del pseudocarpo  $2n=14$ ;  $n=7(4,5)$ . Su color de los aquenios puede ser amarillo, rojo, verde o marrón (Dutra *et al.*, 2023).

## **1.4. Fenología de la fresa**

Indica Benavides et al. (2022) que las etapas en el desarrollo del cultivo de fresa se encuentran:

### **1.4.1. Inicio de la fase de reposo**

Con la incidencia de días cortos y temperaturas bajas, ocurre una polinización progresiva del crecimiento con acumulación de reservas en la raíz, la cual comienza con la iniciación floral y la fase de reposo (Resh, 2022).

### **1.4.2. Fase de reproducción vegetativa**

Cuando existen días largos y temperaturas altas, la planta crece por emisión de estolones. Este producto de los estolones que surgen las nuevas plantas que servirán para multiplicar la plantación de las nuevas plántulas donde son seccionadas por el productor en donde aquellas sin afectaciones de plagas, enfermedades y vigorosas serán empleadas para su multiplicación (Rivas *et al.*, 2021).

### **1.4.3. Fase de crecimiento vegetativo**

Con temperaturas altas y días largos, reinicia la actividad vegetativa donde se aprecia la formación de hojas nuevas. En esta fase se prepara para emitir estructuras reproductivas para el crecimiento vegetativo (Ibadango, 2023).

### **1.4.4. Fase floración**

Es observada en campo cuando de 3 a 5 flores para determinar la evolución y el desarrollo de cada una de las primeras flores de cada variedad ya así se evaluando la fase de floración (Cadena, 2017) .

### **1.4.5. Fase de fructificación**

En el momento de la cosecha el productor realiza un monitoreo de plagas y enfermedades en las plantas y frutos, así mismo verificar afectaciones por animales silvestres que son atraídos por el olor de los frutos cuando alcanzan su fase de desarrollo del fruto (Galarraga, 2018).

## **1.5. Principales Variedades**

En su investigación Muyulema (2021), indica que las variedades Monterrey, Albión chileno y Albión californiano se encuentran entre las más consumidas y comercializadas por sus características deseadas por los consumidores de esta fruta. Al ser variedades californianas pasan por estrictos controles de normas de calidad esto ayuda a garantizar sus sanidad y productividad, por estas razones son las únicas plantas que pueden ingresar en Ecuador con residuos de suelo para su propagación (Velázquez, 2008).

### **1.5.1. Albión chilena**

Esta variedad presenta un fruto firme de color rojo externo con pulpa de color moderado con gran acumulación de azúcares (10 a 14°Brix) y excelente vida post cosecha. Posee mayor tolerancia a lluvias y a enfermedades Antracnosis, Oidio, Vercillium y Phytophthora (*Phytophthora cactorum*) y a la plaga araña roja (Chaglla, 2021).

### **1.5.2. Albión Californiana**

Esta variedad se caracteriza típicamente larga, cónica y muy simétrica. El fruto es firme y de color rojo oscuro por dentro y por fuera, es resistente a la marchitez de

Verticillium y relativamente resistente a la pudrición de la corona de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) (Chaglla, 2021).

### **1.5.3. Monterrey**

El fruto posee un sabor dulce de coloración roja. Esta variedad presenta un buen desarrollo siendo esta vigorosa y con una floración muy abundante. Donde necesita temperaturas entre 12-25°C, en la etapa de desarrollo floral una temperatura de 12-18°C. Necesidad lumínica de 12 horas diarias pH óptimo de 6-7 (Huacon, 2020).

### **1.6. Sustrato turba**

La turba es un sustrato orgánico formado por la descomposición parcial de vegetales en ambientes pantanosos con poco oxígeno. Se caracteriza por ser muy ligera, esponjosa y tener una excelente capacidad de retención de agua, aunque es pobre en nutrientes(López,1970).

### **1.7.Requerimientos nutricionales**

El pH ideal está entre 5.8 y 6.5. En cuanto para los requerimientos nutricionales, son cuatro principales el fósforo, potasio, magnesio, y calcio, y se recomienda que evalúen los niveles de todos a menudo para así asegurarse de que sean los adecuados para una producción sostenida a lo largo de los años típicamente los nutrientes pueden ser aplicados a las plantas de fresa en cualquier momento del año, con la excepción del nitrógeno (Santos, 2022).

### **1.8.Requerimientos climáticos**

Según Carpio *et al.* (2020) presenta los requerimientos climáticos a continuación:

#### **1.8.1. Altitud**

Se pueden cultivar a una altura 800 a 2500 m.s.n.m, donde dependen de las condiciones climáticas de la región. Las fresas prosperan mejor en altitudes donde las temperaturas son moderadas y se evitan extremos de calor o frío. En estas alturas, las temperaturas nocturnas frescas favorecen la acumulación de azúcares en el fruto, mejorando su sabor y calidad. Sin embargo, es importante considerar la incidencia de heladas en altitudes más elevadas y tomar medidas de protección, como el uso de coberturas o sistemas de riego por aspersión para mitigar sus efectos. La elección de variedades adaptadas a la altitud y al clima local también es esencial para el éxito del cultivo (Flores, 2018).

### **1.8.2. Precipitación**

La precipitación anual esta entre 900 y 1500 mm para el cultivo de fresa, debe haber humedad suficiente durante el desarrollo y crecimiento del mismo, y época relativamente cálida y seca en la maduración del fruto, ya que una época lluviosa, frio y nublado en la etapa de maduración afecta el rendimiento y calidad del fruto (Sánchez, 2021).

### **1.8.3. Humedad relativa**

El cultivo de fresa debe tener un rango óptimo para que se encuentra entre 60-75 %, un porcentaje muy alto de humedad donde, contribuye al desarrollo de enfermedades ocasionadas por hongos, por el contrario, cuando la humedad es baja las plantas sufren daños fisiológicos que afectan la producción (Huacon, 2020).

### **1.8.4. Radiación(luz)**

Sin mucho que agregar es uno de los cultivos que requieren 12 horas diarias de luz al día para una buena producción de frutos (Huacon, 2020).

### **1.8.5. Temperatura**

El cultivo de fresa se desarrolla de manera adecuada entre temperaturas de 15-20°C promedio, temperaturas diurnas de 15-18°C hasta 25°C y nocturnos entre 8-10 °C, este siendo un factor importante en la etapa de floración y fructificación para el desarrollo de frutos en la planta, aunque existen variedades capaces de adaptarse a zonas más cálidas (Carpio, 2020).

## **1.9. Requerimientos edáficos**

La fresa se adapta bien a los suelos francos y franco-arenosos, estos suelos deben de tener un buen drenaje para el normal crecimiento y desarrollo de la planta, la textura del suelo también permitirá debe una adecuada aireación de las raíces, evitando encharcamientos que puedan provocar enfermedades. Un manejo adecuado del suelo y su fertilidad es clave para garantizar una producción de fresas de alta calidad (Flores, 2018).

### **1.9.1. pH**

El rango óptimo para el cultivo de fresa es un pH de 5.5 a 6.5, pudiendo desarrollarse en un rango de 4.5 a 7 Sin embargo, niveles de pH por debajo de 5 pueden limitar la disponibilidad de algunos nutrientes, mientras que valores superiores a 7 pueden inducir

deficiencias, especialmente de hierro y manganeso. Es recomendable realizar análisis periódicos del suelo para ajustar el pH mediante enmiendas, como el uso de azufre elemental para acidificar o cal agrícola para alcalinizar. Mantener el pH dentro del rango ideal no solo mejora la salud de la planta, sino que también optimiza la eficiencia de los fertilizantes aplicados (Santos, 2022).

### **1.9.2. Conductividad eléctrica (CE) (dS/m)**

El cultivo de fresa, a diferencia de otros cultivos, es sensible a la salinidad una alta conductividad eléctrica (CE) en el suelo o en el agua de riego puede afectar el crecimiento, reducir el rendimiento y alterar la calidad del fruto. Es crucial mantener la CE por debajo de 1.0 dS/m en la solución del suelo para evitar problemas de toxicidad iónica o estrés osmótico. El monitoreo frecuente de la salinidad y el uso de prácticas como el lavado del suelo con agua de baja salinidad son estrategias efectivas para mitigar los efectos negativos. Además, seleccionar variedades más tolerantes puede ser una alternativa en regiones con suelos más salinos (Flores, 2018).

El cultivo de fresa se desarrolla de manera adecuada en suelos ligeramente ácidos, sueltos, aireados y bien drenados, ya que los suelos pesados limitan el desarrollo radicular. La raíz es altamente sensible a la salinidad, generando reducciones de hasta el 50% en el rendimiento de la planta. Se deben evitar suelos donde se haya cultivado antes papa, tomate, pimentón, melón, sandía y calabaza, con el fin de prevenir la propagación de enfermedades que comparten con estos cultivos (Carpio, 2020).

### **1.10. Producción**

La producción mundial del cultivo de fresas ha experimentado un desarrollo notable en los últimos años. Según datos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023), en el año 2023 China se consolidó como el principal productor mundial, aportando casi el 40% de la producción global. Estados Unidos ocupa el segundo lugar, con una producción concentrada en California, mientras que México se destaca por su capacidad de producción durante todo el año, abasteciendo tanto a Norteamérica como a Europa según el Observatorio de Complejidad Económica (OEC, 2023).

La producción de fresas en Ecuador es menor en comparación con otros cultivos, ha mostrado una tendencia creciente. Las provincias de Tungurahua, Pichincha y Cotopaxi son

reconocidas por sus condiciones climáticas favorables para este cultivo (Flores, 2018). Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2022), se registró un incremento en la superficie plantada y en la producción de diversos cultivos, reflejando un interés creciente en diversificar la producción agrícola del país.

La escasez de agua en regiones costeras como Santa Elena representa un desafío significativo en la agricultura. En este contexto, la implementación de estos sistemas hidropónicos se presenta como una alternativa eficiente, permitiendo el cultivo de fresas sin suelo y optimizando el uso de recursos hídricos (MasterLab,2024). Los sistemas hidropónicos requieren hasta un 90% menos de agua en comparación con los cultivos tradicionales, lo que es crucial en zonas donde el agua es escasa, contribuyendo a la conservación de este recurso vital. Además, la hidroponía permite un control más eficiente de los nutrientes, minimizando las pérdidas y evitando la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua cercanos (MasterLab,2024).

Además, la adopción de tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles, como el manejo integrado de plagas y el uso de biofertilizantes, ha demostrado mejorar la sostenibilidad de los cultivos de fresa. Estas prácticas reducen la dependencia de agroquímicos, respondiendo a la creciente demanda de consumidores por productos más saludables y respetuosos con el medio ambiente (Rodríguez, 2025).

Según Galarraga (2018), en Ecuador el cultivo de fresa se encuentra fuertemente establecido en la provincia de Pichincha zona con la mayor producción de fresas siendo las parroquias más productoras como Yuriquí, Pifo, Tababela, Checa. También en la provincia de Tungurahua, Imbabura, Chimborazo, Cotopaxi. Lográndose apreciar un notable crecimiento del cultivo, el cual el 60% está destinado al mercado interno y resto en exportación.

### **1.11. Calidad de fruto**

Textura. - La textura de la fresa se distingue por su pulpa suave, jugosa y ligeramente firme, lo que la hace muy agradable al consumirla fresca. Su superficie presenta pequeñas semillas que no alteran su suavidad interna y que complementan su sensación delicada al masticar. Esta combinación de jugosidad y ternura es una de las razones por las que la fresa

es tan apreciada en el consumo directo y en diversas preparaciones gastronómicas (Kader, 2002).

**Color.** - El color de la fresa varía desde tonos rojo brillante hasta rojo intenso, dependiendo de su estado de madurez y de la variedad. Este color característico es resultado de la presencia de antocianinas, compuestos naturales que también indican calidad y frescura del fruto. Un color uniforme y vivo es un indicador de buena madurez y atractivo comercial (Giampieri et al., 2012).

**Sabor.** - El sabor de la fresa se caracteriza por un equilibrio entre dulzor y acidez, que se intensifica a medida que el fruto alcanza su madurez óptima. Este perfil sensorial está influenciado por azúcares naturales, ácidos orgánicos y compuestos aromáticos que aportan frescura y complejidad al gusto, convirtiéndola en una fruta altamente apreciada por los consumidores (Ulrich et al., 2018).

### **1.12. Precio**

Anteriormente nos indicaban que el precio de la siembra de fresa es de 10 dólares, el cual es válido para todas las provincias que compran este producto, pero ahora el precio ha bajado, lo que preocupa a los agricultores y ganaderos. La mayoría de los mercados de Ambato compra una caja del producto por un valor de 26 dólares, pero ahora las cosas han cambiado y el precio ha llegado a 16 dólares o menos como se informó anteriormente (Klinton, 2019).

### **1.13. Manejo agronómico**

Para la propagación se selecciona la planta madre que tenga las características deseadas, de esta manera asegurando los rendimientos de la futura planta. Este proceso de propagación se realiza por medio de estolones que luego son colocados en bandejas de germinación luego se procede a trasplantarlas al lugar definitivo en un periodo de tiempo de cinco a siete semanas (Santos, 2022).

**Poda:** En el cultivo de fresa se realiza por dos motivos para eliminar hojas secas, viejas o que tengan algún daño fisiológico y para evitar la aparición de enfermedades fúngicas en el cultivo debido a la humedad que suelen retener las hojas de la planta, de esta manera aireando y evitando que se produzcan daños al cultivo. La poda se debe realizar

después de la producción, se recomienda desinfectar los instrumentos que se utilicen para la poda y proceder con cuidado evitando daños en la planta (Santos, 2022).

**Fertilización:** Para la fertilización en el cultivo de fresa es un factor vital para el desarrollo y producción del cultivo, siendo un proceso que empieza desde cuando se prepara el sustrato para la propagación de la planta hasta su establecimiento definitivo en campo, donde los cuidados y las aplicaciones de fertilizantes deben ser programados ayudando al agricultor obtener la mayor productividad en el cultivo de manera eficiente (Santos, 2022).

**Cosecha:** Una vez el fruto alcance su madurez de cosecha entre 1/2 y 3/4 partes de maduración, se procede a su recolección proceso que se realiza cada tres días. Es recomendable una vez realizada su recolección sea almacenado en un cuarto frío o cámara fría en temperatura de 0-2°C debido a que el fruto se deteriora en solo ocho horas un 80 % (Dutra et al., 2023)

#### **1.14. Alternativas de producción de hidroponía**

La hidroponía es un conjunto de técnicas que nos permite que el cultivo de plantas en un medio libre de suelo mediante estructuras simples o complejas, cuyo crecimiento es posible al suministro adecuado de los requerimientos a través del agua y soluciones nutritivas (Beltrano y Gimenez, 2015). Genera un impacto en el rendimiento y desarrollo por unidad de área cultivada debido a que se logra tener una mayor densidad de siembra, mayor productividad por plantas y eficiencia en el uso de los recursos agua, luz y nutrientes (Santos et al., 2023).

Para los beneficios que podemos encontrar en la agricultura hidropónica frente a la tradicional podemos destacar un sustancial ahorro de agua, donde favorece que se pueda desarrollar en zonas áridas o de difícil acceso al agua. Por otra parte, no deteriora con la erosión y la contaminación por nitratos los suelos fértiles, se fomenta la sostenibilidad de la fauna y flora local. Una producción es segura y próxima al lugar de consumo, con lo que se ahorra en transportes y contaminación (García et al., 2020).

Las ventajas que podrían obtenerse mediante este tipo de cultivos, y a pesar de que ya está implementado en algunos países, en Ecuador aún no se ha llevado a cabo un desarrollo importante de esta técnica. Tal vez la abundancia de precipitaciones, la existencia de suelo disponible y los aún poco visibles cambios climáticos han hecho que las

instituciones con competencias en la materia no hayan invertido ni mostrado interés en el impulso de estos nuevos modelos (Sánchez, 2021).

El uso ha quedado restringido como medio de producción de algunos alimentos a prácticas experimentales especialmente en las provincias de Azuay, Tungurahua, Pichincha y Loja, en estas zonas se han desarrollado nuevas técnicas modernas necesarias para el cultivo de hortalizas tanto para uso doméstico como comercial (Martínez, 2024).

### 1.15. Características de la hidroponía

Según Meza (2022) en su investigación nos indica que la hidroponía al ser un sistema completo que los cultivos tradicionales que hacen uso del suelo ofrecen más ventajas que desventajas al proceso de crecimiento de los cultivos. Donde se refleja en el control de la nutrición ya que es más fácil de dominar, el control de maleza no se presenta, las plantas no sufren estrés hídrico por falta de agua ya que siempre está presente y la densidad de los cultivos es alta.

La siembra de la fresa de manera hidropónica se puede realizar en hileras o en torres donde los nutrientes vienen a través del agua de riego y la planta está en un sustrato inerte. De esta manera pueden manejar una densidad de 300.000 plantas por hectáreas 6 veces mayor que de forma convencional (Agrotendencia, 2020).

### 1.16. Tiempo de producción

Este cultivo de fresa es más productivo y de mejor calidad su fruto. Por lo general la cosecha dura entre 5 a 6 meses por lo que es altamente perecedero, y se puede cosechar cada 3 días y se debe manejar con mucha precaución (Saldaña, 2023)

### 1.17. Plagas

**Tabla 2.** Plaga del cultivo en la fresa (Cajamarca, 2002).

Plaga	Descripción	Descripción
Araña Roja	<i>(Tetranychus urticae)</i>	Se alimenta de las células de las hojas, succionando la savia y causando daños.

<b>Trips</b>	<i>(Frankliniella occidentalis)</i>	Los trips son pequeños insectos es la que mayores daños produce en el cultivo de fresa.
<b>Orugas de la fresa</b>	<i>(Helicoverpa armígera)</i>	Las larvas se alimentan de hojas, pero son más dañinas cuando se alimentan de terminales en crecimiento, brotes o esquejes, flores, vainas, semillas o frutos

### 1.18. Enfermedades

**Tabla 3.** Enfermedades del cultivo de las fresas (Cajamarca, 2002).

<b>Enfermedad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
<b>Podredumbre gris</b>	<i>(Botrytis cinérea)</i>	Los daños pueden aparecer en cualquier parte de la planta, pero se suelen localizar fundamentalmente en el fruto.
<b>Oidio</b>	<i>(Sphaerotheca macularis f. sp. fragariae)</i>	Dicha enfermedad se manifiesta dando lugar a un polvo blanco (micelio) en el envés de las hojas.
<b>Mancha púrpura</b>	<i>(Mycosphaerella fragariae)</i>	Se manifiesta con la presencia de manchas translúcidas de aspecto aceitoso en el envés de las hojas, que conforme avanza la enfermedad.

---

<b>Antracnosis</b>	<i>(Colletotrichum sp.)</i>	El síntoma más característico de esta enfermedad es la marchitez y el colapso de las plantas.
--------------------	-----------------------------	---

---

### **1.19. Factores que inciden en la producción hidropónica**

La producción hidropónica del cultivo de fresa, depende de factores clave como la calidad del agua (pH de 5.5-6.5 y CE adecuado), una nutrición equilibrada ajustada a las etapas del cultivo, y condiciones ambientales controladas, como temperatura y luz óptimas. La elección de un sistema hidropónico, impacta el rendimiento y la sostenibilidad. Además, se recomienda un monitoreo constante del sistema y un manejo fitosanitario efectivo son esenciales para garantizar una producción estable y de alta calidad (Villar, 2020).

### **1.20. Sistema de eficiencia de agua**

Para el sistema de riego demanda de un sustrato que ha demostrado ser eficaz en el cultivo hidropónico de fresa, logrando así una reducción del 28% en el consumo de agua en comparación con métodos tradicionales. Este sistema optimiza el uso del recurso hídrico mediante un control preciso del riego (Rivas, 2021).

Además, para la implementación de un sistema de riego automatizados con sensores y tecnología Arduino donde nos permite un monitoreo constante y ajustes en tiempo real, asegurando condiciones óptimas para el cultivo y contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles (Rivas, 2021).

### **1.21. Nutrición del cultivo hidropónico**

Para el cultivo de fresa una nutrición adecuada es esencial para maximizar el rendimiento y la calidad de la fresa en sistemas hidropónicos. Es importante ajustar la solución nutritiva a las etapas fenológicas del cultivo, priorizando nutrientes como nitrógeno, potasio y calcio en las proporciones adecuadas (Muñoz, 2021).

Martínez (2024), basada en su análisis bibliográfico y revisión de artículos y textos actuales, concluye que en Ecuador el sistema hidropónico está ampliamente adoptado en áreas urbanas. Donde este método optimiza el uso del agua, lo que permite cultivar alimentos de calidad durante todo el año en espacios pequeños y mejora la seguridad alimentaria.

También, fomenta la sostenibilidad, la educación ambiental y genera oportunidades económicas.

Santos (2022), en su investigación tuvo como objetivo comparar el cultivo de fresa en camellones (T1) y en sistema hidropónico (T2). Usando un diseño completo al azar (DCA), donde se evaluaron variables como número de hojas, longitud del pecíolo, diámetro de la corona y mortalidad. Estos resultados mostraron diferencias significativas en el diámetro de la corona (7.64 mm) y la longitud del pecíolo (9.26 cm) a favor de los camellones, mientras que el número de hojas no presentó variaciones. La mortalidad fue del 45% en camellones, lo que consolidó este sistema como el más eficiente.

Llumiyinga (2017), evaluó los efectos de la fertilización órgano-mineral y mineral aplicadas mediante fertirriego en el cultivo de fresa, específicamente de la variedad Albión. Este análisis estadístico se realizó utilizando un diseño de bloques al azar con dos tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados indican que el tratamiento T1, que empleó fertirriego órgano-mineral, obtuvo mejores resultados. Este tratamiento incrementó el número de flores (1.48), flores cuajadas (1.24), frutos cuajados (6.88) y frutos cosechados (1.42). Además, reducción de los días necesarios para la floración (9.50 días), fructificación (27.00 días) y cosecha (24.25 días). Los frutos obtenidos con mayor peso (56.62 g), longitud (4.24 cm) y el rendimiento general aumentó significativamente (3.92 TM/ha).

Espinoza (2020) en su estudio, evaluó el rendimiento de cinco variedades de fresa (*Fragaria spp.*) durante tres campañas consecutivas. Donde los resultados mostraron que la variedad Candonga obtuvo el mejor rendimiento acumulado, alcanzando 51.14 TM/ha, seguida por la siguiente variedad Camarosa con 37.62 TM/ha. La variedad Albión registró un rendimiento de 33,50 TM/ha. Por otro lado, la variedad San Andreas tuvo un rendimiento inferior al promedio nacional, con 30.33 TM/ha, además de presentar una mayor proporción de frutos clasificados en la categoría III. Aunque San Andreas es actualmente la variedad más cultivada en el Callejón de Huaylas, los resultados sugieren que sería recomendable reemplazarla por otras variedades con mejor desempeño.

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área

#### 2.1.1 Caracterización del área

La investigación se realizó en el Centro de Apoyo Manglaralto de la Universidad Península de Santa Elena, de la parroquia Manglaralto de la provincia de Santa Elena; de coordenadas geográficas 01°50'32" latitud sur, 80°44'22" longitud oeste, con una altura de 12 msnm. Cuenta con una extensión aproximada de 22.6 ha, las cuales están divididas para usos productivos, tales como: uso forestal, cultivos perennes, cultivos de ciclo corto, pastizales y producción pecuaria.



**Figura 1.** Ubicación de Centro de Apoyo Manglar alto UPSE. fuente

#### 2.1.2 Caracterización del Centro de Apoyo Manglaralto

La Tabla 4, se observa los promedios anuales de los factores climáticos de la zona (Pozo, 2024).

**Tabla 4.** Promedios de factores climáticos de Manglaralto Pozo, 2024.

Parámetro	Valor promedio
Precipitación	385.2 mm
Temperatura	23.4°C
Evaporación	1459.2 mm

---

Heliofanía	112.9 horas
Humedad	83%
Altitud	122 m

---

## **2.2 Materiales equipos y reactivos**

### **2.2.1 Equipos**

- ❖ Balanza
- ❖ pH metro
- ❖ Cámara fotográfica

### **2.2.2 Sustrato**

- ❖ Turba

### **2.2.3 Materiales de oficina**

- ❖ Computadora
- ❖ Internet

### **2.2.4 Variedades**

- ❖ Monterrey
- ❖ Albion chileno
- ❖ Albion californiano

### **2.2.5 Nutrientes**

- ❖ Solucion A Macronutrientes
- ❖ Solucion B Micronutrientes

### **2.2.6 Materiales de invernadero**

- ❖ Alambre
- ❖ Tanque
- ❖ Bomba de agua
- ❖ Tijera de Podar
- ❖ Caña guadua
- ❖ Manguera
- ❖ Tuberías

❖ Alambre.

### 2.3 Tipo de investigación

En este estudio se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 3 x 2, distribuidos en seis tratamientos y ocho repeticiones, donde el factor A (Variedades), factor B (Sustratos). El modelo estadístico el cual se usó es el siguiente:

$$\gamma_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

**Donde:**

- $\gamma_{ijk}$  Valor del i-ésimo nivel del factor A, j-ésimo nivel del factor B, y k-ésimo bloque(repetición)
- $\mu$  Media general
- $\alpha_i$  Efecto del i-ésimo nivel del factor A
- $\beta_j$  Efecto del j-ésimo nivel del factor B
- $(\alpha\beta)_{ij}$  Efecto de interacción entre ambos factores
- $\epsilon_{ijk}$  Error aleatorio

**Tabla 5.** Esquema ANOVA.

Fuentes de variación		Grados de libertad
Repeticiones	r-1	7
Factor A (Variedades)	a-1	2
Factor B (Tipos de polinización)	b-1	1
Interacción A x B	(a - 1) (b-1)	2
Error experimental	ab (r-1)	42
<b>Total</b>	<b>abr-1</b>	<b>47</b>

\*t = número de tratamientos (6). \*r = número de repeticiones (4).

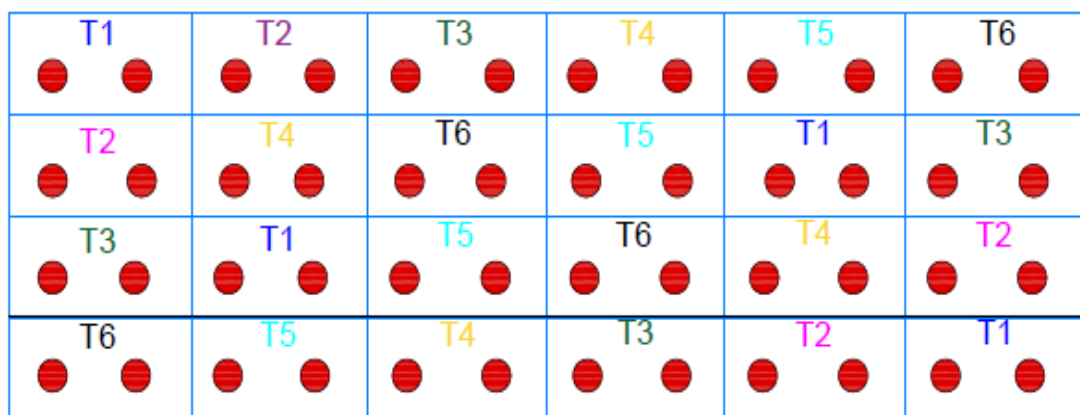
#### 2.3.1 Tratamientos

En la Tabla 6 se detallan los tipos de tratamientos. Donde cada una de las variedades fueron ubicadas de manera aleatoria donde unas tuvieron sustratos y otros estuvieron bajo a un sujetador sin sustrato solo a base de soluciones de nutrientes.

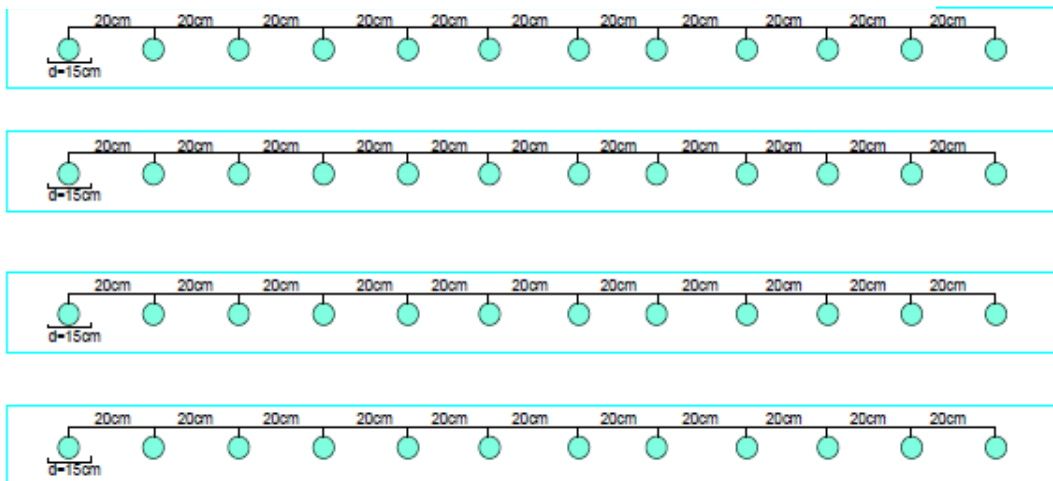
**Tabla 6.** Descripción de los Tratamientos.

Tratamiento	Descripción	Plantas
T1	Variedad 1 + sustrato	8
T2	Variedad 1 + sin sustrato	8
T3	Variedad 2+ sustrato	8
T4	Variedad 2 +sin sustrato	8
T5	Variedad 3 + sustrato	8
T6	Variedad 3+ sin sustrato	8

### 2.3.2 Croquis del experimento



**Figura 2.** Tratamientos y repeticiones del sistema hidropónico.



**Figura 3.** Croquis del sistema hidropónico.

### 2.3.3 Delimitación diseño experimental

**Tabla 7.** Sistema hidropónico Fuente: (Huacon, 2020).

Descripción	Cantidad	Unidad
Tipo de diseño (DCA)		

Nº Tratamientos (variedad de fresa)	6	-
Nº de repeticiones	4	-
Longitud de los canales	2	m
Altura entre canales	0.15	m
Diámetro de orificios	0.15	mm
Distancia entre perforaciones	0.15	m
Perforaciones por cada canal	9	-
Número de canales	6-6	-
Número total de canales experimental	10	-
Numero de plantas por canales	12	-
Lámina de agua	0.025	m
Población total de plantas	48	-

## 2.4 Manejo del experimento

Primero se recolectaron estolones en el Centro de Apoyo de Río Verde posteriormente, se inició su propagación en vasitos con sustrato y sin sustrato de turba para favorecer el enraizamiento. Después de dos semanas, las plantas fueron trasladadas a Manglaralto para realizar el trasplante en el sistema hidropónico.

Trasplante de variedades de fresa en el sistema NFT: Se trasplantaron las plántulas de fresas en los respectivos orificios (5 cm) en los canales (tubería 110 mm) ya establecidos en el sistema. Este proceso de trasplante incluye la selección previa de plántulas vigorosas, libres de enfermedades y con un buen sistema radicular. Las plántulas son colocadas cuidadosamente en los orificios, asegurando que las raíces queden suspendidas sobre la lámina de agua enriquecida con nutrientes. Este diseño permite que las plantas reciban oxígeno y nutrientes de manera eficiente (Cadena, 2017).

#### **2.4.1 Construcción del sistema hidropónico**

Se construyó una estructura hidropónica donde se utilizaron cuatro pilares de tubos de PVC de 3.5 metros de altura para sostener cuatro tubos de PVC de 3 metros de largo y 4 pulgadas de diámetro, perforados con 12 orificios cada uno para las plantas, instalados de forma inclinada para facilitar el drenaje. Este sistema conto con un tanque de 100 litros ubicado en la base, conectado a una bomba de agua de 0.5 HP que impulsará la solución nutritiva a través de una manguera delgada de 1/2 pulgada hacia los tubos, con un retorno hacia el tanque mediante codos y mangueras conectadas en los extremos inferiores de cada tubo. Los tubos se fijaron a los pilares mediante abrazaderas, creando niveles con una separación de 0.8 metros, y el terreno se niveló para asegurar estabilidad y drenaje adecuado. Además, se monitoreo la solución nutritiva para mantener un pH de 5.5 a 6.5 y una CE óptima según la etapa de cultivo, asegurando así un sistema eficiente y sostenible para el cultivo de fresas.

La estructura del sistema hidropónico se realizó dentro una casa sombra agrícola donde nos permite reducir el daño que provoca la radiación directa sobre el cultivo.

#### **2.4.2 Trasplante de variedades de fresa al sistema**

Se trasplantaron las plántulas de fresa en los orificios de 5.2 cm de diámetro ubicados en los canales de tubería de 110 mm previamente establecidos en el sistema hidropónico. El proceso incluyó la selección de plántulas vigorosas con sistemas radiculares bien desarrollados, colocándolas cuidadosamente de manera que las raíces quedaran suspendidas sobre la lámina de solución nutritiva para garantizar una adecuada oxigenación y absorción de nutrientes, minimizando el estrés del trasplante y la mortalidad de las plantas.

#### **2.4.3 Manejo del sistema**

Se realizó el manejo del sistema regulando los tiempos de riego de las tres variedades de fresa, esto asegura que las plantas reciban una cantidad óptima de agua y nutrientes, evitando tanto el déficit como el exceso, que podrían afectar negativamente su desarrollo (Sanchez, 2021).

#### **2.4.4 Riego**

Se realizó por medio del sistema hidropónico, manteniendo siempre una lámina de agua de 0.025 m metros que fluye a través de los canales. Este método asegura que las raíces

estén en contacto directo con la solución nutritiva, promoviendo una absorción eficiente de agua y nutrientes (Santos, 2022).

#### 2.4.5 Fertilización

Se aplicaron las soluciones nutritivas en el sistema hidropónico compuestas macronutrientes (N, P, K y Mg) y micronutrientes (Ca, Fe, Cu, B, Zn, Mn y Mo) en una dosis de 4 ml por litro de agua, cumpliendo con los requerimientos nutricionales de las plantas. El recambio de las soluciones nutritivas se realizó cada 15 días, ajustando cuidadosamente el balance de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y demás micronutrientes de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo para optimizar su desarrollo y producción.

Las aplicaciones en el sistema hidropónico se realizaron utilizando soluciones nutritivas formuladas específicamente para cubrir los requerimientos nutricionales del cultivo. Para ello, se emplearon las soluciones A (macronutrientes) y B (micronutrientes) de la marca Aquant, cuya composición química se detalla en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Composición de las soluciones nutritivas utilizadas en el sistema hidropónico.

<b>Nutriente esencial</b>	<b>Concentración (ppm, mg/L)</b>	<b>mmol/L o μmol/L</b>	<b>Función principal en la planta</b>
<b>Nitrógeno – NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	224 ppm	16.0 mmol/L	Crecimiento vegetativo, síntesis de proteínas
<b>Nitrógeno – NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	14 ppm	1.0 mmol/L	Síntesis de aminoácidos, equilibrio catión–anión
<b>Fósforo (P)</b>	47 ppm	1.5 mmol/L	Desarrollo radicular, floración y energía (ATP)
<b>Potasio (K)</b>	371 ppm	9.5 mmol/L	Transporte de agua, llenado de frutos, calidad
<b>Calcio (Ca)</b>	180 ppm	4.5 mmol/L	Estructura de paredes celulares, crecimiento apical
<b>Magnesio (Mg)</b>	24 ppm	1.0 mmol/L	Componente de clorofila, enzimas

<b>Azufre (S)</b>	66.5 ppm	2.1 mmol/L	Formación de proteínas y vitaminas
<b>Micronutriente</b>	<b>ppm (mg/L)</b>	<b>μmol/L</b>	<b>Función principal</b>
<b>Boro (B)</b>	0.25 ppm	23.1 μmol/L	División celular, movimiento de azúcares
<b>Hierro (Fe-EDTA)</b>	2.61 ppm	46.7 μmol/L	Síntesis de clorofila
<b>Zinc (Zn-EDTA)</b>	0.357 ppm	5.5 μmol/L	Regulación hormonal y enzimática
<b>Cobre (Cu-EDTA)</b>	0.179 ppm	2.8 μmol/L	Lignificación y enzimas
<b>Manganeso (Mn-EDTA)</b>	1.39 ppm	25.4 μmol/L	Fotosíntesis y enzimas
<b>Molibdeno (Mo)</b>	0.11 ppm	1.1 μmol/L	Reducción de nitratos, metabolismo del N

#### 2.4.6 Toma de datos

La toma de datos se realizó semanalmente durante todo el ciclo del cultivo con el fin de evaluar el desempeño agronómico de las variedades y la respuesta a los tratamientos aplicados. Los registros incluyeron la medición de variables clave como número de hojas, número de flores, número de frutos y peso de frutos por planta, permitiendo un monitoreo sistemático del desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo. Sin embargo, se hicieron observaciones de pH,

pH: Se monitoreó para que su rango este óptimo entre 5.5-6.5 constantemente con soluciones acidificantes o alcalinizantes (Santos, 2022).

De acuerdo a los reportado en la Figura 6, la solución nutritiva comenzó con un pH alto (8.2 en S1) pero fue rápidamente ajustado a un rango más adecuado para la fresa hidropónica, ubicándose entre 5.6 y 6.2 durante las etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo (S3 a S8).

CE: Se midió la concentración de sales (nutrientes), también se verificó su rango óptimo de 1.2 – 1.5 dS/cm<sup>3</sup> para su fase vegetativa. (Flores, 2018).

La conductividad eléctrica es un parámetro que refleja la concentración total de sales disueltas (nutrientes) en la solución nutritiva de un cultivo en la Figura 7 muestra la medición de la  $C_e$  a lo largo de nueve semanas, donde el primer punto (s1) registra una  $C_e$  de aproximadamente 3.0 dS/m. este valor es significativamente alto duplicando el límite superior del rango óptimo(1.5 dS/m). Los puntos S2, S5 y S8 están ligeramente por debajo del límite inferior del rango óptimo de (1.2-1.5 dS/m), lo que podría indicar una ligera subfertilización o un exceso de riego que diluye la solución nutritiva. En las S3, S4, S6, S7 y S9 se encuentra dentro o muy cerca del rango óptimo de 1.2-1.5dS/m, lo que indica un control adecuado y estable de la solución nutritiva en la mayoría de las mediciones posteriores a la corrección inicial.

Temperatura: Se verificó que su temperatura este su rango optimo 18°C- 25°C (Mejía, 2017). El manejo de la temperatura es inconsistente. Si bien la mayoría los puntos (S1, S2, S6, S8, S9) la temperatura se mantuvo en la zona optima (18°C-25°C), se presentaron dos eventos sobre el calentamiento (S4 y S7).

Densidad.- La densidad aparente ( $Da$ ) de un sustrato es la relación entre la masa seca del sustrato y el volumen que ocupa. La densidad aparente se midió al inicio para determinar el peso de los sustratos.

$$(Da) = \frac{\text{Peso seco del sustrato}(g)}{\text{Volumen del sustrato}(cm^3)}$$

Datos:

turba: 51.774 g

Volumen del frasco: 250 mL = 250 cm<sup>3</sup>

$$(Da) = \frac{250 \text{ cm}^3}{49.881 \text{ g}}$$

$Da=0.1995 \text{ g/cm}^3$

La densidad aparente del sustrato turba fue: 0.20 g/cm<sup>3</sup>

## **2.5 Variables y parámetros por analizar**

### **2.5.1 Comportamiento agronómico**

#### **2.5.1.1 Porcentaje de prendimiento o enraizamiento (%)**

Esta variable se evaluó una vez a los 15 días después de la siembra contabilizando las plantas sobrevivientes de cada unidad experimental, luego se expresó en porcentaje (Ibadango, 2023).

#### **2.5.1.2 Número de hojas**

Se realizó el respectivo conteo de hojas cada semana después de la siembra para así determinar el desarrollo y crecimiento de la hoja (Silva, 2022).

#### **2.5.1.3 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).

#### **2.5.1.4 Altura de la planta**

La altura de la planta se medirá utilizando un pie de rey, con el fin de obtener medidas precisas durante su desarrollo.

### **2.5.2 Comportamiento fitosanitario**

#### **2.5.2.1 Incidencia (%)**

Se evaluó la cantidad de plantas afectadas por plagas o enfermedades en relación del total de plantas en el sistema hidropónico (Vaca, 2025).

#### **2.5.2.2 Severidad (%)**

El grado de daño causado por plagas o enfermedad se midió para determinar la proporción del cultivo afectado en el sistema hidropónico (Silva, 2022).

**Tabla 9.** Escala para evaluar la incidencia de plagas (Oliva *et al.*, (2018))

Escala	% de Incidencia	Observación
0	0	Ausencia de plagas
1	1 – 25	Leve
2	26 – 50	Moderado
3	51 – 75	Alto
4	76 – 100	Muy severo

**Tabla 10.** Escala para evaluar la severidad de plagas Oliva *et al.* (2018)

Escala	% de Severidad	Observación
0	0	Ausencia de plagas y daños
1	1 - 20	Baja presencia de plagas, daño poco perceptible
2	21 - 50	Daño leve (lesiones o manchas en hojas, tallo y frutos)
3	51 - 60	Daño visible (deformación o pérdida parcial de hoja, tallo y fruto)
4	61 - 80	Daño considerable (deformación y caída de hojas y frutos)

### 2.5.3 Productivas y de calidad

**2.5.3.1 Número de frutos.** - Para esto se procedió a calcular el número de frutos colectados por planta y por cada variedad (Santos, 2022).

**2.5.3.2 Longitud.** - La longitud del fruto se midió al final de la cosecha, en donde se colectaron frutos de cada tratamiento y se midió con la ayuda de una regla (pie de rey) para así tener valores precisos (Santos, 2022).

**2.6.3.3 Peso del fruto.** -Se determinó pesando individualmente cada uno de los frutos cosechados en su estado comercial. Posteriormente, se calculó el peso promedio del fruto por variedad, lo cual permitió evaluar la eficiencia del cultivo en la formación y llenado de fruto, siendo este un indicador clave de rendimiento y adaptación varietal.

**2.5.3.3 Color.** - La evaluación del color utilizó una escala del 1 al 4 en donde se clasificó por escalas de medición como rojo intenso, rojo claro, rojo pardo (Paucar, 2023).

**2.5.3.4 Textura.** - En la evaluación de la textura se utilizó una escala del 1 al 4 en donde se clasificó por escalas de medición como rugoso, blando, consistente (Santos, 2022).

## **2.6 Análisis estadístico**

La investigación se analizó mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia del 5%, lo que permitió identificar diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. El experimento estuvo conformado por tres tratamientos y cuatro repeticiones, siguiendo el diseño experimental establecido (Vaca, 2025).

## CAPÍTULO 3 . RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Comportamiento vegetativo y productivo

#### 3.1.1 Porcentaje de prendimiento o enraizamiento (%).

De acuerdo a la Tabla 10 presenta un porcentaje de enraizamiento (PP%) para las tres variedades de fresa evaluadas. Donde se basan en el número de estolones plantadas (NE) y el número de plantas que efectivamente produjeron raíces (NP). Se observa que las variedades V1 Monterrey y V3 chileno alcanzaron un 100% de enraizamiento por su parte la variedad V2 Californiano registró un porcentaje de enraizamiento ligeramente menor de 93.75%. Donde las variedades V1 y V3 demostraron la máxima capacidad de enraizamiento en las condiciones del estudio.

De manera similar Rosete *et al.* (2020), en su estudio sobre enraizamiento de plántulas de fresa a partir de estolones, destacaron la importancia del sustrato. De la misma forma, Romero *et al.* (2023), se centra en la etapa de enraizamiento como una condición altamente controlada, a diferencia de la propagación. La variabilidad mínima entre variedades valida que las condiciones de tu protocolo son altamente eficientes. Las pequeñas diferencias observadas (V2 con 93.75% frente V1 y V3 con 100%) sugieren una variabilidad genética mínima en la respuesta rizogénica entre variedades bajo las condiciones del ensayo.

**Tabla 11.** Porcentaje de enraizamiento (%) en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto

Tratamientos	NE	NP	PP (%)
V1 Monterrey	16	16	100
V2 Californiano	16	15	93.75
V3 chileno	16	16	100

NE= Número de Estolones; NP=Numero de Plantas; PP (%) Porcentaje de Enraizamiento.

### 3.1.2 Número de hojas

Los resultados del número de hojas (NH), presentados en la Tabla 11 a través de diferencias de periodos de muestreo (S1, S3, S6 y S9) proporciona evidencia de la interacción entre la variedad y el sustrato en el crecimiento vegetativo.

La alta significancia observada en la probabilidad ( $A \times B < 0.0001$ ) a lo largo del cultivo de fresa nos indica que el efecto del sustrato en el número de las hojas es dependiente de la variedad, lo que requiere un análisis por tratamiento.

El tratamiento T6 (A3B2-V3 sin sustrato) reportó el mayor número de hojas al final del ciclo (T6=62 días) también nos indica un alto número de hojas. Esto contradice la idea de una simple compensación entre crecimiento vegetativo (hojas) y reproductivo. Por el contrario, la variedad (V3) de mostro un vigor excepcional, ya que pudo ser precoz sin sustrato (T6) y al mismo tiempo desarrollar una gran cantidad de follaje

En las etapas de (S3), el tratamiento T4 ( 2 B2-V2 Sin sustrato ) presento un alto número de hojas (13.63) lo que concuerda con su precocidad de DF (60 días) sugiriendo una diferenciación de hojas y yemas .El tratamiento T5 (A3B1-V3 con sustrato) el más tardío en floración (T5= 78 días) mostro una respuesta moderada en S9 (19.50 hojas), lo que refuerza la hipótesis de que el sustrato no solo retraso la floración en V3, sino que también redirigió la energía del crecimiento a la estructura, pero sin ser el tratamiento con más hojas al final. El tratamiento T6 (A3 B2-V3 Sin sustrato) reporto el mayor número de hojas al final del ciclo.

Ante esto, Javalera *et al.* (2024) indican que en sus resultados promovió un mayor número de hojas compuestas por planta y una mejor desarrollo vegetativo y productivo donde implica directamente un impacto positivo en la estructura y el tamaño de planta.

Mientras tanto, Quispe *et al.* (2025) evalúa el crecimiento de tres variedades de fresa en un sistema hidropónico donde se centra en el rendimiento y el número de hojas y se centra en el hallazgo de bioestimulantes hormonales para mayor número de hojas que correlaciona con un crecimiento vertical de la planta.

**Tabla 12.** Número de hojas en la en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto.

		GL	Número de hojas				
			S1	S3	S6	S9	N
<b>Factores A (Variedades)</b>	A1	1	11.19 b	10.50 a	17.50 a	20.25 a	
	A2		11.25 b	9.81 a	16.06 a	18.88 a	
	A3		10.00 a	9.75 a	17.25 a	20.88 a	
<b>Factores B (Sustratos)</b>	B1	2	10.54 a	11.25 a	17.96 a	20.50 a	
	B2		11.08 a	8.79 b	15.92 a	19.50 a	
<b>Interacción A x B</b>							
<b>T1 (A1B1)</b>			10.75 ab	12.25 a	18.38 a	20.38 a	8
<b>T2 (A1B2)</b>			11.63 b	8.75 a	16.63 a	20.13 a	8
<b>T3 (A2B1)</b>			11.00 ab	11.13 a	18.50 a	21.63 a	8
<b>T4 (A2B2)</b>			14.50 ab	8.50 a	13.63 a	16.13 a	8
<b>T5 (A3B1)</b>			9.88 a	10.38 a	17.00 a	19.50 a	8
<b>T6 (A3B2)</b>			10.13 ab	12.25 a	17.50 a	22.25 a	8
<b>A x B</b>		2					
<b>Error experimental</b>		18					
<b>Total</b>		23					
<b>CV%</b>			10.20	37.23	29.20	33.21	
<b>Probabilidad (FA)</b>			0.0130	<0.0001	<0.0001		
<b>Probabilidad (FB)</b>			<0.0001	0.0022	<0.0001		
<b>Probabilidad (A x B)</b>			0.00	0.00	0.00	0.00	

A1= Variedad Monterrey; A2= Variedad Californiano; A3= Variedad Chileno; B1=Con sustrato; B2=Sin sustrato=Número de plantas evaluadas; CV=coeficiente de variación. \*abc= letras iguales no difieren estadísticamente.

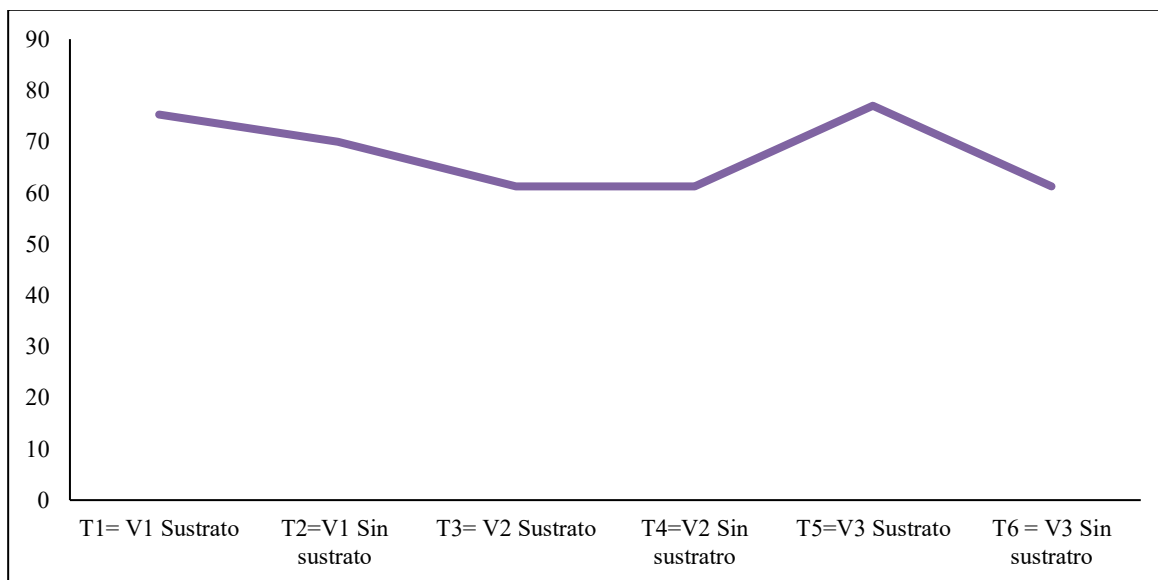
### 3.1.3 Días a la floración

De acuerdo con la Figura 4, se observa las respuestas de los tratamientos en función de los días a la floración obtenido en el cultivo de fresa de tres distintas variedades (V1, V2 y V3) en condiciones de cultivo con sustrato y sin sustrato. La variedad (V1) mostró un inicio de floración más temprano al cultivarse con sustrato (T1 = 75 días) en comparación con el cultivo sin sustrato (T2 = 70 días).

Esto indica que la presencia de sustrato retrasó ligeramente la floración en esta variedad. La variedad (V2) registró el menor número de días (60 días) para la floración en ambas condiciones; sin embargo, la variedad V3 presentó el mayor número de días a la floración.

Ante esto, Alvarado *et al.* (2020) menciona que la floración en su ensayo se retrasó en comparación con referencias que reportan floración a las 6 semanas después del trasplante (SDT), indicando que las bajas temperaturas y los días cortos inducen la diferenciación floral.

Además, Quispe *et al.* (2025), reportó que la precocidad está ligada a la eficiencia en la diferenciación de yemas. Donde respalda la noción de que el medio de cultivo hidropónico (sin sustrato) permite una más rápida y mayor eficiencia de las características morfológicas como la floración, eliminando barreras de absorción de nutrientes y las limitaciones que puedan presentarse en un sustrato.



**Figura 4** Días de floración en el cultivo de fresa

### 3.1.4 Altura de la planta (cm)

Los resultados mostrados en la Tabla 12 muestra que el sustrato (B1) generalmente promueve una mayor altura (evidenciando por T1, T2, T5). Sin embargo, la variedad V3 (chileno) es una excepción notable, ya que alcanza su máxima altura en la condición sin sustrato (T6) (14.69 cm), lo que indica que posee un vigor vegetativo superior que se expresa eficientemente incluso en condiciones hidropónicas.

En el Factor A, en la (S1) el crecimiento inicial de la altura fue similar entre las tres variedades mientras tanto, en la semana (S9) la variedad chileno (A3) demostró el mayor vigor vegetativo vertical superando en altura a la variedad californiano (A2) y monterrey (A1). En el Factor B, en las semanas (S1) (S3) el sustrato proporciono mejores condiciones para el crecimiento vertical, probablemente debido a una mejor estabilidad, retención de humedad o la disponibilidad inicial de nutrientes, esenciales para el desarrollo de la corona y peciolos mientras que en las (S6) (S9) se mantuvo consistentemente superior para el desarrollo de la altura de la planta durante todo el ciclo del cultivo.

La variedad V2 (Californiano) mostro la menor altura en la condición sin sustrato (8.55 cm) indicando una baja adaptabilidad al sistema sin sustrato en comparación con las otras variedades. Los resultados similares fueron encontrados por Rosete *et al.*(2020) quienes emplearon un hallazgo donde determinan que el factor en la altura lograron mostrar diferencias significativas, incluso en bajo condiciones altamente controladas.

En relación con lo investigado por Cerero Cruz *et al.*(2023) nos demuestra que el uso de una mezcla de sustrato optima como la turba en el sistema hidropónico promueve el mayor crecimiento y desarrollo vegetativo incluyendo en la altura.

**Tabla 13** Altura de la planta de la fresa en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto.

		Altura de la planta					
		GL	S1	S3	S6	S9	N
<b>Factores A (Variedades)</b>	A1	1	6.68 a	10.50 a	10.75 ab	12.14ab	
	A2		7.11 a	9.81 a	9.59 a	10.84 a	
	A3		7.94 a	9.75 a	12.23b	14.57 b	
<b>Factores B (Sustratos)</b>	B1	2	7.70 a	11.25 a	12.23 b	13.75 b	
	B2		6.79 a	8.79 b	9.48 a	11.28 a	
<b>Tratamientos A x B</b>							
<b>T1 (A1B1)</b>			7.43 a	8.47 a	12.14 b	13.69 b	8
<b>T2 (A1B2)</b>			5.93 a	10.03 a	9.36 ab	10.60 ab	8
<b>T3 (A2B1)</b>			8.24 a	7.43 a	11.59ab	13.13 b	8
<b>T4 (A2B2)</b>			5.99 a	8.82 a	7.60 a	8.55 a	8

<b>T5 (A3B1)</b>	7.43 a	9.42 a	12.98 b	14.45 b	8
<b>T6 (A3B2)</b>	8.45 a	10.15 a	11.48ab	14.69 b	8
<hr/>					
<b>A x B</b>	2				
<b>Error experimental</b>	18				
<b>Total</b>	23				
<hr/>					
<b>CV%</b>	10.20	31.80	27.90	22.87	
<b>Probabilidad (FA)</b>	0.0130	<0.0001	<0.0001		
<b>Probabilidad (FB)</b>	<0.0001	0.0022	<0.0001		
<b>Probabilidad (A x B)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	

A1= Variedad Monterrey; A2= Variedad Californiano; A3= Variedad Chileno; B1=Con sustrato; B2=Sin sustrato=Número de plantas evaluadas; CV=coeficiente de variación.

### Comportamiento fitosanitario

#### 3.2.1 Incidencia y Severidad de plagas (%)

Se analizaron los resultados obtenidos de la Tabla 17 de la incidencia y severidad de plagas durante todo el ciclo del cultivo en los 6 tratamientos evaluados, donde se registraron principalmente dos especies de insectos plaga (*Tetranychus urticae* y *Helicoverpa armígera*). En general se evidencio a las 4 semanas después de trasplantar las plantas en el sistema hidropónico los ácaros (*Tetranychus urticae*) empezaron a manifestarse de manera moderada en uno de los tratamientos, en cambio (*Helicoverpa armígera*) ya fue en la etapa de la fructificación donde se manifestó de manera leve.

La aparición de los ácaros en la semana 4 después del trasplante corrobora lo reportado por Silva, (2022) que identifica al acaro como un plaga primaria y resiliente en ambientes controlados. La alta densidad del cultivo y la temperatura establece del sistema hidropónico favorecen ciclos de vida cortos permitiendo un rápido incremento poblacional del acaro. Estos resultados se alinean con la literatura de Vaca (2025). La manifestación del (*Helicoverpa armígera*) en la etapa de fructificación es previsible donde esta larva es primariamente un plagador de órganos reproductivos de (flores y frutos).

**Tabla 14.** Porcentaje de plagas en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto.

Tratamiento	Símbolo	Umbral de daño (%)	Artrópodos encontrados
T1	A1B1	5	Ácaros ( <i>Tetranychus urticae</i> )
T2	A1B2	0	----- Ácaros
T3	A2B1	20	( <i>Tetranychus urticae</i> )
T4	A2B2	25	Ácaros ( <i>Tetranychus urticae</i> )
T5	A3B1	5	Oruga ( <i>Helicoverpa armígera</i> )
T6	A3B2	0	-----
<b>p&gt;0.05</b>		0.0762	

### 3.3 Calidad productiva

#### 3.3.1 Frutos por planta (FP)

De acuerdo con la Tabla 13 evalúa el rendimiento potencial de las variedades bajo las dos condiciones de sustrato donde nos muestran que la variedad chileno con sustrato mostro el mayor número de promedio por frutos (3.75), lo que sugiere que V3 tiene el mayor potencial genético para la producción de frutos cuando se le proporciona condiciones óptimas (B1). Esto sugiere que el sustrato ayuda a estabilizar la nutrición y el ambiente radicular, factores clave para la formación y el mantenimiento de los frutos.

Existe una cierta relación con lo reportado por (Cerero Cruz *et al.*, 2023) donde su estudio reciente establece que el número de frutos por planta es una variable altamente dependiente de la genética y al asimilación eficiente de nutrientes, la V3 (T5 con 3.75 FP) demuestran ser la variedad con mayor fructificación, superando a las demás, donde consiste con la literatura que destaca la variabilidad genética en el potencial del rendimiento.

Estos resultados permiten reafirmar donde la usencia de significatividad entre los tratamientos para el FP sugiere que la genética y no el tipo de sustrato fue el factor primario que impulso el número de frutos.

**Tabla 15.** Frutos por planta en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto.

		GL	Longitud y peso del fruto	
			FP	N
<b>Factores A (Variedades)</b>	A1	1	7.33 a	
	A2		7.27 a	
	A3		7.00 a	
<b>Factores B (Sustratos)</b>	B1	2	4.59 a	
	B2		12.04 b	
<b>Tratamientos A x B</b>				
<b>T1 (A1B1)</b>			3.13 ab	8
<b>T2 (A1B2)</b>			2.25 ab	8
<b>T3 (A2B1)</b>			0.88 ab	8
<b>T4 (A2B2)</b>			0.38 a	8
<b>T5 (A3B1)</b>			3.75 b	8
<b>T6 (A3B2)</b>			1.13 ab	8
<b>A x B</b>		2		
<b>Error experimental</b>		18		
<b>Total</b>		23		
<b>CV%</b>			57.66	
<b>Probabilidad (FA)</b>			0.0762	
<b>Probabilidad (FB)</b>			<0.0001	
<b>Probabilidad (A x B)</b>			0.00	

A1B1=Variedad monterrey con sustrato \* A1B2=Variedad monterrey sin sustrato \* A2B1= Variedad californiano con sustrato \*A2B2= Variedad californiano sin sustrato \*A3B1=Variedad chileno con sustrato \*A3B2=Variedad chileno sin sustrato \*FP = Fruto por planta\*CV=Coeficiencia de variación.

### 3.3.2 Longitud y Peso del fruto

La tabla muestra los resultados del análisis estadístico de longitud del fruto (LF) y peso del fruto (PF) de tres variedades de fresa (Factor A) cultivadas en dos tipos de sustratos (Factor B), así como su interacción (A×B). También incluye los promedios por tratamiento, compuestos por la combinación de variedad + sustrato.

Los resultados muestran que el sustrato B2 (turba) incrementó significativamente el peso del fruto en comparación con B1, lo cual concuerda con lo reportado por Sanchez (2021), quien señalan que la turba posee una alta capacidad de retención de humedad, adecuada aireación y una estructura física muy favorable para el desarrollo radicular. Estas características permiten un suministro hídrico y nutricional más estable, mejorando el llenado del fruto y el rendimiento final en cultivos hortícolas.

En este estudio, la diferencia fue especialmente evidente en la variedad A3, donde el tratamiento A3B2 alcanzó 44.50 g, superando notoriamente al tratamiento con el mismo genotipo, pero con sustrato B1 (36.50 g). Esto confirma que la turba es un sustrato eficiente para potenciar variedades de alto rendimiento, actuando como un factor clave para optimizar el desempeño productivo en sistemas hidropónicos. Tal comportamiento coincide con lo descrito por Sanchez (2021), quien destacan que la elección del sustrato puede mejorar sustancialmente la expresión del potencial genético de la planta.

**Tabla 14.** Longitud y Peso del fruto en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en sistemas hidropónicos con y sin sustrato en Manglaralto.

	GL	Longitud y peso del fruto			
		LF	PF	N	
<b>Factores A (Variedades)</b>	A1	1	4.50 a	8.50 a	
	A2		4.50 a	24.50 b	
	A3		4.50 a	40.50 c	
<b>Factores B (Sustratos)</b>	B1	2	4.50 a	20.50 a	
	B2		4.50 a	28.50 b	
<b>Tratamientos A x B</b>					
<b>T1 (A1B1)</b>			4.50 a	4.50 a	8
<b>T2 (A1B2)</b>			4.50 a	12.50 b	8
<b>T3 (A2B1)</b>			4.50 a	20.50 c	8
<b>T4 (A2B2)</b>			4.50 a	28.50 d	8
<b>T5 (A3B1)</b>			4.50 a	36.50 e	8
<b>T6 (A3B2)</b>			4.50 a	44.50 f	8
<b>A x B</b>		2			
<b>Error experimental</b>		18			

<b>Total</b>	23	
<b>CV%</b>	46.16	8.48
<b>Probabilidad (FA)</b>	0.0130	<0.0001
<b>Probabilidad (FB)</b>	<0.0001	0.0022
<b>Probabilidad (A x B)</b>	0.00	0.00

A1B1=Variedad monterrey con sustrato \* A1B2=Variedad monterrey sin sustrato \* A2B1= Variedad californiano con sustrato \*A2B2= Variedad californiano sin sustrato \*A3B1=Variedad chileno con sustrato \*A3B2=Variedad chileno sin sustrato \*PF=Peso del fruto.

### 3.3.3 Color, textura de la fresa

En el resultado de la Tabla 15 nos indica que la variedad chilena tuvo mejor desempeño productivo contrasta parcialmente con otras investigaciones, donde Huacon (2020) al evaluar las variedades en sistema hidropónico encontró que la variedad Albion fue la que tuvo mayor rendimiento. Sin embargo el albion chileno con sustrato fue superior sugiere que las condiciones específicas de la costa (temperatura o humedad) y la formulación nutricional fueron óptimas para esta genética particular.

**Tabla 16.** Textura y color del cultivo en la evaluación del crecimiento, producción y calidad de tres variedades de fresa en Manglaralto.

<b>Variedad</b>	<b>Color externo</b>	<b>Color interno</b>	<b>Textura</b>
<b>V1</b>	Rojo intenso	Rojo claro	Blando
<b>V2</b>	Rojo intenso	Rosado	Blando
<b>V3</b>	Rojo intenso	Rojo intenso	Consistente

V1=Variedad monterrey \* V2=Variedad californiano \* V3= Variedad chileno

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

El crecimiento vegetativo y productivo de las tres variedades de fresa mostró diferencias significativas entre los sistemas hidropónicos con y sin sustrato. En general, las plantas establecidas con sustrato de turba presentaron un mejor desarrollo radicular y mayor estabilidad estructural, lo que se reflejó en mayor altura, número de hojas y una producción más uniforme. Esto evidencia que el uso de sustrato puede mejorar la adaptación de las plántulas en etapas tempranas y favorecer el rendimiento productivo.

El monitoreo fitosanitario evidenció que las variedades cultivadas en sistemas hidropónicos sin sustrato fueron más susceptibles a fluctuaciones ambientales, lo que se reflejó en una mayor incidencia de estrés y ligeras manifestaciones de patógenos oportunistas. En contraste, el sistema con sustrato proporcionó mayor estabilidad y menor incidencia de enfermedades, favoreciendo plantas más vigorosas y con menor afectación fitosanitaria durante el ciclo del cultivo.

La calidad de los frutos, medida a través de parámetros como longitud, firmeza, color y peso, fue superior en las plantas cultivadas en el sistema hidropónico con sustrato bajo casa de sombra. La turba permitió una mejor retención de humedad y disponibilidad de nutrientes, lo que se reflejó en frutos de mayor uniformidad y características fisicoquímicas más favorables. Esto indica que el manejo hidropónico con sustrato contribuye a mejorar la calidad final de la producción de fresa.

## **Recomendaciones**

Se recomienda dar continuidad a la evaluación de las variedades que mostraron mejor adaptabilidad en el sistema hidropónico, incorporando etapas de producción del fruto, con el fin de obtener un análisis integral que permita su validación comercial en la zona del centro de apoyo Manglaralto.

Es conveniente optimizar la formulación y frecuencia de aplicación de la solución nutritiva, ajustándola según la fase fenológica de las plantas, ya que una nutrición precisa podría mejorar aún más el crecimiento vegetativo y la respuesta fisiológica de las variedades con mayor potencial.

Se sugiere implementar un sistema de monitoreo fitosanitario preventivo, considerando los registros obtenidos durante la investigación, con el fin de obtener mejores estrategias de manejo integrado que reduzcan la incidencia de plagas y enfermedades sin recurrir de manera excesiva a productos químicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrotendencia. (2020). *Cultivo de fresa: cuidados, manejo, plagas y enfermedades*.  
Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agricultura/cultivos/frutales/el-cultivo-de-la-fresa-o-frutilla/#:~:text=La%20planta%20de%20fresa%20o,y%20debe%20tener%20buena%20fertilidad.>
- Sanchez, L., Olivares, T., Olascooga, V. (2023). Morfología y anatomía de la fresa (*Fragaria vesca* L). Obtenido de <https://www.calameo.com/read/0070832543fdbfaded94>
- Benavides A , Cisne J, Moran J, Duarte H. (2022). *Producción orgánica de fresa (Fragaria spp), Las Sabanas* . Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4573/1/NF62B456.pdf>
- Restrepo A, Cortés M, Rojano B. (2009) Determinación de la vida útil de fresa ( *fragaria ananassa* Duch. ) fortificada con vitamina E. Obtenido de vida útil de la fresa (*fragaria ananassa* Duch.) enriquecida con vitamina E: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532009000300017](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532009000300017)
- Armijos B, H. A. (2021). Evaluación de 3 variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa*) en un sistema semi hidropónico, bajo condiciones de invernadero (Bachelor's thesis, Quito). Recuperado de: Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/10958/1/134361>.
- Cadena, M. (2017). *estudio de factibilidad para el cultivo hidropónico de fresa (Fragaria x ananassa d), en facatativá cundinamarca*. Obtenido de [https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/14322/estudio%20de%20factibilidad%20para%20el%20cultivo%20hidrop%3nico%20de%20fresa%20\(fragaria%20x%20ananassa%20d\),%20en%20facatativ%c1%20cundinamarca..pdf?sequence=1](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/14322/estudio%20de%20factibilidad%20para%20el%20cultivo%20hidrop%3nico%20de%20fresa%20(fragaria%20x%20ananassa%20d),%20en%20facatativ%c1%20cundinamarca..pdf?sequence=1)

- Carpio A, Arturo J. (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.*
- Chaglla, M. (2021). *Evaluación de la productividad de dos orígenes de fresa variedad albión (fragaria ananassa) en la parroquia montalvo.* obtenido de proyecto de investigación: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/026eee2-d781-403a-a2db-b8b4e7c47637/content>
- Casbis, G.M. *et al.* (2020) «Crecimiento, rendimiento y calidad de fresa por efecto del régimen nutrimental», *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), pp. 1337-1348. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2329>.
- Censos, I.N. de E. y (sin fecha) *Estadísticas Agropecuarias, Instituto Nacional de Estadística y Censos.* Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/> (Accedido: 15 de octubre de 2025).
- Cerero Cruz, L. *et al.* (2023) «Cultivo de fresa (Fragaria ananassa Duch.) en sistemas hidropónicos con mezclas de sustratos», *Acta Agronómica*, 72(1), pp. 70-77. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/acag.v72n1.110426>.
- Muñoz C, Montañez M, Higuera N. (2021). *Construcción de un sistema hidropónico automatizado para implementación en comunidad wayúu del departamento de la guajira.* Obtenido de [https://apolo.unab.edu.co/ws/portalfiles/portal/30770223/Libro\\_tesis\\_Hidropon\\_a\\_AGO8\\_CMONCADA\\_firmado.pdf](https://apolo.unab.edu.co/ws/portalfiles/portal/30770223/Libro_tesis_Hidropon_a_AGO8_CMONCADA_firmado.pdf)
- Darlyn Cruz *et al.* (2025) «Validación de una tecnología en producción limpia de fresa a pequeña escala en la finca Sol Vida del municipio de Pamplona, Norte de Santander», *ResearchGate*, 7. Disponible en: <https://doi.org/10.24054/cyta.v7i1.2769>.
- Dutra E, Mejia P. (2023). *Plant reproduction polination and fertilization botany in Hawaii leeward community college.* Obtenido de

[https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Botany/Botany\\_in\\_Hawaii\\_\(Daniela\\_Dutra\\_Elliott\\_and\\_Paula\\_Mejia\\_Velasquez\)/05%3A\\_Flowers\\_fruits\\_and\\_seeds/5.02%3A\\_Plant\\_reproduction-\\_pollination\\_and\\_fertilization](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Botany/Botany_in_Hawaii_(Daniela_Dutra_Elliott_and_Paula_Mejia_Velasquez)/05%3A_Flowers_fruits_and_seeds/5.02%3A_Plant_reproduction-_pollination_and_fertilization)

ESPAC. (2022). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2022/PPT\\_%20ESPAC\\_%202022\\_04.pdf?utm\\_source](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_%20ESPAC_%202022_04.pdf?utm_source)

*Estadísticas | FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* (sin fecha) *Statistics*. Disponible en: <http://www.fao.org/statistics/es> (Accedido: 10 de septiembre de 2025).

Espinoza, I. (2020). *Evaluación del rendimiento de cinco variedades de fresa (fragaria spp.) En el centro de investigación y producción agrícola, Cañasbamba, y Yungay, 2017-2018*. Obtenido de Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo: <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4232>

FAO. (2023). *estadísticas de producción de fresa Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Flores, D. (2018). *evaluación de sustratos y soluciones nutritivas en la producción hidropónica con sustratos sólidos en fresa (Fragaria x ananassa)*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b76acee7-8206-4310-ac3f-326e4f79e78c/content>

Galarraga, J. (2018). Evaluación de niveles de fertilización en el cultivo de frutilla (Fragaria x ananassa) en Puenbo-Pichinca. En Tesis (pág. 55). Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.

García, M; Abad, C; Castillo, L; Navarrete, F; Plasencia, D. . (2020). *Diseño del proceso de implementación de cultivos hidropónicos en terrenos inutilizados en el distrito de Piura. Universidad de Piura. Facultad de ingeniería*. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/>

- Gavilanez, E. J. (2022). *Caracterización del cultivo de tomate Cherry (Solanum lycopersicum var. cerasiforme) en sistemas hidropónicos*. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13323/E-UTB-FACIAG-AGRON-000031.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guillermo A. Chunchu V. Carlos G. Chunchu M. Zhofre H. Aguirre M. (agosto de 2019). *anatomía y morfología vegetal*. Obtenido de <https://www.unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ANATOMI%CC%81A%20Y%20MORFOLOGI%CC%81A%20VEGETAL.pdf>
- Huayanay Villar, JL, Oré García, J., & Meneses Hiyo, SY . (2020). *Diseño y construcción de un sistema automatizado de control de bomba de agua en un cultivo hidropónico en el entorno arduino UNSCH – Ayacucho*. Obtenido de <https://revistaeciperu.com/wp-content/uploads/2020/12/reciperu202067Huayanay.pdf>
- Huacon, D. (2020). *desarrollo morfológico y rendimiento de tres variedades de fresa mediante un sistema hidropónico nft cantón guayaquil, guayas*. obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/HUACON%20COELLO%20RUBEN%20DARIO.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*. Obtenido de <file:///C:/Users/user/Desktop/TESIS%20FELIX%20IBADANGO.pdf>
- INEC. (2023). *Estadísticas agropecuarias del Ecuador. Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Infoagro. (2020). *El cultivo de la Fresa*. Obtenido de El origen de este género no está bien definido. No obstante, agrupa unos 400 taxones descritos de los cuales 20 están reconocidos. En la actualidad, las variedades comerciales son híbridos.: [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_fresa.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_fresa.asp)

- Inga, C. (2021). *Evaluación de cuatro variedades de frutilla (Fragaria x ananassa Duch) en dos sistemas semi hidropónicos*. Obtenido de file:///C:/Users/user/Downloads/13T00978
- Intagri. (2017). *La Hidroponía: Cultivos sin Suelo*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/horticulturaprotegida/la-hidroponiacultivosin-suelo>
- Javalera-Rincón, M.D.L. *et al.* (2024) «Efecto de Bioestimulantes en Producción y Calidad de Fresa (Fragaria ananassa cv. Albión) Bajo Estrés Hídrico», *Terra Latinoamericana*, 42. Disponible en: <https://doi.org/10.28940/terra.v42i.1937>.
- Klinton, J. (2019). “*Producción de fresa (Fragaria x ananassa Duch.) en dos sistemas de hidroponía bajo cobertura plástico*”. Obtenido de <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/16d2a7c9-978d-4b36-843b-9ded6ef75a9d/content>
- Kirschbaum Daniel (2021) «Características botánicas, fisiología y tipos de variedades de fresas», en *ResearchGate*. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/356251371\\_Caracteristicas\\_botanicas\\_fisiologia\\_y\\_tipos\\_de\\_variedades\\_de\\_fresas](https://www.researchgate.net/publication/356251371_Caracteristicas_botanicas_fisiologia_y_tipos_de_variedades_de_fresas) (Accedido: 26 de octubre de 2025).
- Llumiquinga, A. (2017). *Evaluación de fertilización mineral y orgánica / mineral con fertiriego en el cultivo de frutilla Fragaria x ananassa (Weston); variedad albión*. Obtenido de universidad central del Ecuador facultad de ciencias agrícolas carrera de ingeniería agronómica: <https://metaflip.metabiblioteca.com/?pdf=https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1caf7294-b86e-48a5-8130-6abfc8fece7d/content?authentication-token=null>
- MAG. (2023). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/>

- Rivas M, Alejandro M, Monterroza J, Escuitla J. (2021). *Sistema de riego inteligente con sensores y monitoreo automatizado de cultivo*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/358706558\\_Sistema\\_de\\_riego\\_automatizado\\_con\\_sensores\\_y\\_Arduino](https://www.researchgate.net/publication/358706558_Sistema_de_riego_automatizado_con_sensores_y_Arduino)
- Martínez, D. M. (2024). *Diferentes métodos de siembra hidropónica y sus beneficios*. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/17117/E-UTB-FACIAG-AGRON-000178.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MasterLab. (2024). *Manejo de enfermedades y plagas en el cultivo de fresas: soluciones efectivas*. Obtenido de <https://masterlab.com.mx/manejo-de-enfermedades-y-plagas-en-el-cultivo-de-fresas-soluciones-efectivas/>
- Megias M, Molist P, Pombal M . (2018). *Semilla Atlas de histología vegetal y animal*. Obtenido de [https://www.academia.edu/79469448/Atlas\\_de\\_histolog%C3%ADa\\_vegetal\\_y\\_animal](https://www.academia.edu/79469448/Atlas_de_histolog%C3%ADa_vegetal_y_animal)
- Mora, L., Pérez, F., & Ramírez, A. (2020). *Escasez de agua y su impacto en la agricultura de Santa Elena*. *Revista Costera*, 8(1), 23-32. Obtenido de <https://revista-costera.com>
- Muyulema, M. (2021). *evaluación de la productividad de dos orígenes de fresa variedad albión (Fragaria ananassa) en la parroquia montalvo*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/026eeee2-d781-403a-a2db-b8b4e7c47637/content>
- OEC. (2023). *Observatorio de Complejidad Económica*. Obtenido de Fresas "frutillas", frescas en Ecuador.: <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/strawberries-fresh/reporter/ecu>
- 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*. Obtenido de *Rev. de investig. agroproducción sustentable* 2(3), 30-38.

- Paucar, L. (2023). *Evaluación de dos fertilizantes en semihidroponía en dos variedades de fresa (fragaria x ananassa d.), bajo cubierta*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/21355/1/Luis%20David%20Paucar%20Auquilla.pdf>
- Pozo, D. S. (2024). *Relación suelo, planta, animal en la ganadería bovina del centro de apoyo manglaralto - upse*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/13002/1/UPSE-TAG-2025-0014.pdf>
- Resh, H. M. (2022). *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower (8th ed.)*. CRC Press. Obtenido de <https://www.routledge.com>
- Rodriguez, N. (0 2025). *Valencia fruits*. Obtenido de El sector mundial de la fresa:tendencias, retos y perspectiva del mercado: [https://valenciafruits.com/sector-mundial-fresa-tendencias-retos-perspectivas-mercado/?utm\\_source](https://valenciafruits.com/sector-mundial-fresa-tendencias-retos-perspectivas-mercado/?utm_source)
- Romero-Rivas, L.C. *et al.* (2023) «Multiplicación y enraizamiento in vitro de *Fragaria x ananassa* Duch. Var. ‘Aromas’», *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(4), pp. 205-212. Disponible en: <https://doi.org/10.18271/ria.2023.563>.
- Rosete, C. *et al.* (2020) «Medios de enraizamiento y aplicación de auxinas en la producción de plántulas de fresa», *ResearchGate*, 21(1), p. 13. Disponible en: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:1319](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1319).
- Saldaña, K. (2023). *Cultivos hidropónicos sostenibles en el Ecuador*. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14822/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000064.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanchez, E. (2021). *Sistemas Hidropónicos: Programas y Recetas de Soluciones Nutritivas. Fertilizante, concentración, pureza, solubilidad, compatibilidad*. . Obtenido de <https://extension.psu.edu/sistemas-hidroponicos-programasy-recetas-de-solucionesnutritivas#:~:text=Enfoque%20completo%20de%20fertilizantes%20solubles>

- Santos, F. (2022). *Comportamiento agronómico del cultivo de fresa (Fragaria sp L.)*  
Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4580/1/tnf08s237.pdf>
- Silva, J. (2022). *Comportamiento agronómico del cultivo de fresa (Fragaria sp L.) bajo dos sistemas de siembra, camellones e hidropónico NFT, La Sabana, Madriz.* Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4580/1/tnf08s237.pdf>
- Tropicos. (2020). *Fragaria × ananassa Duchesne ex Rozier.* Obtenido de Recuperado el 20 de octubre de: <http://legacy.tropicos.org/Name/100355015>
- Vaca, S. (2025). *Comportamiento agronómico de variedades de fresa (Fragaria vesca) EN UN sistema hidropónico vertical con mezclas desustratos en el cantón cotacachi.* Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/17165/2/03%20AGP%20460%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Santos V, Tinoco D. (2023). *Diseño de un invernadero hidropónico automático con control del pH electroconductividad para cultivo de tomate y monitoreo en la nube.* Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25254/1/UPS-CT010628.pdf>
- Velázquez Machuca, M. (2008) *Agronomía de la fresa: principios y nuevas tecnologías.* Instituto Politécnico Nacional. Disponible en: <https://0410n2ti8-y-https-elibronet.dossierp.museknowledge.com/es/ereader/upse/101704?page=102> (Accedido: 31 de octubre de 2025)
- Villegas, J. (2021). *Automatización de procesos para la producción de fresa por métodos hidropónicos-nft.* Obtenido de [file:///C:/Users/maria/Downloads/T-UIDE-0178%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/maria/Downloads/T-UIDE-0178%20(3).pdf)
- Quispe, J.E.J. et al. (2025) «Evaluación Agronómica de la Producción Hidropónica de Tres Variedades de Fresa (Fragaria ananassa Duch.) en Condiciones Controladas», *Revista Veritas de Difusão Científica*, 6(1), pp. 3835-3848. Disponible en: <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i1.601>.

## ANEXOS

**Anexo 1.**Cuadro ANOVA para la variable hoja

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	20.19	5	4.04	3.32	0.0130
A	15.88	2	7.94	6.52	0.0034
B	3.52	1	3.52	2.89	0.0964
Tratamiento	0.79	2	0.40	0.33	0.7242
A*B	0.00	0	0.00	Sd	Sd
A*B*tratamiento	0.00	0	0.00	Sd	sd
Error	51.13	42	1.22	sd	Sd
Total	71.31	47			

**Anexo 2.**Cuadro ANOVA para la variable altura

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	88.35	5	17.67	1.27	0.2950
A	5.54	2	2.77	0.20	0.8203
B	72.52	1	72.52	5.21	0.0276
Tratamiento	10.29	2	5.15	0.37	0.6932
A*B	0.00	0	0.00	Sd	Sd
A*B*tratamiento	0.00	0	0.00	Sd	sd
Error	584.63	42	1.22	sd	Sd
Total	672.98	47			

**Anexo 3** Cuadro ANOVA para la variable altura

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	127.19	5	25.44	1.04	0.4072
A	18.88	2	9.44	0.39	0.6823
B	50.02	1	50.02	2.04	0.1602
Tratamiento	58.29	2	29.15	1.19	0.3139
A*B	0.00	0	0.00	Sd	Sd
A*B*tratamiento	0.00	0	0.00	Sd	sd
Error	1027.63	42	24.47	sd	Sd
Total	1154.81	47			

**Anexo 4** Cuadro ANOVA para la variable hoja

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	185.00	5	37.00	0.84	0.5299
A	33.50	2	16.75	0.38	0.6864
B	12.00	1	12.00	0.27	0.6047
Tratamiento	139.00	2	69.75	1.58	0.2178
A*B	0.00	0	0.00	Sd	Sd
A*tratamiento	0.00	0	0.00	Sd	Sd
B*tratamiento	0.00	0	0.00	sd	Sd
A*B*tratamiento	0.00	0	0.00	Sd	sd
Error	1853.00	42	44.12	sd	Sd
Total	2038.00	47			

**Anexo 5** Cuadro ANOVA para la variable fruto

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	99.50	12	8.29	1.86	0.0762
A	40.54	2	20.27	4.54	0.0176
B	21.33	1	21.33	4.78	0.0355
Tratamiento	10.29	2	5.15	1.15	0.3273
Rep	27.33	7	3.90	0.88	0.5357
Error	156.67	35	4.46		
Total	255.67	47			

**Anexo 6** Cuadro ANOVA para la variable TF

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	31.88	12	2.66	2.29	0.0283
Tratamiento	10.91	5	2.18	1.15	0.0297
Rep	20.98	7	3.00	0.88	0.12.34
A	0.00	0	0.00	sd	Sd
B	0.00	0	0.00	sd	sd
Error	40.67	35	1.16		
Total	72.55	47			

**Anexo 7** Cuadro ANOVA para la variable PF

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	359.72	12	29.98	2.36	0.0237
Tratamiento	116.30	5	23.26	1.83	0.0222
Rep	243.42	7	34.77	2.74	0.1316
A	0.00	0	0.00	sd	Sd
B	0.00	0	0.00	sd	sd
Error	40.67	35	1.16		
Total	72.55	47			

**Anexo 8.** Prueba de normalidad de la variable Hoja mediante Shapiro-Wilks

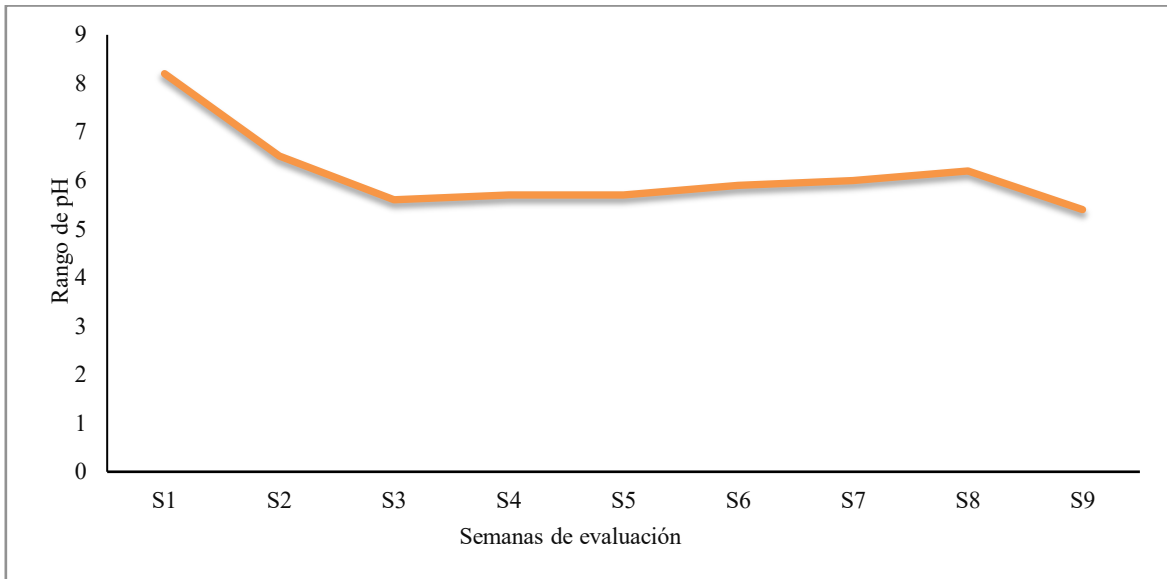
<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>D.E</b>	<b>W</b>	<b>P(unilateral)</b>
HS1	48	10.81	1.23	0.90	0.0007
HS2	48	8.90	3.10	0.96	0.4928
HS3	48	10.02	3.78	0.98	0.8994
HS4	48	11.77	4.51	0.98	0.9318
HS5	48	14.77	4.79	0.98	0.8193
HS6	48	16.94	4.96	0.96	0.3857
HS7	48	18.35	5.88	0.96	0.5166
HS8	48	19.02	5.92	0.97	0.6494
HS9	48	20.00	6.58	0.96	0.3297

**Anexo 9.**Prueba de normalidad de la variable Altura mediante Shapiro-Wilks

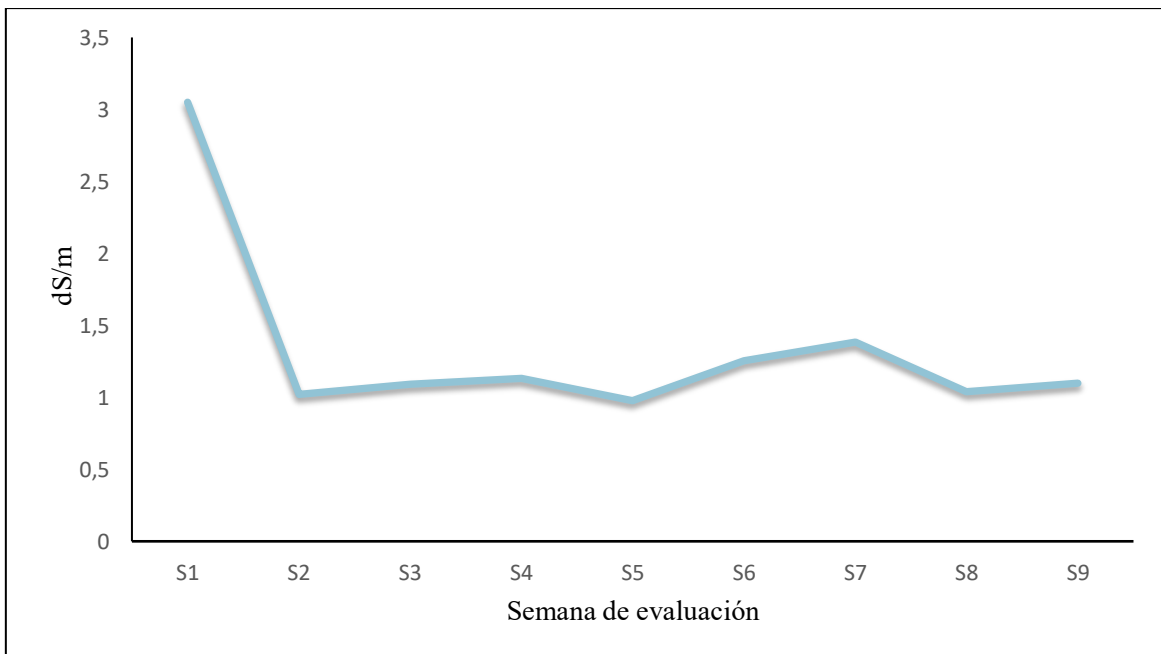
<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>D.E</b>	<b>W</b>	<b>P(unilateral)</b>
HS1	48	7.24	2.50	0.96	0.3622
HS2	48	8.25	2.96	0.96	0.3106
HS3	48	8.98	2.96	0.94	0.0722
HS4	48	9.58	3.06	0.92	0.0140
HS5	48	10.10	3.21	0.92	0.0100
HS6	48	10.86	3.45	0.91	0.0030
HS7	48	11.33	3.54	0.91	0.0050
HS8	48	11.94	3.76	0.92	0.0093
HS9	48	12.52	3.59	0.90	0.0007

## Figuras

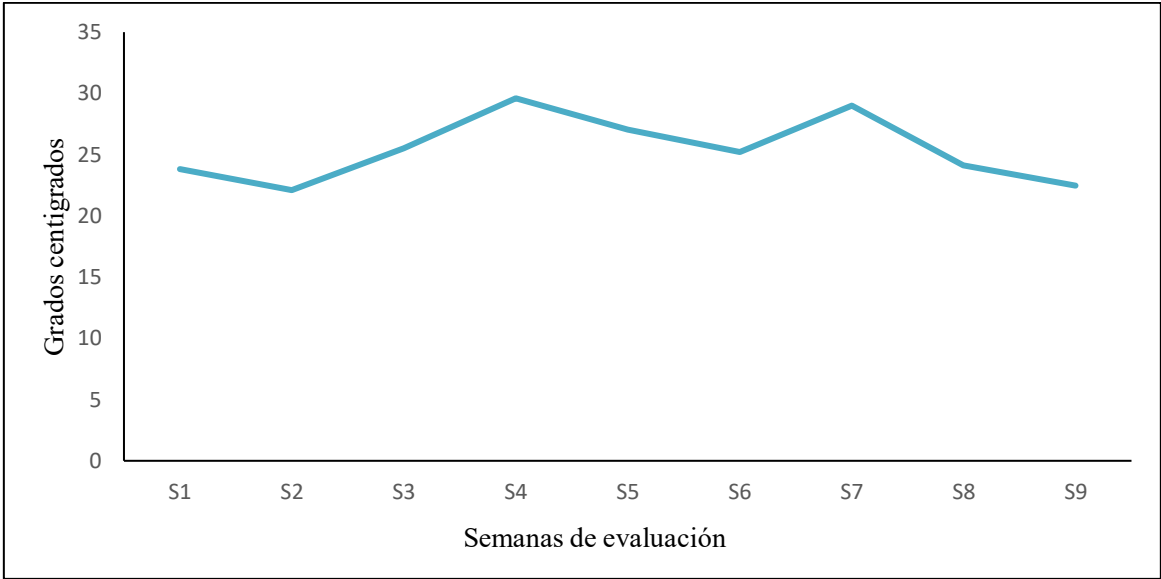
**Figura 5.** Rango del pH en las semanas evaluadas.



**Figura 6** Medición de la Ce en el cultivo de fresa.



**Figura 7.** Temperatura del cultivo de fresa.



## Anexos 2 Fotografía del experimento



**Anexo 10.** Lugar donde se recogieron los estolones Rio Verde.



**Anexo 11.** Enraizamiento de raíz



**Anexo 12.** Construcción de la estructura hidropónica



**Anexo 13.** Colocación de las plantitas al sistema hidropónico.



**Anexo 14.** Variedad 3 sin sustrato.



**Anexo 15.** Variedad 3 con sustrato.



**Anexo 16 .**Desarrollo y crecimiento.



**Anexo 17.** Variedad 3 su primer fruto.



**Anexo 18.** En su floración.



**Anexo 19.** Sus primeros estolones.



**Anexo 20.** Toma de parámetros físicos.



**Anexo 21.** desarrollo del fruto.



**Anexo 22.** Peso del Fruto.



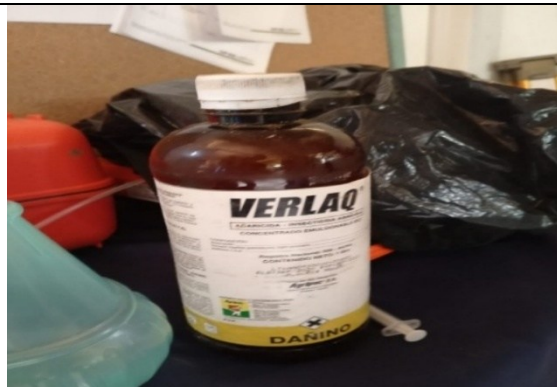
**Anexo 23.** Tamaño del fruto.



**Anexo 24.** Preparación de dos muestras de sustrato.



**Anexo 25.** Toma de datos de los sustratos.



**Anexo 26.** Controlador de ácaros.



**Anexo 27.** Fumigación para controlar los ácaros.



**Anexo 28.** En su fase de producción.



**Anexo 29.** Muestra de floración.



**Anexo 30.** Toma de datos cada semana.



**Anexo 31.** Muestra del desarrollo de la raíz, tallo, hoja y Frutos



**Anexo 32.** En la fase de la cosecha.



**Anexo 33.** Resultados de la primera cosecha.