



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD RECURSOS NATURALES**

**CARRERA AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE CUATRO MEZCLAS DE SUSTRATOS PARA  
LA PRODUCCIÓN SEMIHIDROPÓNICA DE FRESA (*Fragaria x  
ananassa* D.) VARIEDAD ALBIÓN EN INVERNADERO.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**AUTORA:**

**NELLY ALEXANDRA LUCERO CHUCINO**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE CUATRO MEZCLAS DE SUSTRATOS PARA  
LA PRODUCCIÓN SEMIHIDROPÓNICA DE FRESA (*Fragaria x  
ananassa* D.) VARIEDAD ALBIÓN EN INVERNADERO.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**AUTORA: NELLY ALEXANDRA LUCERO CHUCINO**

**DIRECTOR: ING. ALFONSO LEONEL SUAREZ TAPIA PhD.**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Nelly Alexandra Lucero Chucino

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Nelly Alexandra Lucero Chucino, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 junio de 2023



**Nelly Alexandra Lucero Chucino**

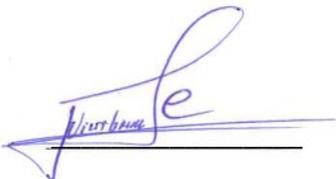
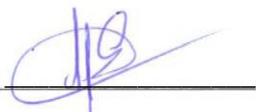
**140109898-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**CARRERA AGRONOMÍA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE CUATRO MEZCLAS DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN SEMIHIDROPÓNICA DE FRESA** (*Fragaria x ananassa* D.) **VARIEDAD ALBIÓN EN INVERNADERO**, realizado por la señorita: **NELLY ALEXANDRA LUCERO CHUCINO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-06-22
Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia PhD. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-22
Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez MSc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-22

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a mis padres, ya que son los que fomentaron en mi un ejemplo de superación, con su amor, cariño y apoyo incondicional hicieron posible que yo pudiera seguir y hacer realidad mi sueño de ser ingeniera. Víctor y María, a ellos que con su excelente manera de instruirme me enseñaron a valorar cada momento de mi vida y en este reto universitario el esfuerzo que hacían día a día por darme lo mejor hicieron que tenga una determinación constante de responsabilidad y dedicación, la misma que me permitieron alcanzar mi sueño anhelado. Infinitas Gracias a ustedes.

*Nelly*

## **AGRADECIMIENTO**

Mis más sinceros agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme formar parte de esta gran familia, gracias por abrirme sus puertas las mismas que durante mi carrera me han permitido llevarme excelentes conocimientos que será las bases de mi vida profesional, así también, me llevo un sinnúmero de recuerdos de docente y amigos que supieron brindarme una palabra de aliento, pero sobre todo supieron guiarme para que hoy por fin una meta más se esté haciendo realidad.

*Nelly*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY / ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Planteamiento del problema.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<i>1.2.1 Objetivo general.....</i>	<i>2</i>
<i>1.2.2 Objetivo específico.....</i>	<i>2</i>
<b>1.3 Justificación .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Hipótesis .....</b>	<b>3</b>
<i>1.4.1 Hipótesis Nula .....</i>	<i>3</i>
<i>1.4.2 Hipótesis Alternativa .....</i>	<i>3</i>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Cultivo de fresa.....</b>	<b>4</b>
<i>2.1.1 Generalidades del cultivo .....</i>	<i>4</i>
<i>2.1.2 Taxonomía .....</i>	<i>4</i>
<i>2.1.3 Descripción botánica.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.3.1 Raíz.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.3.2 Tallo o corona.....</i>	<i>5</i>

2.1.3.3	<i>Hojas</i> .....	5
2.1.3.4	<i>Flores</i> .....	5
2.1.3.5	<i>Fruto</i> .....	5
2.1.4	<b>Requerimientos del cultivo</b> .....	6
2.1.5	<b>Variedades</b> .....	6
2.1.6	<b>Características propias de la variedad Albión</b> .....	7
2.1.7	<b>Manejo del cultivo</b> .....	8
2.1.7.1	<i>Establecimiento del cultivo</i> .....	8
2.1.7.2	<i>Fertirriego</i> .....	8
2.1.7.3	<i>Poda</i> .....	9
2.1.7.4	<i>Plagas y enfermedades</i> .....	9
2.1.7.5	<i>Cosecha</i> .....	10
2.2	<b>Semihidroponía</b> .....	10
2.3	<b>Sustratos usados en semihidroponía</b> .....	10
2.3.1	<i>Cascarilla de arroz</i> .....	10
2.3.2	<i>Pomina</i> .....	11
2.3.3	<i>Corteza de pino</i> .....	11
2.3.4	<i>Fibra de coco</i> .....	11
2.3.5	<i>Biofertil</i> .....	11
2.4	<b>Propiedades de los sustratos</b> .....	12
2.5	<b>Sistema de riego</b> .....	13
2.5.1	<i>Sistema de riego por goteo</i> .....	14
2.5.2	<i>Programación del riego</i> .....	14
2.5.3	<i>Frecuencia del riego</i> .....	14
2.5.4	<i>Evapotranspiración Real</i> .....	15
2.5.5	<i>Tiempo de riego</i> .....	15
2.5.6	<i>Lamina de riego</i> .....	16
2.6	<b>Coeficiente del cultivo ( Kc)</b> .....	16
2.6.1	<i>Metodología Hargreaves para el calcula del Kc del cultivo</i> .....	17

2.6.2	<i>Evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto)</i> .....	17
2.6.3	<i>Evapotranspiración del cultivo (Etc)</i> .....	17

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	18
3.1	<b>Caracterización del lugar</b> .....	18
3.1.1	<i>Localización</i> .....	18
3.1.2	<i>Ubicación geográfica</i> .....	18
3.2	<b>Instrumentos de investigación</b> .....	18
3.2.1	<i>Materiales de campo</i> .....	18
3.2.2	<i>Equipos de laboratorio</i> .....	18
3.3	<b>Métodos y técnicas</b> .....	18
3.3.1	<i>Diseño experimental</i> .....	18
3.3.2	<i>Factor en estudio</i> .....	3
3.3.3	<i>Tratamientos en estudio</i> .....	3
3.3.4	<i>Diseño agronómico</i> .....	4
3.3.5	<i>Sistema de riego</i> .....	4
3.3.6	<i>Especificaciones del campo experimental</i> .....	5
3.3.7	<i>Esquema de análisis de varianza</i> .....	5
3.3.8	<i>Variables en estudio</i> .....	6
3.3.8.1	<i>Porcentaje de prendimiento</i> .....	6
3.3.8.2	<i>Vigorosidad de la planta y de la primera flor</i> .....	6
3.3.8.3	<i>Días a la primera estolonización</i> .....	8
3.3.8.4	<i>Días a la floración</i> .....	8
3.3.8.5	<i>Rendimiento de la variedad</i> .....	9
3.3.8.6	<i>CE antes y después del riego</i> .....	10
3.3.8.7	<i>Análisis económico</i> .....	10
3.3.9	<i>Manejo de la investigación</i> .....	10

3.3.9.1 <i>Labores culturales</i> .....	10
-----------------------------------------	----

## **CAPÍTULO IV**

<b>4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1 Procesamiento, análisis e interpretación de resultados</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1.1 Porcentaje de prendimiento a los 15 días</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1.2 Vigoridad de la panta</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1.3 Vigoridad de la flor</b> .....	<b>14</b>
<b>4.1.4 Días a la floración</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1.5 Días a la primera estolonización</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1.6 Rendimiento de la variedad</b> .....	<b>18</b>
4.1.6.1 <i>Rendimiento de 8 semanas de cosecha</i> .....	18
<b>4.1.7 Categorización del rendimiento fresa variedad Albión</b> .....	<b>19</b>
4.1.7.1 <i>Peso de fruta para Categoría I</i> .....	19
4.1.7.2 <i>Peso de fruta para Categoría II</i> .....	20
4.1.7.3 <i>Peso de fruta para Categoría III</i> .....	21
4.1.7.4 <i>Peso de fruta para Categoría IV</i> .....	22
<b>4.1.8 CE antes y después del riego</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1.9 Evaporación dentro del invernadero</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1.10 Análisis económico</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2 Discusión</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2.1 Efecto de los sustratos en la etapa vegetativa del cultivo de fresa</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2.2 Efecto de los sustratos en el rendimiento del cultivo de fresa</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2.3 Análisis económico</b> .....	<b>28</b>

## **CAPÍTULO V**

<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>29</b>
<b>5.2. Recomendaciones .....</b>	<b>30</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Clasificación taxonómica.....	4
<b>Tabla 2-2:</b> Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de fresa.....	6
<b>Tabla 3-2:</b> Principales ejemplares cultivadas en Ecuador.....	7
<b>Tabla 4-2:</b> Características principales de la variedad albión.....	8
<b>Tabla 5-2:</b> Principales plagas y enfermedades de <i>fragaria x ananasa</i> D.....	9
<b>Tabla 6-2:</b> Propiedades físicas de los sustratos.....	12
<b>Tabla 7-2:</b> Propiedades químicas de los sustratos.....	12
<b>Tabla 8-2:</b> Etapas fenológicas para la frutilla.....	16
<b>Tabla 1-3:</b> Tratamientos en estudio.....	3
<b>Tabla 2-3:</b> Diseño agronómico del ensayo.....	4
<b>Tabla 3-3:</b> Diseño para el sistema de riego.....	4
<b>Tabla 4-3:</b> Área de investigación del ensayo.....	5
<b>Tabla 5-3:</b> Esquema de análisis de varianza.....	6
<b>Tabla 6-3:</b> Escala de vigor de la planta.....	7
<b>Tabla 7-3:</b> Escala de vigor de la flor.....	8
<b>Tabla 8-3:</b> Caracterización de un fruto en estado óptimo para la cosecha.....	9
<b>Tabla 9-3:</b> Tabla arbitraria para la categorización de fresa.....	9
<b>Tabla 10-3:</b> Categorización de la fruta de un cultivo de fresa semi hidropónico.....	10
<b>Tabla 11-3:</b> Requerimiento nutricional del cultivo de fresa.....	11
<b>Tabla 12-3:</b> Productos aplicados para el control fitosanitario.....	12
<b>Tabla 1-4:</b> Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento a los 15 días.....	13
<b>Tabla 2-4:</b> Prueba no paramétrica para la vigorosidad de la planta.....	14
<b>Tabla 3-4:</b> Prueba no paramétrica para la vigorosidad de la flor.....	15
<b>Tabla 4-4:</b> Análisis de varianza para floración.....	16
<b>Tabla 5-4:</b> Prueba de tukey al 5% para la floración.....	16
<b>Tabla 6-4:</b> Análisis de varianza para la primera estolonización.....	17
<b>Tabla 7-4:</b> Prueba de tukey al 5% para la primera estolonización.....	17
<b>Tabla 8-4:</b> Análisis de varianza para el rendimiento de 8 semanas de producción.....	18
<b>Tabla 9-4:</b> Prueba de tukey al 5% para las 8 primeras semanas de producción.....	18
<b>Tabla 10-4:</b> Categorización de la producción del cultivo de fresa.....	38
<b>Tabla 11-4:</b> Análisis de varianza para la categorización del rendimiento de fresa.....	38

<b>Tabla 12-4:</b> Contenido total de sales para el cultivo de fresa.....	24
<b>Tabla 14-4:</b> Análisis económico mediante la relación beneficio/costo.....	25

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** MEZCLA DE SUSTRATOS.

**ANEXO B:** LLENADO Y COLOCACIÓN DE BANDEJAS.

**ANEXO C:** COLOCACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.

**ANEXO D:** PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN MADRE Y MEDICIÓN DE LA CE Y PH.

**ANEXO E:** CONTROL FITOSANITARIO

**ANEXO F:** COSECHA Y CALIBRACIÓN DEL FRUTO

**ANEXO G:** PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO A LOS 8 DDT.

**ANEXO H:** PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO A LOS 15 DDT.

**ANEXO I:** VIGOROSIDAD DE LA PLANTA

**ANEXO J:** VIGOROSIDAD DE LA FLOR

**ANEXO K:** DÍAS A LA FLORACIÓN

**ANEXO L:** DÍAS A LA ESTOLONIZACIÓN

**ANEXO M:** REGISTRO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

**ANEXO R:** RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FRESA

**ANEXO N:** CATEGORIZACIÓN DEL RENDIMIENTO

**ANEXO O:** COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN

**ANEXO P:** INGRESOS DE LA OPERACIÓN

**ANEXO Q:** RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue Evaluar el efecto de cuatro mezclas de sustratos para la producción semihidropónica de fresa (*Fragaria x ananassa* D.) Var. Albión en invernadero. Se usó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones más el testigo. Los tratamientos fueron: T1 (50 % Cascarilla; 35 % Corteza de pino; 15 % Biofertil), T2 (50 % Pomina; 35% Corteza de pino; 15 % Biofertil), T3 (50 % Cascarilla; 30 % Corteza de pino; 20 % Biofertil), T4 (50 % Pomina; 30 % Corteza de pino; 20 % Biofertil) y el testigo (Sustrafresa). Se registraron datos biométricos de las plantas (porcentaje de prendimiento, vigor de la planta y flor, días a la estolonización y días a la floración). Por otro lado, se evaluó el rendimiento en kg/ha y posteriormente se categorizó el fruto, además se registró la conductividad eléctrica antes y después del fertirriego. Finalmente, el análisis económico se lo realizó usando la relación Beneficio-Costo. En base al análisis estadístico propuesto se comprobó la normalidad de los datos previo al análisis de varianza o pruebas no paramétricas y para la separación de medias se utilizó la prueba de TUKEY al 5%. Los resultados mostraron que los sustratos con pomina presentaron las flores y plantas más vigorosas. Los tratamientos a base de cascarilla de arroz fueron más precoces para la floración y fructificación, pero, tuvieron los rendimientos más bajos en comparación con los tratamientos con pomina los cuales superaron los 14795 kg.ha<sup>-1</sup>, y estos últimos arrojaron la mayor producción de fruta de primera y segunda categoría. Se concluye que el mejor sustrato para la producción de fresa semihidropónica bajo invernadero es aquel que tiene en su composición pomina.

**Palabras clave:** <SUSTRATOS >, <SEMIHIDROPONÍA >, <FRESA (*Fragaria x ananassa* D.)>, < BIOFERTIL>, <POMINA >, < CASCARILLA DE ARROZ >, <CORTEZA DE PINO >

1407-UPT - DBRA -2023



D.BRA  
Ing. Gerardo Castillo



## ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effect of four substrate mixtures for the semi-hydroponic production of strawberry (*Fragaria x ananassa* D.) Var. Albion in greenhouses. A completely randomized design (CRD) with 4 treatments and 3 replications plus the control was used. The treatments were: T1 (50 % rice Husk; 35 % Pine bark; 15 % Biofertil), T2 (50 % Pomina; 35 % Pine bark; 15 % Biofertil), T3 (50 % rice Husk; 30 % Pine bark; 20 % Biofertil), T4 (50 % Pomina; 30 % Pine bark; 20 % Biofertil) and the control (Sustrafresa). Biometric data of the plants were recorded (percentage of grafting, plant and flower vigor, days to stolonization and days to flowering). On the other hand, yield was evaluated in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , and the fruit was subsequently categorized, and electrical conductivity was recorded before and after fertigation. Finally, the economic analysis was carried out using the Benefit-Cost ratio. Based on the proposed statistical analysis, the normality of the data was checked prior to the analysis of variance or non-parametric tests, and the TUKEY test at 5% was used for the separation of means. The results showed that the substrates with pomina had the most vigorous flowers and plants. The treatments based on rice husk were earlier for flowering and fruiting, but had the lowest yields compared to the pomina treatments, which exceeded  $14,795 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , and it had the highest production of first and second category fruit. It is concluded that the best substrate for semi-hydroponic strawberry production under greenhouse is the one with pomina in its composition.

**Keywords:** <SUBSTRATE>, < SEMI-HYDROPONIC>, < STRAWBERRY (*Fragaria x ananassa* D.) >, < BIOFERTIL>, < POMINA >, < RICE HUSK >, < PINE BARK >



Esthela Isabel Colcha Guashpa

0603020678

## INTRODUCCIÓN

Gracias al mejoramiento de las variedades el cultivo de frutilla se encuentra por casi todo el mundo, mediante estos perfeccionamientos, estas plantas de fresa son capaces de adaptarse a los modernos sistemas de producción.

En base a esto, la producción de esta fruta en Ecuador está en aumento, gracias a las condiciones agroclimáticas favorables que presenta el país. No obstante, para el cultivo de la frutilla, generalmente se utiliza un sistema convencional en suelo agrícola, es decir la fresa es cultivada tradicionalmente en largos surcos elevados cubiertos con plástico negro y con espaciamiento entre las plantas de 30 x 30 cm y 30 x 35 cm, lo que resulta 65 a 80 mil plantas por hectárea, de acuerdo con el espaciamiento y el área de paso utilizados. Las enfermedades asociadas al suelo, causadas por hongos o bacterias, junto con el manejo cultural inadecuado (fertilización y riego) constituyen la principal causa de pérdidas en este cultivo, en estudio realizado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), afirma que muchos productos como por ejemplo la fresa están siendo afectados por la falta de control en los procesos agrícolas que afectan la calidad del fruto los cuales no permiten que llegue hacia mercados internacionales (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2004). Por lo que, mediante la semi hidroponía se pretende avivar la producción de frutilla, puesto que estos sistemas incorporan nuevas herramientas y nuevos métodos de cultivo. Unas de las principales ventajas de la semi hidroponía es el uso de sustratos, por lo que nuestro país es rico en una gama de sustratos que pueden ser empleados para el desarrollo de cultivos semi hidropónicos, esto gracias a las diferentes propiedades que posee cada uno, la combinación de diferentes proporciones de sustratos influirá en el desarrollo del cultivo, causando un efecto positivo en el rendimiento, así también su utilización reduce enormemente el uso innecesario de algunos agroquímicos y el ahorro económico es significativo al permitir que la planta asimile con mayor efectividad los nutrientes, así también es importante añadir que la densidad de plantación aumenta ya que el ahorro de espacio es valioso (Guamán, 2021, pp. 12-13).

Según Flores (2018, p.12), las variedades más cultivadas en Pichincha, Tungurahua y Chimborazo es la variedad Albión y Monterey, esto gracias a sus excelentes resultados en rendimiento y mayor vida post cosecha, por lo que la gran mayoría se consume en fresco y una mínima parte de la producción es utilizada en la industria, por lo que, además de la apariencia se busca un determinado tamaño y actualmente una buena calidad nutricional, de acuerdo al departamento técnico agrícola Llahuen el rendimiento de esta variedad alcanza los 72 000 toneladas por hectárea en un periodo de 9 meses, con una densidad de siembra de 65 000 plantas por hectárea a una distancia de 25 cm entre planta.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad los lotes de fresa cultivados en el suelo y a cielo abierto han experimentado altos niveles de ataque de plagas y enfermedades, esto sumado a un mal manejo de la fertilización y agua de riego causan bajos rendimientos del cultivo de fresa. Es por eso que se han desarrollado nuevos sistemas de cultivos como la semihidroponía, en donde la combinación de varios tipos de sustratos influye en el desarrollo del cultivo causando un efecto en el rendimiento.

### 1.2 Objetivos

#### 1.2.1 *Objetivo general*

- Evaluar el efecto de cuatro mezclas de sustratos para la producción semihidropónica de fresa (*Fragaria x ananassa* D.) Var. Albión en invernadero.

#### 1.2.2 *Objetivo específico*

- Evaluar el comportamiento agronómico de la fresa, variedad Albión en 4 diferentes mezclas de sustratos.
- Determinar la mejor mezcla de sustratos en base al rendimiento del cultivo de fresa variedad Albión bajo invernadero.
- Realizar un análisis económico de cada uno de los tratamientos

### 1.3 Justificación

En la actualidad los cultivos de fresa siguen realizándose de manera habitual, es decir, a campo abierto y sobre suelos, es por ello que se pretende brindar nuevas alternativas de cultivo como es la semihidroponía, las ventajas de implementar esta estrategia agrícola es que se puede aprovechar cualquier tipo de espacio para su implementación, adicional a ello el uso de sustratos como la cascarilla, pomina, fibra de coco, etc. se aprovecha para que la planta tenga la humedad, aireación y porosidad adecuada para el buen desarrollo de sus raíces. Tanto el riego como la fertilización dentro de estos sistemas es de suma importancia ya que una planta está comprendida del 90 por

ciento de agua, por lo que el regadío debe realizarse con mucha exactitud, evitando así el gasto innecesario tanto de agua como de fertilizantes. Otro factor relevante para estos sistemas son el manejo eficiente tanto de plagas como de enfermedades, ya que al estar en sustratos el riesgo es menor, dado que un cultivo por el hecho de estar a campo abierto es susceptible al contagio y ataque de plagas que provienen por el agua de riego, por el mismo suelo y por la complejidad del manejo, cabe destacar que con la implementación de un cultivo semi hidropónico se promueve la conservación de los suelos, puesto que previene su erosión y su deterioro paulatino, adicional a ello, facilita el manejo, el control fitosanitario, manejos culturales y por su puesto la cosecha ya que de acuerdo con Briceño (2021, p.20) al contar con estos sistemas disminuye hasta en un 50 por ciento el costo de recolección de fruto, en virtud de la altura en la que se establecen los cultivos.

## **1.4 Hipótesis**

### ***1.4.1 Hipótesis Nula***

Las mezclas de sustratos no inciden en el comportamiento agronómico ni en el rendimiento del cultivo de fresa.

### ***1.4.2 Hipótesis Alternativa***

Al menos uno de las diferentes mezclas de sustratos presentan incidencia en el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Cultivo de fresa

##### 2.1.1 Generalidades del cultivo

A nivel mundial la frutilla se ha convertido en un cultivo industrial muy importante, su producción está ampliamente extendido, los principales países productores son Estados Unidos y México, existen evidencias de que las plantas de fresa tienen un manejo agronómico complicado, a pesar de ello la producción de fresa en Ecuador va en aumento, este cultivo ha tomado mayor significancia en años recientes, ya que en nuestro país esta fruta está integrada en la canasta familiar básica esto debido a que se está impulsando nuevas tecnologías de cultivo, al ser una planta bianual con una producción de brotes nuevos cada año, es conveniente arriesgarse por mejorar los sistemas de producción con el fin de sacar el máximo provecho de esta planta (Ruiz, 2022, p.13).

##### 2.1.2 Taxonomía

De acuerdo a Álvarez (2017, p. 5; citado en León, 2021, p.23), la clasificación taxonómica de la fresa se la describe en la siguiente tabla:

**Tabla 1-2:** Clasificación Taxonómica.

Dominio:	Eucariota
Reino:	Plantae
Clase:	Dicotiledónea
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Género:	<i>Fragaria</i>
Especie:	<i>Fragaria x ananassa</i>

Fuente: (León, 2021, p.23)

Realizado por: (Lucero, Nelly,2023)

### **2.1.3 Descripción botánica**

Según Ruiz, (2022, p.14), las fresas son plantas herbáceas de crecimiento bajo y poseen un sistema radicular fibroso y una corona o tallo de la cual emerge la parte aérea de la planta.

#### **2.1.3.1 Raíz**

La profundidad máxima que puede alcanzar las raíces de esta planta oscila entre los 0,3 y 0,4 m, encontrándose el 75% de las raíces activas en los primeros 0,15 m (Ruiz, 2022, p.14).

#### **2.1.3.2 Tallo o corona**

El tallo o corona cuenta con exuberantes estolones, estos son de color verde, a medida que van creciendo estos se vuelven más largos, cuando el estolón a alcanzado su máximo crecimiento desarrollan un meristemo del cual brotan raíces que permitirán que la planta pueda alimentarse por sí sola, por lo que posteriormente formarán nuevas plántulas, con propias hojas y estolones. (Ruíz, 2022, p.14).

#### **2.1.3.3 Hojas**

Las hojas de esta especie son del tipo trifoliadas, están en formación y renovación constante, es decir, durante todo el ciclo de vida de la frutilla. Algo característico de la hoja de la fresa es que en su envés posee un sin número de tricomas las mismas que van a variar, así como su tamaño varía dependiendo de la variedad a la que corresponden (Briceño, 2021, p. 18).

#### **2.1.3.4 Flores**

Las flores surgen a partir de una yema terminal de las hojas. Las flores de la fresa contienen de 5 a 6 pétalos. Se encuentran agrupadas en inflorescencias llamadas coronas florales que se crean en base a una yema ya sea terminal o axilar (Guamán, 2021, p. 17).

#### **2.1.3.5 Fruto**

El fruto de la frutilla se da mediante la formación del receptáculo, la misma que con la ayuda de la polinización y a su posterior fertilización el fruto es de forma ovalada, carnoso en su interior, jugosa, de gran coloración y con un intenso aroma (Rúales, 2022, p.20).

#### 2.1.4 *Requerimientos del cultivo*

**Tabla 2-2:** Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de fresa.

---

Rango altitudinal	1200 y los 2600 msnm
Humedad relativa	60 y 75%.
Temperatura diurna	15 – 18 °C
Temperatura nocturna	8 a 10 °C
Suelos	Bien drenados con una textura arcillo arenosa preferentemente.
Conductividad Eléctrica (CE)	Evitar los suelos salinos, la fresa se desarrolla bien con una conductividad eléctrica menor a 1 dS/m.
pH	Entre 6 y 7, siendo el óptimo 6.5 o menor.
Materia orgánica	Se estima un contenido aproximado de 2 a 3%.
Relación Carbono/nitrógeno	(C/N): 10
Carbonatos	Los carbonatos de calcio con niveles superiores al 5% impiden el paso de hierro, la fresa es muy susceptible ante estos carbonatos.
Requerimiento hídrico de la fresa	Entre los 700 a 900 mm distribuidos durante todo el año

---

**Fuente:** (León, 2021, p.29)

**Elaborado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

#### 2.1.5 *Variedades*

Según Fitzgerald, et al. (2004; citado en Rea, 2012, p. 11), hace mención a las principales variedades de fresa de mayor importancia económica en nuestro país, las mismas que se detallan a continuación:

**Tabla 3-2:** Principales ejemplares cultivadas en Ecuador.

<b>Variedad</b>	<b>Característica</b>
Diamante	Presenta características que ante el mercado la hace muy apetecida, tales como: el fruto es de buena forma y tamaño (entre 30-31 gramos por fruto), la producción de fruta es grande, pero su color al interior es más claro frente a otras variedades, lo que no es tan deseado por el mercado para el procesado, pero por su firmeza si lo es para el mercado fresco.
Oso grande	Una de la desventaja de esta variedad es que no es apto para el mercado en fresco ya que tiende a rajarse fácilmente. La planta es vigorosa y de follaje oscuro.
Albión	Una de las características más importantes, es la calidad de fruto, la misma que es superior al resto de variedades en cuanto al tamaño del fruto, así como un mayor sabor y duración en percha por su firmeza. Se considera que es una variedad mejorada donde se incorpora las mejores cualidades con las que cuentan tanto la variedad diamante y la variedad de aroma.
Monterrey	Su principal característica es que cuenta con precocidad en la etapa de floración, la producción de esta variedad es similar a la variedad Albión, y cuenta con un desarrollo vegetativo abundante. Sus requerimientos de nutrientes son mayores en relación a otras variedades de día neutro, lo que se refleja en su fruto que es de color rojo intenso con la pulpa del mismo color (Flores, 2018, p.19).
San Andreas	Su producción es superior a la obtenida con Albión, así como cuenta con precocidad en cuando a su desarrollo vegetativo siempre y cuando, se encuentre cultivada a temperaturas óptimas y no muy elevadas. El fruto cuenta con un color rojo uniforme. Es muy aceptada en los mercados por su gran tamaño, buen color, así como brillo característico

**Fuente.** (Rea, 2012, p. 11)

**Elaborado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

### ***2.1.6 Características propias de la variedad Albión***

Las principales características de la variedad Albión de acuerdo a lo expuesto por el Departamento técnico agrícola Llahuen (2020, pp. 1-8) son:

**Tabla 4-2:** Características principales de la variedad Albión.

<b>Características de la variedad Albión</b>	
Variedad	Moderadamente neutra con producción estable.
Potencial de cultivo	Viable tanto en suelo como en semi hidroponía.
Planta	De tamaño intermedio, al presentarse temperaturas bajas el crecimiento es lento.
Fruto color rojo externo,	En periodos de baja temperatura la coloración de los hombros del fruto es más claros. La pulpa es de color rojo con altos niveles de azúcar.
Fruto	El calibre del fruto es muy uniforme y presenta una excelente vida post – cosecha.
Enfermedades y plagas:	Son más tolerantes a las lluvias (menor presión de <i>Botrytis</i> ). En cuanto a la sensibilidad a ácaros son muy sensibles.
Densidad de plantación:	65.000 plantas /Ha (25 cm entre plantas)
Potencial de rendimiento	75 000 t/ha (temporada agrícola, período 9 meses)

**Fuente:** (Departamento técnico agrícola Llahuen, 2020, pp. 1-8)

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

### **2.1.7 Manejo del cultivo**

#### **2.1.7.1 Establecimiento del cultivo**

Cabe resaltar que las principales ventajas de cultivar fresas bajo cubierta, no es otra que la de ganar tiempo en la precocidad del cultivo y proteger de las plagas y enfermedades. Otro de los beneficios de implementar estos tipos de cultivos es que mediante estos sistemas se obtiene un mejor aprovechamiento del espacio destinado al cultivo, ya que se colocan más plantas por metro cuadrado, en comparación a un cultivo con siembra tradicional (Infoagro, 2020, p.1).

#### **2.1.7.2 Fertirriego**

El uso del fertirriego es con el objetivo de que las plantas reciban, en conjunto con el agua de riego, los nutrimentos esenciales para su crecimiento y desarrollo. Dependiendo del tipo de cultivo, fase fenológica, objetivo de la producción, y época del año, se debe ajustar las dosis de fertirriego. Según Mazuela y De la Riva (2013; citado en León, 2021, p.57), el suministro del agua es imprescindible para que las raíces de la planta puedan realizar la absorción y transporte de los nutrientes; además, un buen manejo del fertirriego ayuda a disminuir los niveles de sales

acumuladas en la rizósfera y también a equilibrar los iones y cationes para manejar una buena fase de floración y fructificación.

Inga (2021, p.29), plantea en una de sus investigaciones que la fresa tiene que recibir riegos con bajos volúmenes, pero con mayores frecuencias, esto con la finalidad de evitar acumulación de humedad en las raíces de la fresa. La Conductividad Eléctrica de la solución nutritiva debe estar en el rango de 1-1,5 mS/cm y el pH debe permanecer entre 5,5-6.

### 2.1.7.3 Poda

Esta actividad consiste en quitar las hojas viejas de la planta ya que no brindan ninguna función, conjuntamente se eliminan también las inflorescencias pasadas, es importante mencionar que la fresa es una planta muy sensible y frágil, por lo que varios autores recomiendan que al momento de realizar las labores como la poda de hojas se debe realizar con cuidado, sin dañar ni maltratar las coronas, pues estas tienden a sufrir estrés y secarse (Inga, 2021, p.29; Undurraga y Vargas, 2018, p. 31).

### 2.1.7.4 Plagas y enfermedades

De acuerdo a London (2013; citado en Flores, 2018, p.21), detalla los problemas más frecuentes de plagas y enfermedades del cultivo.

**Tabla 5-2:** Principales plagas y enfermedades de *Fragaria X ananasa* D.

Nombre común	Control
<b>Moho gris</b> <i>Botrytis cinérea</i>	Realizar podas constantes de hojas e inflorescencias viejas, se recomienda usar el riego por goteo para disminuir la humedad excesiva y por último llevar un buen manejo post cosecha en cuanto al almacenamiento, empaque y transporte de la fruta
<b>Gusano de la fresa</b> <i>Otiorynchus rugosus</i> <i>triyus</i>	Se puede realizar aplicaciones constantes de extractos vegetales como extracto de ajo y ají, con la finalidad de ahuyentar al gusano.
<b>Ácaros</b> <i>Tetranychus urticae</i>	Aplicación de Tarssus + Biosan, 1 cc/L dosis, una vez por semana.
<b>Pulgón de la fresa</b> <i>Pentatrachopus fragaefolii</i>	Realizar aplicaciones dos veces/semana de violeta de genciana o extracto de ajo a 2,5 ml/L
<b>Thrips</b> <i>Frankliniella occidentalis</i>	Aplicación de bioextractos fuertes a base de ajo-ají, 8 cc/L, dos veces por semana.

Fuente: (Flores,2018, p 21)

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

### *2.1.7.5 Cosecha*

La fruta de la fresa debe ser cosechada en el punto de la madurez comercial o madurez de consumo, ya que al ser un fruto que no incrementa su contenido de azúcar después de la cosecha esta tiende a entrar en el proceso de pudrición, es decir, va perdiendo su firmeza debido a que la tasa respiratoria va en aumento lo que lo vuelve mucho más susceptible a botritis (Morales et al., 2017, p. 97).

## **2.2 Semihidroponía**

Es un método de cultivo empleado para plantar en sustratos inertes, fundamentalmente este sistema permite retener niveles más altos tanto de humedad y nutrientes para las plantas, del mismo modo una de las funciones elementales que cumple el sustrato es que sirve como soporte para la raíz (Guamán, 2021, p.21). El mismo autor menciona que estos sistemas de producción pueden ser aplicados dentro de distintas estructuras, optimizando al máximo el uso de espacio y requerimiento de agua.

## **2.3 Sustratos usados en semihidroponía**

Los sustratos pueden ser de distinta procedencia, es decir; de origen orgánico, sintéticos o mineral, son cruciales para suplir al suelo y brindar a la planta las mismas funciones. Es decir, para brindar anclaje, oxigenación, humedad y nutrientes suficiente para el correcto desarrollo de los cultivos (Molina y Reconco, 2020, p. 24).

### *2.3.1 Cascarilla de arroz*

La cascarilla o tamo de arroz proveniente del proceso de la molienda de arroz para muchos es un sobrante que ya no tiene otro fin, sin embargo, de acuerdo a Trujillo (2019, p.32), en el ámbito agronómico posee grandes propiedades, una de estas es su textura leñosa y dura, ya que cuenta con un contenido significativo de silicio, convirtiéndolo en un sustrato orgánico con buena aireación, buen drenaje y con una tasa de descomposición baja, adicional a ello cuenta con una conductividad catiónica baja, lo que permite que este residuo sea considerado óptimo, principalmente para la semi hidroponía. De acuerdo a Calderón (2011; citado en Mejía, 2017, p.30), como desventaja del tamo de arroz es que presenta baja capacidad de retención de humedad, por lo que presenta cierta complejidad para lograr humedecerlo por completo.

### **2.3.2 Pomina**

Contiene compuestos químicos como el bióxido de magnesio y sodio en forma de óxidos. Al usarlo como sustrato aumenta la capacidad de aireación y drenaje (Trujillo, 2019, p. 28). De acuerdo a Mejía (2017, p.30), menciona que el uso principal que se le daba a la pomina es la construcción, sin embargo cuando fue descubierto para la jardinería su manejo se amplió, tanto fue el impacto que sustituyó a las arenas por su tamaño, peso y a la irregularidad de su forma. La piedra pómez es una roca con alta porosidad, ligera (densidades entre 0,4 a 0,9 g/cm<sup>3</sup>),

### **2.3.3 Corteza de pino**

Proveniente de aserraderos, es considerado como un material de tipo natural y ecológico que se encuentra formado mediante los residuos obtenidos de madera principalmente reciclada. Son pequeños trozos de corteza que cuentan con distintas granulometrías dependiendo el tipo de uso que se le vaya a dar al mismo (Ruiz, 2022, p.17). Al ser un material de origen orgánico el volumen del material en los maceteros reducirá en el tiempo, cabe mencionar que en cuanto a su propiedad como retenedor de agua es sumamente baja.

### **2.3.4 Fibra de coco**

Es un sustrato conocido ya que ha sido usado por los agricultores de las zonas cálidas desde tiempos muy antiguos. Se obtiene de la palma cocotera, y se considera un sustrato orgánico, presenta una característica aislante que ayuda con la capacidad de aireación, lo que permite que la planta se mantenga de cierta forma protegida evitando excesos de humedad, así como diferentes debilitamientos que promuevan la presencia de plagas u hongos, es un sustrato homogéneo con alta Capacidad de Intercambio Catiónico, además posee una mayor reservorio de nutrientes a disposición de la planta (CIC) (Rúales, 2022, p.27).

### **2.3.5 Biofertil**

Es un fertilizante orgánico de aplicación edáfica, como beneficio principal es que incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC), por lo cual facilita la absorción de nutrientes, el biofertil ayuda mejorar también las condiciones de estructura y aireación de suelo, estimula y favorece el desarrollo de poblaciones de microorganismo benéficos y mejora la retención de agua. Este producto está enriquecido con macro y micronutrientes (Ecoalternativas, 2023).

## 2.4 Propiedades de los sustratos.

**Tabla 6-2:** Propiedades físicas de los sustratos

<b>Propiedades físicas</b>	
<b>Densidad aparente y densidad real.</b>	Propiedades de suma consideración para conocer las cantidades de sustrato necesarias en peso y volumen. Con la relación entre ambas vamos a obtener datos de porosidad total y el volumen de agua necesario para regar las camas, permitiendo obtener el volumen mínimo del tanque de solución de acuerdo con la frecuencia de riegos (Escalona y Pérez, 1976, p. 302).
<b>Estabilidad.</b>	De acuerdo a Escalona y Pérez, (1976, p. 302) el uso de sustratos poco estables da lugar a que sea necesario el cambio periódico de los mismos, ya que lo que si se produce es una disgregación traerá como consecuencia la acumulación de los materiales finos en el fondo de las camas impidiendo el drenaje de la solución nutritiva lo que producirá una asfixia radical.
<b>Granulometría.</b>	Es un factor que oscilando dentro de unos límites normales de 10 a 5 mm de para los sustratos porosos y de 5 a 3 mm de para los compactos no presenta ningún problema. No obstante, resulta peligroso el uso de sustratos no homogéneos, en especial, cuando existen cantidades considerables de materiales finos (Escalona y Pérez, 1976, p. 302).

**Fuente:** (Escalona y Pérez, 1976, p. 303)

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

**Tabla 7-2:** Propiedades químicas de los sustratos.

<b>Propiedades químicas</b>	
<b>Cesión de iones a la solución nutritiva.</b>	<p>Podemos considerar que prácticamente todos los sustratos ceden iones a una solución nutritiva, ya sea por tratarse de material es con unas propiedades acusadas de intercambio catiónico, como por disolución o alteración de los mineral es componentes del sustrato al entrar en contacto con la solución nutritiva. Según Escalona y Pérez, (1976, p. 303). Cuando la capacidad de cesión de un sustrato supere el valor considerado como Óptimo para un determinado micronutriente podemos considerar que se está en un punto peligroso, ya que a esta cesión hay que sumarle las impurezas de los abonos empleados en la fabricación de la solución nutritiva y si bien puede ser que el valor no sea lo suficientemente alto para presentar síntomas visuales, si puede estar causando un efecto depresivo sobre la producción.</p> <p>Cuando se tienen el problema con los micronutrientes el problema es menos acentuado que en el caso de la cesión, ya que además de poder aumentar el contenido de los mismos en la solución nutritiva, es posible la aplicación periódica de pulverizaciones foliares asociados a los tratamientos fungicidas y con los adherentes necesarios. La deficiencia más frecuente es la de hierro, debida más que al sustrato a la precipitación con los fosfatos al elevarse el pH de la solución. Se usan varios métodos para eliminar esta deficiencia, desde la utilización de quelatos que admiten pH elevados, hasta la aplicación al sustrato de limaduras de hierro, puesto que van cediendo cantidades considerables del mismo (Escalona y Pérez, 1976, p. 303)</p>
<b>Retención de iones de la solución nutritiva</b>	

**Fuente:** (Escalona y Pérez, 1976, p. 303)

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

## **2.5 Sistema de riego**

El riego puede ser definido como la aplicación oportuna y uniforme del agua a las raíces, para reponer el agua consumida por los cultivos, básicamente el agua se aplica al suelo y no a la planta, reponiendo lo gastado (Fernández, 2010, p.413).

### **2.5.1 Sistema de riego por goteo**

Este sistema es un método de riego el cual brinda agua a las plantas gota a gota gracias a unos artefactos conocido como goteros, el riego por goteros suministra agua directamente a la raíz, un aspecto importante que hay que tener en cuenta para un buen funcionamiento es que se requiere de una presión constante, la misma que es relativamente baja en comparación con el riego por aspersión. La presión es obtenida por medio de los equipos de bombeo o por la diferencia de altura existente entre la fuente de agua y los goteros, esta diferencia debe estar en un rango de 3 a 10 metros dependiendo del tipo de emisor (Mendoza,2013, p.34).

De acuerdo a lo expuesto por la Universidad de Talca y el Servicio Integrado de Agro climatología y Riego SIAR (1999, p.4), citado por Garcés (2022, p.13), para perfeccionar el manejo de los sistemas de riego por goteo es conveniente la aplicación frecuente si es posible diaria esto con el propósito de conservar el contenido de humedad dentro de los rangos de tal forma que el cultivo no presente problemas de estrés por falta de agua el cual pueda alterar la producción y la calidad del fruto.

### **2.5.2 Programación del riego**

La programación del riego consiste en suministrar el volumen de agua necesario a los cultivos. Dentro de la programación se establece la frecuencia de riego (¿Cuándo regar?) y los tiempos de riego (¿Cuánto regar?) el abastecimiento de agua se realizará de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas del lugar.

La producción y la calidad de los productos agrícolas se verán influenciadas gracias a una apropiada programación, el cual no solo nos permite optimizar el agua, sino que también permite establecer el momento y el volumen necesario de agua a aplicar.

Para la programación del riego para un determinado cultivo es esencial conocer el consumo de agua o el requerimiento hídrico de la especie, así también es importante conocer las propiedades y características del suelo o sustrato sobre el cual está sembrado, por ejemplo, su capacidad de retención, infiltración, etc. (Ortega & Acevedo, 1999).

### **2.5.3 Frecuencia del riego**

Hoy en día es importante conocer las frecuencias de riegos que un cultivo puede necesitar, así evitamos que la planta entre en un estrés por exceso o falta de agua. La correcta estimación de la

frecuencia de riego permite estar pendientes del riego entre dos o más riegos seguidos. Para su evaluación se aplica la siguiente ecuación:

$$FR = \frac{Ln}{ET_{real}} \quad (1)$$

**Donde:**

FR = frecuencia de riego (días)

Ln = lámina neta (mm)

ET real = evapotranspiración real o de cultivo (mm/día)

#### **2.5.4 Evapotranspiración Real**

Mediante el (ET real) se puede conocer el volumen de agua que está siendo aprovechada por la planta por día en base al volumen de riego. La explicación más sencilla es que para su determinación hay que tomar en cuenta únicamente la suma de la transpiración que realiza la planta y la evaporación de agua desde el suelo. La evapotranspiración real va a depender de ciertos factores como: suelo, clima, pero sobre todo se verá influenciada por las características y manejo agronómico del cultivo. Se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$ET_{real} = ETr - Kc \quad (2)$$

**Donde:**

ET real = evapotranspiración real (mm/días)

Etr = evapotranspiración de referencia (mm/días)

Kc = coeficiente de cultivo (adimensional)

#### **2.5.5 Tiempo de riego**

El tiempo de riego está en función a la lámina y la descarga de los goteros, de acuerdo a León (2021, p.53), el tiempo de riego se lo expresa en horas y esta se divide en turnos de riego basándose en el volumen de agua a aplicar por turno. Para su cálculo se usa la siguiente expresión:

$$Tr = \frac{Db}{Lr} \quad (3)$$

**Donde:**

Db = Demanda bruta (mm).

Lr = Lámina de riego proporcionada por los goteros (mm/h).

**2.5.6 Lamina de riego**

De acuerdo con Valverde (2017 citado por Palchisaca, 2018, p.32) en la cual hace referencia a un determinado volumen de agua que se debe aplicar al suelo o sustrato para que cumpla con las necesidades del cultivar; la Lr se rige bajo las propiedades de capacidad de almacenamiento de agua, así como de la profundidad de la raíz, se expresa en milímetros o centímetros (mm o cm).

**2.6 Coeficiente del cultivo ( Kc)**

Mediante el coeficiente de cultivo o Kc se puede conocer el nivel de desarrollo que presenta un cultivo sobre el suelo, gracias a este factor se puede determinar sus necesidades hídricas (León, 2021, p.29).

Según Vásquez (2017, p.210), en el transcurso de las diferentes fases o etapas de un cultivo se presentan varios factores como: la fecha en la se sembró, duración del ciclo del cultivo, condiciones climáticas, la frecuencia de riego en las diferentes etapas, estos factores tienden a afectar los valores del Kc de un cultivo.

El mismo autor cita a Martín (2011), en la cual menciona que la frutilla tiene una duración aproximada de 165 días desde su trasplante hasta el inicio de la producción, el mismo que se divide en cuatro etapas en donde:

**Tabla 8-2:** Etapas fenológicas para la frutilla.

---

<b>Etapas</b>	
<b>Etapas inicial</b>	Etapas en la cual se da el desarrollo vegetativo y por consiguiente la estolonización, esta etapas tiene una duración de 70 días.
<b>Etapas media</b>	Inicia con la formación de los botones florales hasta el desarrollo completo del fruto, esta etapas cuenta con un lapso de 35 días
<b>Etapas de la producción</b>	Esta etapas culmina en un periodo de 60 días, cuando el fruto es cosechado.

---

**Fuente:** (León, 2021, p. 30)

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

### **2.6.1 Metodología Hargreaves para el calcula del Kc del cultivo**

De acuerdo a Inga (2021, pp. 20-21), el mismo quien menciona a Sánchez (2017, pp. 1-2) que este método se emplea para determinar el Kc de un cultivo, el mismo autor afirma que esta fórmula se podrá aplicar únicamente conociendo el tiempo de duración de cada ciclo del cultivo de frutilla, es decir, los cambios que presentó desde que fue trasplantado hasta que se realizó la cosecha.

$$Kc = 0.01335 + 0.04099 * (Etapa\ del\ cultivo) - 0.0004 * (Etapa\ del\ cultivo)^2 \quad (4)$$

### **2.6.2 Evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto)**

La Eto depende únicamente de las condiciones ambientales como temperatura, humedad relativa, velocidad de viento, radiación solar etc. Este concepto fue establecido para dar a conocer la cantidad de agua que es emanada hacia la atmosfera por parte de un suelo o sustrato que se mantienen húmedo (Allen et al. 2006, p.7).

$$Eto = Ev * Kp \quad (5)$$

#### **Donde:**

Kp, se calcula a partir de datos climáticos como humedad relativa y velocidad del viento (Allen et al., 2006, p. 7).

### **2.6.3 Evapotranspiración del cultivo (Etc)**

Hurtado (2002, p. 428), indica que para determinar la Etc o consumo de agua por los cultivos se debe tener en cuenta el volumen de agua usado por las plantas en la transpiración más la que está siendo evaporada directamente desde la superficie del suelo. El mismo autor menciona que la Etc es baja en los primeros estadios de la fase de desarrollo de la planta; su nivel de desarrollo va en incremento a medida que la planta se va desarrollando en altura y en área foliar, hasta alcanzar su punto máximo de desarrollo, es decir, en la etapa de fructificación y luego esta tiende a disminuir progresivamente hasta la etapa de cosecha. El Etc se calcula con la siguiente fórmula (Hurtado, 2002, p. 428).

$$Etc = Eto * Kc \quad (6)$$

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Caracterización del lugar

##### 3.1.1 Localización

La presente investigación se realizó en la Centro Experimental del Riego Tunshi perteneciente a la parroquia Licto, cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

##### 3.1.2 Ubicación geográfica

- **Latitud:** 9806363 UTM 17M
- **Longitud:** 0763931 UTM 17M
- **Altitud:** 2724 m.s.n.m.
- **Temperatura:** 13,8 °C
- **Tipo de suelo:** Franco arenoso

#### 3.2 Instrumentos de investigación

##### 3.2.1 Materiales de campo

- Invernadero
- Plántulas de fresa
- Sustratos
- Bandejas
- Cinta métrica
- Cintas de goteo
- Herramientas de campo
- Bomba de mochila
- Fertilizantes
- Libreta de campo
- Letreros de identificación
- Cámara fotográfica
- Balanza electrónica

##### 3.2.2 Equipos de laboratorio

- Computadora
- Calculadora

#### 3.3 Métodos y técnicas

##### 3.3.1 Diseño experimental

Se empleó un diseño completo al azar (DCA), es decir 5 tratamientos con 3 repeticiones.



Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

### 3.3.2 *Factor en estudio*

El factor que se estudió fueron las cuatro mezclas de sustrato en el desarrollo vegetativo de fresa de la variedad Albión dentro de un sistema semi hidropónico bajo invernadero.

### 3.3.3 *Tratamientos en estudio*

**Tabla 1-3:** Tratamientos en estudio.

<b>Tratamiento</b>	<b>Composición</b>
<b>T1</b>	50 % Cascarilla 35 % Corteza de pino 15 % Biofertil
<b>T2</b>	50 % Pomina 35% Corteza de pino 15 % Biofertil
<b>T3</b>	50 % Cascarilla 30 % Corteza de pino 20 % Biofertil
<b>T4</b>	50 % Pomina 30 % Corteza de pino 20 % Biofertil
<b>T5 (testigo)</b>	Sustrafresa (50 % cascarilla de arroz, 30 % corteza de pino, 20 % fibra de coco)

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

### 3.3.4 *Diseño agronómico*

**Tabla 2-3:** Diseño agronómico del ensayo.

Número de camas	8
Número de filas	15
Número de bandejas/tratamiento	60
Número de plantas por tratamiento	180
Ancho de la bandeja	0.175 m
Largo de la bandeja	0.515 m
Área de la bandeja	5,407 m <sup>2</sup>
Área neta del tratamiento	27,035 m <sup>2</sup>
Número de contenedores	300
Volumen del contenedor	10 L

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

### 3.3.5 *Sistema de riego*

Para tal fin se usó un sistema de riego de bomba a pulsos, la cual está programada para realizar 4 golpes de pulsos de 2 minutos cada uno, teniendo un tiempo de 8 minutos de riego diario.

**Tabla 3-3:** Diseño para el sistema de riego.

Número de cintas	15
Largo de la cinta	10.7 m
Distancia entre goteros	15 cm
Número de goteros/cinta	71
Número total de goteros	1065
Caudal/goteros	1.6 L/h
Caudal total goteros	1704 L/h
Volumen total diario	227 L

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

Para conocer el volumen de agua diaria a suministrar se tomó en cuenta el tiempo de riego de 8 minutos diarios con el caudal total de los goteros, según la siguiente ecuación:

$$V \text{ total diario} = Q * Tr \text{ (7)}$$

**Donde:**

**Q**= Caudal total de los goteros (L/h)

**Tr**= Tiempo de riego (h)

### 3.3.6 *Especificaciones del campo experimental*

La investigación se realizó en un invernadero de 500 m<sup>2</sup> del cual se hará uso únicamente la mitad del área establecida, es decir, 250 m<sup>2</sup>

**Tabla 4-3:** Área de investigación del ensayo.

Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	15
<b>Densidad de trasplante</b>	
Método de siembra	3 bolillos
Distancia de siembra	15 cm
Número total de plantas en el ensayo	960
Número de plantas evaluadas por tratamiento	30
Número de plantas por unidad experimental	60
Número total de plantas a evaluarse	150

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

### 3.3.7 *Esquema de análisis de varianza*

El esquema del análisis de varianza (ADEVA) para un DCA que se empleó en la investigación se presenta en la (tabla 5-3):

**Tabla 5-3:** Esquema de análisis de varianza.

<b>Fuente de variación</b> <b>(F.V)</b>	<b>Fórmula</b>	<b>gl</b>
Total	$(T * r) - 1$	11
Tratamientos	$(T - 1)$	3
Error experimental	$(r - 1) * T$	8

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

**Nota:**

**p-valor:** >0,05 = no significativo (ns); **p-valor:** >0,01 y < 0,05 = significativo (\*); **p-valor:** < 0,01 = altamente significativo (\*\*)

### 3.3.8 Variables en estudio

Para el seguimiento y evaluación se sortearán 10 plantas por cada unidad experimental. Es decir, se evaluarán 150 plantas dentro de la parcela neta.

#### 3.3.8.1 Porcentaje de prendimiento

Para la evaluación de esta variable se realizó un conteo del número de plantas que prendieron, a los 15 días después del trasplante (DDT) y se relacionó con el total de plantas trasplantadas y el resultado se lo expresó en porcentaje, esta evaluación se realizó de manera visual, es decir, se realizó una observación en la cual de la corona de la planta se evidencie la presencia de la primera hoja.

$$\% \text{ Prendimiento} = \frac{\text{número de plantas prendidas}}{\text{número de plantas trasplantadas}} \times 100 \text{ (8)}$$

#### 3.3.8.2 Vigoridad de la planta y de la primera flor

Se evaluó mediante la observación visual aplicando una escala de vigor propuesta. La evaluación se llevó a cabo teniendo en cuenta la apariencia de la planta, el número de hojas por planta y color característico de la variedad.

**Tabla 6-3:** Escala de vigor de la planta.

<b>Grado</b>	<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
1	Nada vigorosa	La planta presenta una coloración amarillenta, pálidas y de poco desarrollo.	
2	Poco vigorosa	La planta presenta una coloración verde lima	
3	Medianamente vigorosa	La planta presenta una coloración verde oscuro, poco desarrollo foliar.	
4	Muy vigorosa	La planta presenta una coloración verde oscuro, color característico de la variedad, hojas bien desarrolladas.	

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

**Tabla 7-3:** Escala de vigor de la flor.

Grado	Denominación	Imagen
1	Nada vigorosa	
2	Poco vigorosa	
3	Medianamente vigorosa	
4	Muy vigorosa	

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

### 3.3.8.3 Días a la primera estolonización

Se contabilizará los días desde el trasplante hasta cuando exista el 50% de plantas tengan su primer estolón formado.

### 3.3.8.4 Días a la floración

Se llevará un registro de los días transcurridos desde que se realizó la siembra hasta que el 50% del total de plantas valoradas hayan desarrollado la segunda inflorescencia y estas estén completamente abierta, se tomará la fecha de segunda floración por el hecho de que la primera floración se cortará con el fin de estimular el crecimiento de estolones.

### 3.3.8.5 Rendimiento de la variedad

**Tabla 8-3:** Caracterización de un fruto en estado óptimo para la cosecha.

Estado óptimo del fruto para la cosecha			
Frutos cuajados	Fruto maduro	Estado óptimo (70% de coloración)	Fruto 100% de madurez
			

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

Se evaluará los dos primeros meses de producción del cultivo cosechando la fruta dos veces a la semana, misma que se clasificará según su peso.

Para su categorización se basará en una tabla arbitraria propuesta por (Inga, 2021, p:39)

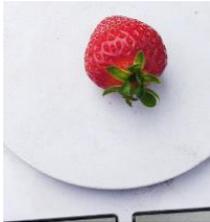
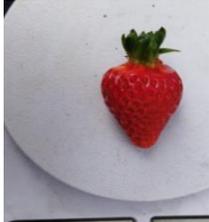
**Tabla 9-3:** Tabla arbitraria para la categorización de frutilla de acuerdo al mercado local.

Categoría	Peso (g)
I	>30
II	25-29
III	20-24
IV	<19

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

Para la estimación del rendimiento total se realizará una sumatoria del peso de toda la fruta cosechada y se la proyectará en g/planta.

**Tabla 10-3:** Categorización de la fruta de un cultivo de fresa semi hidropónico.

<b>Categorización de la fresa</b>			
			
>30 g	25-29 g	20-24 g	<19 g
Primera	Segunda	Tercera	Cuarta

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

#### 3.3.8.6 *CE antes y después del riego*

Para su evaluación se registrará los datos una vez por semana, los datos se tomarán con la ayuda de un conductímetro y se expresará en mmhos/cm.

#### 3.3.8.7 *Análisis económico*

El análisis económico se desarrollará en base a la relación beneficio costo del ensayo, considerando los ingresos y costos totales de cada tratamiento.

#### 3.3.9 *Manejo de la investigación*

##### 3.3.9.1 *Labores culturales*

###### 3.3.9.1.1 *Preparación de camas*

Para la implementación del ensayo se retiró las plantas y sustratos de la plantación anterior, las plantas de fresa se arrojaron a la compostera y el sustrato se conservó en lonas.

###### 3.3.9.1.2 *Mezcla de sustratos*

Para la mezcla de los diferentes tratamientos se procedió a realizar mezclas en un plástico para evitar el desperdicio de los sustratos, la mezcla se realizó por tratamiento una vez obtenida la mezcla se procedió al llenado inmediato de las bandejas.

### 3.3.9.1.3 Humedecimiento del sustrato

El llenado de las bandejas y el humedecimiento de los sustratos se realizó 15 días antes del trasplante, es decir, se realizó 4 riegos de 2 minutos por día mediante el sistema automatizado.

### 3.3.9.1.4 Trasplante

El trasplante del cultivo de fresa se realizó de acuerdo al diseño experimental establecido, y para la preparación de las plántulas se tomó en cuenta la bibliografía propuesta por (Inga, 2015) en la cual menciona que la raíz debe tener un largo de 0,5 m adicional a ello las plántulas deben ser tratadas por un lapso de 5 minutos en una solución de Carboxim + Thiram (Vitavax) al 1% + Enraizante.

Se trasplantó 3 plantas por maseta, asegurándonos de que la raíz quede lo más vertical posible para facilitar el anclaje, se usó la técnica de 3 bolillo, con una distancia de 15 cm entre planta; a los 5, 10, 15 y 30 días posterior al trasplante se aplicó el Enraizante “Raizer” al sistema de riego con una dosis de 1.25 gramos/lit para estimular el desarrollo radicular de la planta.

### 3.3.9.1.5 Fertilización

Mediante esta técnica se entregará a las plantas de fresa los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo, la preparación de las soluciones nutritivas se realizará de acuerdo a lo expuesto por el (Departamento Técnico Agrícola Llahuen; citado en Garcés, 2015, p.29)

**Tabla 11-3:** Requerimiento nutricional del cultivo de fresa.

<b>Requerimiento nutricional de la fresa</b>											
<b>(ppm o mg/litro)</b>											
Etapa	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Mg	SO <sub>4</sub>	B	Zn	Fe	Cu	Mn
Vegetativa	100	20	160	100	30	50	0.3	0.1	2	0.05	0.4
Productiva	90	50	200	110	50	100	0.3	0.1	2	0.05	0.4

**Fuente:** (Garcés, 2021, p.29)

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

### 3.3.9.1.6 Poda

La primera poda que se realizó fue la extracción de estolones, esta labor se realizó con el fin cortar todos los estolones para evitar el desgaste de nutriente, así también se podó las hojas viejas de las plantas para evitar la propagación de ácaros y pulgones.

### 3.3.9.1.7 Manejo fitosanitario

Para el control de plagas se usó productos orgánicos financiados por el departamento técnico agrícola, para su aplicación se dio uso de un aspersor de mochila de 20 litros, así también se usó trampas cromáticas de color amarillo y azul para el control de mosca blanca y trips.

**Tabla 12-3:** Productos aplicados para el control fitosanitario.

<b>Frecuencia de aplicación</b>	<b>Producto</b>	<b>Control</b>
2 veces por semana	Solubiomix	Gusano de la fresa
	Aceite de neem	Pulgones
	Jabón potásico	Araña roja
	Violeta de Genciana	Trips
1 vez por semana	Extracto de Ají y ajo	Pulgones

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

### 3.3.9.1.8 Cosecha

La cosecha se realizó de manera manual, dos veces por semana, cuando la fruta haya presentado un 70 % de maduración, la recolección del fruto se efectuó por tratamiento en estudio para su posterior pesado y clasificado.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

##### 4.1.1 Porcentaje de prendimiento a los 15 días

El análisis de varianza para la variable porcentaje de prendimiento a los 15 días después del trasplante (Tabla 1-4), no se encontró diferencias significativas entre las mezclas de sustratos usadas. Se obtuvo un coeficiente de variación de 1,19%.

**Tabla 1-4:** Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento a los 15 días.

Fuente de variación	Gl	p-valor	Significancia
Total	11		
Tratamientos	3	0,8807	ns
Error experimental	8		
CV	1,19%		

**p-valor:** > 0,05 = no significativo (ns); **p-valor:** >0,01 y < 0,05 = significativo (\*); **p-valor:** < 0,01 = altamente significativo (\*\*)

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

##### 4.1.2 Vigorosidad de la planta

El análisis de varianza para la vigorosidad de la planta a los 30 días después del trasplante (Tabla 2-4), de acuerdo a la prueba **no paramétrica del Friedman** la vigorosidad de la planta presente una diferencia altamente significativa entre las mezclas de sustrato, es decir, las diferentes mezclas si presentaron alguna incidencia en cuanto a cualidades de la planta, el T valor es de 7,10 y p valor para esta prueba fue de < 0,0096.

**Tabla 2-4:** Prueba no paramétrica de Friedman al 5% para la vigorosidad de la planta, según las mezclas de sustrato.

Mezclas	Media	Grupos		
T2	3,94	A		
T4	3,33	B	C	D
T1	2,83		C	D E
T3	2,33			D E
Testigo	1,67			E

T1= 50 % Cascarilla, 35 % Corteza de pino, 15 % Biofertil

T2=50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil

T3=50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

T4=50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

TESTIGO= Sustrafresa

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

En la prueba **no paramétrica de Friedman** para la vigorosidad de la planta, según las diferentes mezclas de sustrato se muestran dos grupos, en el grupo A se encuentra el tratamiento T2 con una composición del 50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil con plantas más vigorosas en un grado 4, siendo este el mejor tratamiento con respecto a esta variable, mientras que en el grupo E, se encuentra el testigo con plantas menos vigorosas.

#### 4.1.3 *Vigorosidad de la flor*

Para la vigorosidad de la primera flor después del trasplante (Tabla 3-4), mediante la prueba **no paramétrica de Friedman** indica que presenta una diferencia significativa entre los tratamientos, con un T valor = 6,00 y un p valor = 0, 0156, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, es decir, al menos una de las mezclas de sustrato influye en la vigorosidad de la flor.

**Tabla 3-4:** Prueba no paramétrica Friedman al 5% para la vigorosidad de la primera flor, según las mezclas de sustrato.

Mezclas	Media	Grupos		
T2	3,94	A		
T4	3,94	A		
T3	2,33	B	C	D
Testigo	2,00	C D		
T1	2,00	D		

T1= 50 % Cascarilla, 35 % Corteza de pino, 15 % Biofertil

T2=50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil

T3=50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

T4=50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

TESTIGO= Sustrafresa

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

En la prueba **no paramétrica de Friedman** para la vigorosidad de la flor, según las mezclas de sustrato se muestran dos niveles, en el grupo A se encuentran los tratamientos que más vigorosidad presentaron, estos son los tratamientos T2 con una composición del 50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil y T4 con 50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil, siendo los tratamientos con mejores resultados en cuanto a vigorosidad de la primera flor dentro de un grado 4, mientras que en el grupo D se encuentra el tratamiento T1 con flores poco vigorosas dentro de un grado 2 resultando ser los tratamientos con flores poco desarrolladas.

#### **4.1.4 Días a la floración**

El análisis de varianza para días a la floración (Tabla 4-4), presentó una diferencia estadística altamente significativa entre las diferentes mezclas de sustratos en estudio, además se alcanzó un coeficiente de variación de 0,95% y un p-valor de 0,8206.

**Tabla 4-4:** Análisis de varianza para la primera floración.

Fuente de variación	Gl	p-valor	Significancia
Total	11		
Tratamientos	3	< 0,0001	**
Error experimental	8		
CV	0,95 %		

**p-valor:** > 0,05 = no significativo (ns); **p-valor:** >0,01 y < 0,05 = significativo (\*); **p-valor:** < 0,01 = altamente significativo (\*\*)

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

Conforme a la prueba de Tukey al 5% para la variable días a la floración, existen 2 rangos (Tabla 5-4). En el grupo A se encuentran el tratamiento; T3 que corresponde a la mezcla de: 50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil, con una media de 111,00 días a la floración, por lo que estadísticamente cuenta con menos días transcurridos a la floración. Por otro lado, en el grupo C se encuentra los tratamientos T2 y T4 con una media de 118,5 días a la primera floración siendo los tratamientos más tardíos a la floración.

**Tabla 5-4:** Prueba de Tukey al 5% para la primera floración.

Mezclas	Medias	E.E.	Grupos	
T3	111,00	0,63	A	
T1	112,00	0,63	A	B
Testigo	114,67	0,63		B
T2	118,33	0,63		C
T4	118,67	0,63		C

T1= 50 % Cascarilla, 35 % Corteza de pino, 15 % Biofertil

T2=50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil

T3=50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

T4=50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

TESTIGO= Sustrafresa

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

#### 4.1.5 Días a la primera estolonización

El análisis de varianza para la primera estolonización después del trasplante (Tabla 6-4), presentó una diferencia estadística altamente significativa entre las diferentes mezclas de sustratos evaluados, además se obtuvo un coeficiente de variación de 3,34% y un p-valor de 0,0010.

**Tabla 6-4:** Análisis de varianza para la primera estolonización.

Fuente de variación	Gl	p-valor	Significancia
Total	11		
Tratamientos	3	0,0002	**
Error experimental	8		
CV	3,34%		

**p-valor:** > 0,05= no significativo (ns)

**p-valor:** >0,01 y < 0,05 = significativo (\*)

**p-valor:** < 0,01 = altamente significativo (\*\*)

**Realizado por:** Lucero, Nelly, 2023

Para la variable días a la estolonización de acuerdo con la prueba de Tukey al 5%, existen 2 rangos (Tabla 7-4). En el grupo A se encuentra el tratamiento T2 que corresponde a la mezcla de: 50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil, con una media de 39,33 días a la estolonización, por lo que estadísticamente cuenta con menos días transcurridos a la estolonización. Por otro lado, en el grupo C se encuentra el testigo, siendo el tratamiento que más días requirió para llegar a la estolonización, con una media de 48 días.

**Tabla 7-4:** Prueba de Tukey al 5% para la primera estolonización.

Mezclas	Medias	E.E.	Grupos	
T2	39,33	0,84	A	
T4	41,33	0,84	A	B
T3	45,00	0,84		B C
T1	45,00	0,84		B C
TESTIGO	48,00	0,84		C

T1= 50 % Cascarilla, 35 % Corteza de pino, 15 % Biofertil

T2=50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil

T3=50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

T4=50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

TESTIGO= Sustrafresa

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

#### 4.1.6 Rendimiento de la variedad

##### 4.1.6.1 Rendimiento de 8 semanas de cosecha.

El análisis de varianza para las 8 primeras semanas de producción del cultivo de fresa (Tabla 8-4), no presentó diferencia estadística significativa entre las diferentes mezclas de sustratos evaluados, además se obtuvo un coeficiente de variación de 17,12% y un p-valor de 0,1738.

**Tabla 8-4:** Análisis de varianza para el rendimiento de 8 semanas de cosecha.

Fuente de variación	Gl	p-valor	Significancia
Total	11		
Tratamientos	3	0,97	ns
Error experimental	8		
CV	17,12 %		

**p-valor:** > 0,05= no significativo (ns); **p-valor:** >0,01 y < 0,05 = significativo (\*); **p-valor:** < 0,01 = altamente significativo (\*\*)

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

Para la variable rendimiento total acumulado según las mezclas de sustrato, mediante la prueba de Tukey al 5% no existen diferencias significativas en cuanto a producción de las 8 primeras semanas de producción de acuerdo a las diferentes mezclas de sustratos (Tabla 9-4).

**Tabla 9-4:** Prueba de Tukey al 5% para las 8 primeras semanas de producción.

Mezclas	Medias (g/planta)	Grupos
T4	227,63	A
T2	202,70	A
T1	194,03	A
T3	192,73	A
TESTIGO	152,73	A

T1= 50 % Cascarilla, 35 % Corteza de pino, 15 % Biofertil

T2=50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil

T3=50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

T4=50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

TESTIGO= Sustrafresa

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

#### 4.1.7 Categorización del rendimiento fresa variedad Albión

##### 4.1.7.1 Peso de fruta para Categoría I

De acuerdo con el análisis de varianza para la producción de fresa para la categoría I (Tabla 10-4) se presentó diferencia estadística altamente significativa entre las diferentes mezclas de sustratos, además se obtuvo un coeficiente de variación de 19,93% y un p-valor de 0,2736.

**Tabla 10-4:** Análisis de varianza para la producción de fresa de Categoría I.

Fuente de variación	Gl	p-valor	Significancia
Total	11		
Tratamientos	3	0,0043	**
Error experimental	8		
CV	19,93%		

**p-valor:** > 0,05= no significativo (ns); **p-valor:** >0,01 y < 0,05 = significativo (\*); **p-valor:** < 0,01 = altamente significativo (\*\*)

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5% para la categorización del fruto de Calibre I según las mezclas de sustrato, existen diferencias altamente significativas en cuanto a producción de fresa de categoría I (Tabla 11-4).

**Tabla 11-4:** Prueba de Tukey al 5% para la producción de fresa de categoría I.

Mezclas	Medias (g/planta)	Grupos	
T4	1176,00	A	
T2	1040,67	A	
T3	859,33	A	B
T1	750,33	A	B
TESTIGO	466,67		B

T1= 50 % Cascarilla, 35 % Corteza de pino, 15 % Biofertil  
T2=50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil  
T3=50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil  
T4=50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil  
TESTIGO= Sustrafresa

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

En la tabla (11-4) se muestra la categorización del rendimiento de la categoría I, la misma que está dividida en dos grupos, en el grupo A nos indica que el 27,39% de la producción corresponden a la categoría I, el tratamiento que mayor producción de fruto de este calibre fue el T4 (50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil) con una producción de 1176 g/planta, de mismo modo el 24,24% del rendimiento corresponde al T2 (50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil), con un total de 1040,67 g/planta, mientras que en el grupo B hace referencia al tratamiento con menor producción de fresa de esta categoría, es decir, el Testigo presento una producción de 466,67 g/planta, lo que significa que tan solo el 10,87% del rendimiento corresponde a la categoría I.

#### 4.1.7.2 *Peso de fruta para Categoría II*

De acuerdo con el análisis de varianza para la producción de fresa para la categoría II (Tabla 12-4) no presentó diferencia significativa entre las diferentes mezclas de sustratos evaluados, además se obtuvo un coeficiente de variación de 21,31% y un p-valor de 0,61.

**Tabla 12-4:** Análisis de varianza para la producción de fresa de Categoría II.

<b>Fuente de variación</b>	<b>de</b>	<b>Gl</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Total		11		
Tratamientos		3	0,6861	Ns
Error experimental		8		
CV		21,31%		

**p-valor:** > 0,05= no significativo (ns); **p-valor:** >0,01 y < 0,05 = significativo (\*); **p-valor:** < 0,01 = altamente significativo (\*\*)

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5% para la categorización del fruto de Calibre II según las mezclas de sustrato, no existen diferencias significativas en cuanto a producción de fresa de esta categoría (Tabla 13-4).

**Tabla 13-4:** Prueba de Tukey al 5% para la producción de fresa de categoría II.

Mezclas	Medias	N	Grupos
T4	487,33	3	A
T2	472,67	3	A
Testigo	466,33	3	A
T1	450,67	3	A
T3	379,67	3	A

T1= 50 % Cascarilla, 35 % Corteza de pino, 15 % Biofertil  
T2=50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil  
T3=50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil  
T4=50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil  
TESTIGO= Sustrafresa

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

En la tabla (13-4) se muestra la categorización del rendimiento para la categoría II, la misma que no presenta diferencias significativas, sin embargo el tratamiento que más sobresale es el T4 (50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil) con una producción media de 487,33 g/planta lo que significa que el 21,59 % de la producción corresponde a este tratamiento, lo que significa que es el tratamiento con mayor producción de fresa de esta categoría, del mismo modo cabe mencionar que el tratamiento con menor producción de fresa de calibre II es el T3 (50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil) con una producción media de 379,67 g/planta.

#### 4.1.7.3 Peso de fruta para Categoría III

Conforme al análisis de varianza para la producción de fresa para la categoría III (Tabla 14-4) no se mostró diferencia significativa entre las diferentes mezclas de sustratos evaluados, por lo que se obtuvo un coeficiente de variación de 24,04% y un p-valor de 0,63.

**Tabla 14-4:** Análisis de varianza para la producción de fresa de Categoría III,

Fuente de variación	Gl	p-valor	Significancia
Total	11		
Tratamientos	3	0,7012	ns
Error experimental	8		
CV	24,04%		

**p-valor:** > 0,05 = no significativo (ns); **p-valor:** >0,01 y < 0,05 = significativo (\*); **p-valor:** < 0,01 = altamente significativo (\*\*)

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5% para la categorización del fruto de Calibre III según las mezclas de sustrato, no hay diferencias significativas en cuanto a producción de fresa de esta categoría (Tabla 15-4).

**Tabla 15-4:** Prueba de Tukey al 5% para la producción de fresa de categoría III.

<b>[Mezclas</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>Grupos</b>
T3	392,67	3	A
T4	363,67	3	A
T1	359,33	3	A
Testigo	351,00	3	A
T2	293,33	3	A

T1= 50 % Cascarilla, 35 % Corteza de pino, 15 % Biofertil

T2=50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil

T3=50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

T4=50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

TESTIGO= Sustrafresa

**Realizado por:** (Lucero, Nelly, 2023)

En la tabla (15-4) se muestra la categorización del rendimiento para la categoría III, la misma en la que indica que no hay diferencia entre los tratamientos evaluados, sin embargo, se evidencia que el tratamiento que tuvo mayor producción de fresa de este calibre fue el T3 (50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil) la misma que tiene una producción promedio de 392,67 g/planta, en cambio el tratamiento con menor producción de fruto de este calibre fue el T2 (50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil), con una media de 293,33 g/planta.

#### 4.1.7.4 *Peso de fruta para Categoría IV*

Como resultado al análisis de varianza para la producción de fresa para la categoría IV (Tabla 16-4) para el peso de fruta para esta categoría no presentó diferencia significativa entre las diferentes mezclas de sustratos evaluados, por lo que se obtuvo un coeficiente de variación de 29,43% y un p-valor de 0,79.

**Tabla 16-4:** Análisis de varianza para la producción de fresa de Categoría IV,

Fuente de variación	Gl	p-valor	Significancia
Total	11		
Tratamientos	3	0,2048	ns
Error experimental	8		
CV	29,43%		

**p-valor:** > 0,05= no significativo (ns); **p-valor:** >0,01 y < 0,05 = significativo (\*); **p-valor:** < 0,01 = altamente significativo (\*\*)

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5% para la categorización del fruto de Calibre IV según las mezclas de sustrato, no hay diferencias significativas en cuanto al peso del fruto de fresa de esta categoría (Tabla 17-4).

**Tabla 17-4:** Prueba de Tukey al 5% para la producción de fresa de categoría IV.

Mezclas	Medias	N	Grupos
T1	380,00	3	A
T3	295,67	3	A
T4	249,33	3	A
Testigo	243,33	3	A
T2	220,33	3	A

T1= 50 % Cascarilla, 35 % Corteza de pino, 15 % Biofertil

T2=50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil

T3=50 % Cascarilla, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

T4=50 % Pomina, 30 % Corteza de pino, 20 % Biofertil

TESTIGO= Sustrafresa

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

En la tabla (17-4) se muestra la categorización del rendimiento para la categoría IV, la misma en la que indica que no hay diferencia entre los tratamientos evaluados, pero se evidencia que el tratamiento que tuvo mayor producción de fresa de este calibre fue el T1 (50 % Cascarilla, 35 % Corteza de pino, 15 % Biofertil) la misma que tiene una producción promedio de 380,00 g/planta, en cambio el tratamiento con menor producción de fruto de este calibre fue el T2 (50 % Pomina, 35% Corteza de pino, 15 % Biofertil), con una media de 220,33 g/planta.

#### 4.1.8 CE antes y después del riego

**Tabla 12-4:** Contenido total de sales para el cultivo de Fresa.

Tratamientos	Promedio de la CE antes del fertirriego (mmhos/cm)	Promedio de la CE después del fertirriego (mmhos/cm)	Contenido total de sales (g/L)
T1	1,03	0,45	0,29
T2	1,03	0,44	0,28
T3	1,03	0,46	0,30
T4	1,03	0,44	0,28
TESTIGO	1,03	0,54	0,34

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

En la (Anexo M) se muestra el comportamiento de la conductividad eléctrica antes y después del fertirriego por lo que está dada por una CE de 1,03 mmhos/cm similar a lo que cita Garcés (2022, p.31) en la cual la conductividad eléctrica se estableció en un rango de 1,2 a 1,4 ms/cm, además, Encalada (2020, p.34) menciona que en su evaluación se ajustó la conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas para fresa a  $1,2 \text{ uS.m}^{-1}$  o 1,2 mmhos/cm.

Del mismo modo dentro de las evaluaciones realizadas para el contenido total de sales el T2 (50% Pomina; 35% Corteza de pino; 15% Biofertil) y T4 (50% Pomina; 30% Corteza de pino; 20% Biofertil) fueron los tratamientos que mostraron valores más bajos con 0,28 g/L para ambos casos, mientras que el Testigo es el tratamiento con contenido total de sales del 0,34 g/L, siendo el tratamiento más alto, sin embargo en el estudio se evidenció que son valores que están dentro de lo establecido por varios autores, de acuerdo a Fernández (2010, p.52) no presentan ningún riego, este señala que la cantidad de sales menores a 0.45 g/L no presentan riegos de salinidad, por lo que este aspecto es de suma importancia no exceder de lo citado ya que podría verse afectado el crecimiento de la fresa, por lo que este cultivo es muy sensible a las sales especialmente de sodio, el mismo autor afirma que la tolerancia a la salinidad para la fresa es de 1,0(dS/m).

#### 4.1.9 Evaporación dentro del invernadero.

Durante la evaluación de evaporación bajo invernadero se obtuvo una evaporación promedio de  $5398 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ , es decir 5 mm/día, por lo que en una hectárea la evaporación sería de  $50 \text{ m}^3$ . Esta evaporación se tomará como referencia para suplir las necesidades hídricas del cultivo, ya que de acuerdo a Zaragoza (2013, pp. 62-63) menciona que obtuvo un volumen de agua consumida por el tratamiento que contenía sustrato, la misma que resultó que tuvo un gasto total de  $5600 \text{ mm}/\text{m}^2$ ,

dentro del estudio fue uno de los tratamientos con menor consumo de agua. Los valores encontrados son similares debido a que es un sistema cerrado y que el movimiento de agua es poco lo hace un sistema muy eficiente en el ahorro del agua por lo cual fue el sistema que menor cantidad de agua consumió.

#### 4.1.10 Análisis económico

**Tabla 15-4:** Análisis económico mediante la relación beneficio/costo para la unidad de producción.

RELACIÓN BENEFICIO COSTO DEL PROYECTO					
TRATAMIENTO	COSTOS DE TECNOLOGÍA	COSTOS		INGRESO	B/C
		MANO DE OBRA	COSTOS TOTALES		
T1	\$ 205,5	6	211,5	216,14	1,02
T2	\$ 215,5	6	221,5	239,81	1,08
T3	\$ 205,5	6	211,5	227,67	1,08
T4	\$ 215,5	6	221,5	269,04	1,21
TESTIGO	\$ 209,3	6	215,3	169,17	0,79

Realizado por: (Lucero, Nelly, 2023)

## 4.2 Discusión

### 4.2.1 Efecto de los sustratos en la etapa vegetativa del cultivo de fresa.

En esta investigación se probó cuatro mezclas de sustratos de diferentes tipos (cascarilla de arroz, pomina, corteza de pino y biofertil) y en diferentes proporciones, para evaluar el comportamiento agronómico y productivo de un cultivar de fresa. Se evidenció una respuesta positiva por parte del comportamiento vegetativo de las plantas hacia los sustratos que contienen una proporción alta de pomina (50%). En ese sentido, en el T2 (50% Pomina; 35% Corteza de pino; 15% Biofertil) fue en donde se obtuvo las plantas y flores con mayor vigorosidad mismas que se ubicaron dentro de un grado 4 (Planta o flor muy vigorosa) según la escala de vigor de la planta presentada en la Tabla 6-3.; a diferencia de los tratamientos a base de cascarilla de arroz presentaron las plantas y flores con menor vigor, en cambio el tratamiento que tiene en su composición sustrafresa fue el tratamiento con características menos apetecidas, es decir, todos los tratamientos presentaron características superiores a lo que arrojó la sustrafresa.

Es posible que la pomina forme una estructura adecuada dentro de la bandeja donde se encuentra el sustrato, lo que facilita el crecimiento de las raíces y por ende existe un mejor aprovechamiento

de las sales nutritivas. Al mismo tiempo gracias a que la pomina presenta un alto porcentaje de porosidad la mezcla con otros sustratos como la corteza de pino y el biofertil hace que las raíces de las plantas no estén muy compactas, permitiendo una buena aireación y circulación de nutrientes, según Trujillo (2019, pp.35-40) cuando evaluó diferentes combinaciones de sustratos en un sistema semi hidropónico de fresa, encontró que los sustratos que contenían pomina presentaron las plantas más vigorosas con mayor número de hojas y área foliar, en comparación con los sustratos a base de cascarilla de arroz. Pero cuando mezcló los dos materiales halló valores intermedios. Del mismo modo Mejía (2017, p.28) evidenció que las plantas de fresa presentaban mayor altura, y por ende vigorosidad, cuando usó sustratos a base de pomina mezclado con turba y humus; en cambio en los sustratos con cascarilla de arroz estaban las plantas de menor altura. Así mismo en el trabajo realizado por Flores (2018, pp.31-32) se evidencia que las plantas de fresa presentan un mayor volumen radicular y foliar en sustratos compuestos por cascarilla de arroz acompañados por una dosis alta de nitrógeno, estos parámetros en su conjunto determinan el vigor de las plantas.

Otra posible causa de las diferencias en la vigorosidad de las plantas de fresa entre los sustratos a base de pomina y cascarilla de arroz es la influencia del pH, puesto que la pomina tiene un pH de 6,4 y la cascarilla de arroz 8,55, esto de acuerdo a López (2019, pp.5-6), y se ha demostrado que los nutrientes en su mayoría están disponibles dentro de un rango de pH de 5,5 a 6,5 (Barbaro et al., 2020, p.3) y además la fresa experimenta un mejor desarrollo dentro de ese mismo rango.

Con respecto a los días a la estolonización, los sustratos a base de pomina fueron los más precoces en comparación con la cascarilla de arroz, con un lapso de 39 y 41 días después del trasplante para el T2 (50% Pomina; 35% Corteza de pino; 15% Biofertil) y T4 (50% Pomina; 30% Corteza de pino; 20% Biofertil) respectivamente, en cambio, los tratamientos que tienen en su composición cascarilla empezaron su etapa de estolonización a los 45 días, se cree que esto podría haberse dado gracias a la vigorosidad que presentaron las plantas. Adicionalmente, se dice que una planta muy vigorosa puede producir de 10 a 15 estolones (Tonelli, 2010, pp.1-9; citado por Inga, 2021, p.9).

Por otro lado, Cerón (2020, pp.35-38) encontró que a los 45 días después del trasplante las plantas de fresa mostraron sus primeros estolones, estos tuvieron un crecimiento exponencial hasta los 90 días después del trasplante, presentando hasta 7 estolones por planta. Después de este período, la emisión de estolones disminuyó en número debido a que las plantas entraron a la fase de floración. El mismo comportamiento se observó en nuestro estudio. Dicho autor concluyó que la fase de estolonización se ve influenciada por la presencia del fósforo, es así que este elemento es crucial en etapa vegetativa de la fresa, por lo cual, la dosis de aplicación recomendada por el

departamento técnico agrícola Llahuen es de 20 ppm para esta etapa y de 50 ppm para la etapa productiva del cultivar de fresa, ya que en algunos casos los estolones toman gran importancia cuando se trata de la propagación de plantas de fresa gracias a sus yemas terminales capaces de producir raíces.

En cuanto a los días a la floración, el T3 (50%Cascarilla de arroz; 30%Corteza de pino; 15%Biofertil) y T1 (50%Cascarilla de arroz; 35%Corteza de pino; 15%Biofertil) fueron los más precoces pues entraron a la fase de floración a los 111 y 112 días después del trasplante, respectivamente. En cambio, el T4 (50%Pomina; 30%Corteza de pino; 20%Biofertil) y T2 (50%Pomina; 35%Corteza de pino; 20%Biofertil) empezaron la etapa de floración a los 115 días después del trasplante. Se evidenció que las plantas sembradas en el sustrato a base de pomina fueron las más vigorosas, pero también fueron las que más se tardaron en florecer, esto se puede atribuir a una alta disponibilidad de nitrógeno ya que, en este entorno, la planta es estimulada a desarrollar estructuras vegetativas como hojas y estolones, por lo que la formación de etapas reproductivas se ve más prolongada (Carillo et al., 2005, p.198).

En nuestra investigación, el inicio de la segunda floración fue mucho más tardada que en los estudios de Inga (2021, p.38) y Garcés (2022, p.55) quienes encontraron que la segunda floración para la variedad de fresa Albión empezó a los 64 y 51 días después del trasplante, respectivamente, cuando evaluaron la adaptación de variedades de fresa en diferentes sistemas de producción agroecológica bajo invernadero. La gran diferencia se debe a que las plántulas que usaron dichos autores contaban con al menos una hoja desarrollada, en cambio, en nuestro estudio se utilizó plántulas de fresa que solo contaban con la corona y mas no tenían hojas. De igual forma, Carrillo et al., (2005, p.202) encontraron que la floración empezó a los 56 días después del trasplante, aunque se trataba de otra variedad de fresa denominada CP 99-3A.

#### ***4.2.2 Efecto de los sustratos en el rendimiento del cultivo de fresa***

Una vez realizada la cosecha del fruto de cada uno de los tratamientos, los rendimientos obtenidos se los expresó en kg/ha, tomando en cuenta una producción de 65000 plantas/ha, en la cual el tratamiento que sobresale con mejores resultados fue el T4 (50%Pomina; 30%Corteza de pino; 20%Biofertil) con un rendimiento de 227,63 g/planta, lo que equivale a 14795,95 kg/ha, seguidamente se tiene al segundo mejor tratamiento, el T2 (50%Pomina; 35%Corteza de pino; 20%Biofertil) con una producción de 202,7 g/planta lo que equivale a 13175,5 kg/ha. En cambio, el testigo solo produjo 152,73 g/planta o lo que equivale a 9927,45 kg/ha, es por esta razón que

como resultado se obtuvo que existe una diferencia de 75 g/planta entre el mejor tratamiento y el testigo.

En un estudio obtenido por parte del Centro Experimental Agrícola Llahuen (2017, párr.8) afirma que la variedad Albión presenta una producción de 1310 (g/planta) de fruta, alcanzando los 72.000 kg/ha en un intervalo de 9 meses de producción. Otro autor como Espín (2022, p.19) menciona que la variedad Albión tiene un rendimiento de 75.000 Kg/ha durante un ciclo de 18 meses de alta producción.

En cuanto a la categorización del fruto de acuerdo al rendimiento el tratamiento con frutos de mejor categoría (I y II) se obtuvieron en el tratamiento que tenían en su composición pomina, es decir, el T4 del cual se obtuvo que el 44% de la producción de fresa pertenece a la primera categoría, con un peso promedio de 38 g por cada fruto, el mismo tratamiento alcanzó un peso de 27 g por fruto la misma que pertenece a la categoría dos.

#### **4.2.3 Análisis económico**

De acuerdo con el análisis económico presentado en la tabla (15-4) el ensayo es poco rentable, por lo que se obtuvo una relación beneficio/costo de 1,21 con el mejor tratamiento T4 lo que significa que se recuperará el dólar invertido y se obtendrá una ganancia de 0,21 centavos. El proyecto presenta una rentabilidad baja dado a que el sustrato que se empleó para esta evaluación son de alto valor en comparación con la cascarilla, de mismo modo es necesario recalcar que la relación beneficio costo está realizada con los dos primeros meses de producción y en un área de 5,41 m<sup>2</sup>, en los cuales la cosecha de frutos no es uniforme, por lo que se obtiene una baja producción y se espera que en los meses posteriores el rendimiento se incremente, en base a estos análisis el tratamiento que tiene en su composición pomina brinda mayores beneficios para la planta lo que proporcionó mayores rendimiento ya que el fruto de estos tratamientos presentaron frutos de primera y segunda categoría, de acuerdo al Departamento técnico agrícola Llahuen (2020, p. 2) el rendimiento potencial de la variedad Albión es de 72 000 t/ha en 9 meses con un marco de plantación de 65000 plantas/ha, lo que significa una producción de 256,41 g/planta en dos meses, en nuestro caso la producción fue de 227,63 g/planta en dos meses de producción.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Las mezclas de sustratos que mejores resultados brindaron en cuanto a parámetros agronómicos fueron los que contenían en su composición pomina es decir, el T2 (50% Pomina; 35% Corteza de pino; 15% Biofertil) y T4 (50% Pomina; 30% Corteza de pino; 20% Biofertil) ya que fueron los tratamientos que tuvo el 100% de prendimiento, de igual manera fueron los tratamientos que tuvo menor duración de días para llegar a desarrollar sus estolones y con respecto a la vigorosidad tanto de la planta como de la flor fueron los tratamientos en el que se presenciaron las plantas y las flores más vigorosas dentro de un grado 4, Sin embargo, con relación a la floración el tratamiento que mejores resultados presentó fue el T3 (50% Cascarilla de arroz; 30% Corteza de pino; 20% Biofertil) ya que fue el que más rápido entró a la fase de floración en un lapso de 111 DDT. Contrariamente a los resultados que presentó sustrafresa en la cual se evidenció que todos los tratamientos en estudio presentaron datos muy representativos, siendo estas dominantes frente a este tratamiento.

En base al rendimiento a las 8 semanas de producción de la fresa, el tratamiento de mejores resultados en cuanto a rendimiento del cultivo fue el T4 (50% Pomina; 30% Corteza de pino; 20% Biofertil) es decir, presentó un rendimiento de 227,63 g/planta o lo que es 14795,95 kg/ha, así mismo fue el tratamiento con mayor producción de fruta de primera y segunda categoría.

En el tratamiento T4 (50% Pomina; 30% Corteza de pino; 20% Biofertil) se obtuvo la mayor relación beneficio/costo con 1,21 dólares, lo que corresponde a una rentabilidad del 21%.

## **5.2. Recomendaciones**

Es recomendable cultivar la fresa en un sistema de semi hidroponía usando pomina como sustrato en las mezclas recomendadas, debido a que se obtuvo la mayor relación beneficio/costo y rentabilidad, gracias a su alta producción.

También se recomienda realizar nuevas investigaciones probando sustratos a base de la combinación de pomina y cascarilla de arroz para producción fresa y otros cultivos de interés agronómico y social.

## BIBLIOGRAFÍA

**BRICEÑO ARMIJOS, Hernan Alfonso.** Evaluación de 3 variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa*) en un sistema semi hidropónico, bajo condiciones de invernadero. (Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo). Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito-Ecuador. 2021. pp.18-20.

**CASIERRA POSADA, Fánor y GARCÍA, Nehidy.** Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa (*Fragaria sp.*) bajo estrés salino. Tunja : Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2005, Vol. 23, págs. 83-89. *Agronomía Colombiana* [en línea]. 2005, 23(1), 83-89[fecha de Consulta 28 de mayo de 2023]. ISSN: 0120-9965. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316951011>

**DE LA MORA ROSALES, María de Lourdes.** Manejo de riego en hidroponia en diferentes tipos de sustratos y sus mezclas. Saltillo-Coahuila, (presentado como requisito parcial para obtener el grado de: especialización en química aplicada) Centro de investigación en Química Aplicada. Saltillo-Coahuila.2011. pp.9-13.

**ENCALADA ALDAZ, Jaime Esteban.** Evaluación de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de *fragaria x ananassa* "fresa" en un sistema semihidroponico. (trabajo de titulación). Universidad de las fuerzas armadas. ESPE, carrera de ingeniería agropecuaria. Sangolquí-Pichincha-Ecuador. 2020. pp. 33-34

**FLORES BARONA, Mario David.** Evaluación de sustratos y soluciones nutritivas en la producción hidropónica con sustratos sólidos en fresa (*Fragaria x ananassa*)". (Documento Final del Proyecto de Investigación como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo). Universidad Técnica de Ambato, facultad de ciencias Agropecuarias. Cevallos-Ecuador. 2018.pp. 12-19.

**GARCÉS YUGCHA, Édison Israel.** Determinación de una tecnología de producción orgánica en cuatro variedades del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* D.) semi-hidropónico, bajo cubierta. (Presentado para optar al grado académico de: ingeniero agrónomo). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, facultad de recursos naturales. Riobamba-Ecuador.2022. pp.13-64.

**GUZMÁN JUA, Alcides Ramón.** Evaluación de un sistema semi hidropónico utilizando dos tipos de sustrato frente a un sistema convencional en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa*

(var. Albión) bajo condiciones de invernadero. (Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero agrónomo). Universidad San Francisco de Quito, USFQ. Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito-Ecuador.2021.pp. 21-25.

**IBADANGO RUIZ, Félix Daniel.** Eficiencia y rentabilidad del sistema Hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*fragaria vesca*), en la granja experimental Yuyucocha Imbabura. (Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario). Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra-Ecuador.2017. pp.24-26.

**INGA AGUAGALLO, Cristian David.** Evaluación de cuatro variedades de frutilla (*fragaria x ananassa duch*) en dos sistemas semi hidropónicos.( Presentado para optar el grado académico de: Ingeniero Agrónomo). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba-Ecuador. 2021.pp.29-52.

**INTAGRI.** La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. 2017. disponible en: Retrieved 2021, from Artículos Técnicos de INTAGRI: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>.

**LEÓN ARMIJO, David Santiago.** Efecto de cuatro láminas de riego en el cultivo de la fresa (*fragaria sp*) var. albión californiana, mediante riego por goteo, en el cantón guano, provincia del chimborazo.( Proyecto de titulación como requisito previo para la obtención del título de magister en riego y drenaje). Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil-Ecuador. 2021.pp. 29-35.

**LÓPEZ FLORES, Patricio Andrés.** Implementación de un sistema de riego automático en un cultivo de frutilla (*fragaria vesca*) semi-hidropónico del tipo NFT bajo invernadero basado en el sistema difuso tipo takagi – sugeno en el sector de la parroquia de quiroga cantón cotacachi.(Trabajo de grado previo a la obtención del título de ingeniería en electrónica y redes de comunicación) Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Ibarra-Ecuador.2021.pp.21-29.

**GAVILÁN, P y RUÍZ, N.** “Optimización del riego en el cultivo de fresa. La frecuencia de riego como determinante de la eficiencia del mismo y la producción. vida rural.” IFAPA. ISSN: 0378-3774, (2015) Córdoba.pp.41-43.

**MEDINA BOLÍVAR, José Samuel; et al.** “Efecto de sustratos orgánicos en plantas de fresa (*Fragaria* sp.) cv ‘Albion’ bajo condiciones de campo”. *Revista Ciencia y Agricultura*, vol. 13, n°2, (2016), (Colombia) pp. 19-28.

**MINAG.** Instructivo técnico del cultivo de la fresa, Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, 15 pp., 2011, ISBN: 978-959-7210-39-9.

**MIXQUITITLA CASBIS, Gabriela et al.** Crecimiento, rendimiento y calidad de fresa por efecto del régimen nutrimental. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* [online]. 2020, vol.11, n.6 [citado 2023-05-29], pp.1337-1348.

**QUISHPE GORDON, Jhon Paolo.** Evaluación de la respuesta de la frutilla (*fragaria dioica*) al sistema de cultivo semihidroponico en el Quinche-Pichincha 2012. (Tesis previa a la obtencion del titulo de ingeniero agropecuario) universidad politecnica saleciana sede Quito. Quito-Ecuador.2013. pp. 28-32.

**RAMOS GOMEZ, Edilberto Abel.** Efecto del abonamiento con fuentes orgánica y sintética en el rendimiento y calidad de fresas (*fragaria ananassa* Duzh), variedad aromas en condiciones agroecológicas de Chavinillo, Yarowilca. (tesis de grado) Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de Ciencias Agrarias. Huánuco-Perú. 2020. p.36.

**REA OTUNA, Luis Omar.** Análisis del rendimiento de la fresa (*Fragaria chiloensis* L. Duch) sometida a diferentes tipos de sustratos dentro de un cultivo semi-hidropónico en la parroquia Salinas provincia del Imbabura. (Presentado al H. Consejo Directivo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo) Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. El Ángel - Carchi – Ecuador. 2012.pp.11-21.

**REVELO SÁNCHEZ, Gerardo Máximo.** Efecto de aplicación de tres frecuencias de riego y fertilización en el rendimiento de fresa (*fragaria x ananassa*), en el c.i.e. de cañasbamba, yungay. (Maestría en Ciencias e Ingeniería con Mención en Ingeniería de Recursos Hídricos) Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz – Ancash – Perú.2017.pp. 12-16.

**RÚALES REYES, Sofía Victoria.** Evaluación del segundo ciclo de producción de frutilla (*Fragaria* var *ananassa*) en un sistema semihidropónico con dos sustratos y un sistema convencional en frutilla Puenbo-Pichincha, (Trabajo de fin de carrera presentado como requisito

para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo) Universidad San Francisco de Quito. USFQ Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito-Ecuador. 2022.pp.25-27.

**RUIZ, O., PÉREZ, G., BERDEJA, R., GARCÍA, M y DESIDERIO, J.** “Implementar un sistema scada para controlar el riego en la producción de fresa en invrenadero” COMEII-21008, (2021), Puebla-México.pp. 2-5.

**RUIZ CASTRO, Mario Daniel.** Evaluación de tres variedades de frutilla (fragaria x ananassa) en un sistema de cultivo semihidropónico en Puenbo – Pichincha (Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero en Agro empresas) Universidad San Francisco de Quito, USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías. Quito-Ecuador.2022.pp.13-15.

**SALAMBAY YUPANGUI, Vilma Jeaneth.** Incidencia de dos acaricidas de síntesis química en los agentes polinizadores en el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa* D.) cultivar Albión en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. (Tesis de grado) ESPOCH, Riobamba 2019.p.63.

**TRUJILLO BAZANTE, Carlos Andres.** Evaluacion de cuatros sutratos y ocho combinaciones, en el vultivo de fragaria x ananassa var, Albión, en un sistema semihidropónico vertical (trabajo de titulación previo a la obtencion del titulo de ingeniero agropecuario) Universidad de las fuerzas Armadas,ESPE. Sangolquí. 2019.pp.8-11.



D. B. R. A. I.  
Instituto de Estudios de Castilla



## ANEXOS

### ANEXO A: MEZCLA DE SUSTRATOS.



### ANEXO B: LLENADO Y COLOCACIÓN DE BANDEJAS.



**ANEXO C: COLOCACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.**



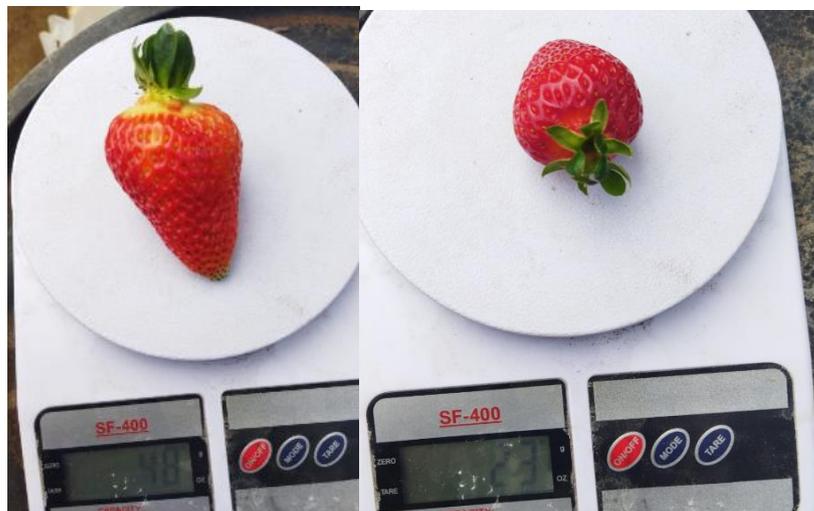
**ANEXO D: PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN MADRE Y MEDICIÓN DE LA CE Y pH.**



## ANEXO E: CONTROL FITOSANITARIO



## ANEXO F: COSECHA Y CALIBRACIÓN DEL FRUTO



**ANEXO G: PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO A LOS 8 DDT.**

TRATAMIENTOS	% prendimiento 8 días (%)		
	I	II	III
T1	100	100	97
T2	100	100	98
T3	98	100	100
T4	98	100	100
T5	98	100	100

**ANEXO H: PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO A LOS 15 DDT.**

TRATAMIENTOS	% prendimiento 15 días		
	I	II	III
T1	100	100	97
T2	100	100	100
T3	98	100	100
T4	98	100	100
T5	98	100	100

**ANEXO I: VIGOROSIDAD DE LA PLANTA**

TRATAMIENTO	VIGOROSIDAD DE LA PLANTA		
	I	II	III
T1	3	3	3
T2	4	4	4
T3	3	2	3
T4	3	4	3
T5	2	2	3

**ANEXO J: VIGOROSIDAD DE LA FLOR**

TRATAMIENTO	VIGOROSIDAD DE LA FLOR		
	I	II	III
T1	3	3	3
T2	4	4	4
T3	4	3	3
T4	4	4	4
T5	3	3	3

**ANEXO K: DÍAS A LA FLORACIÓN**

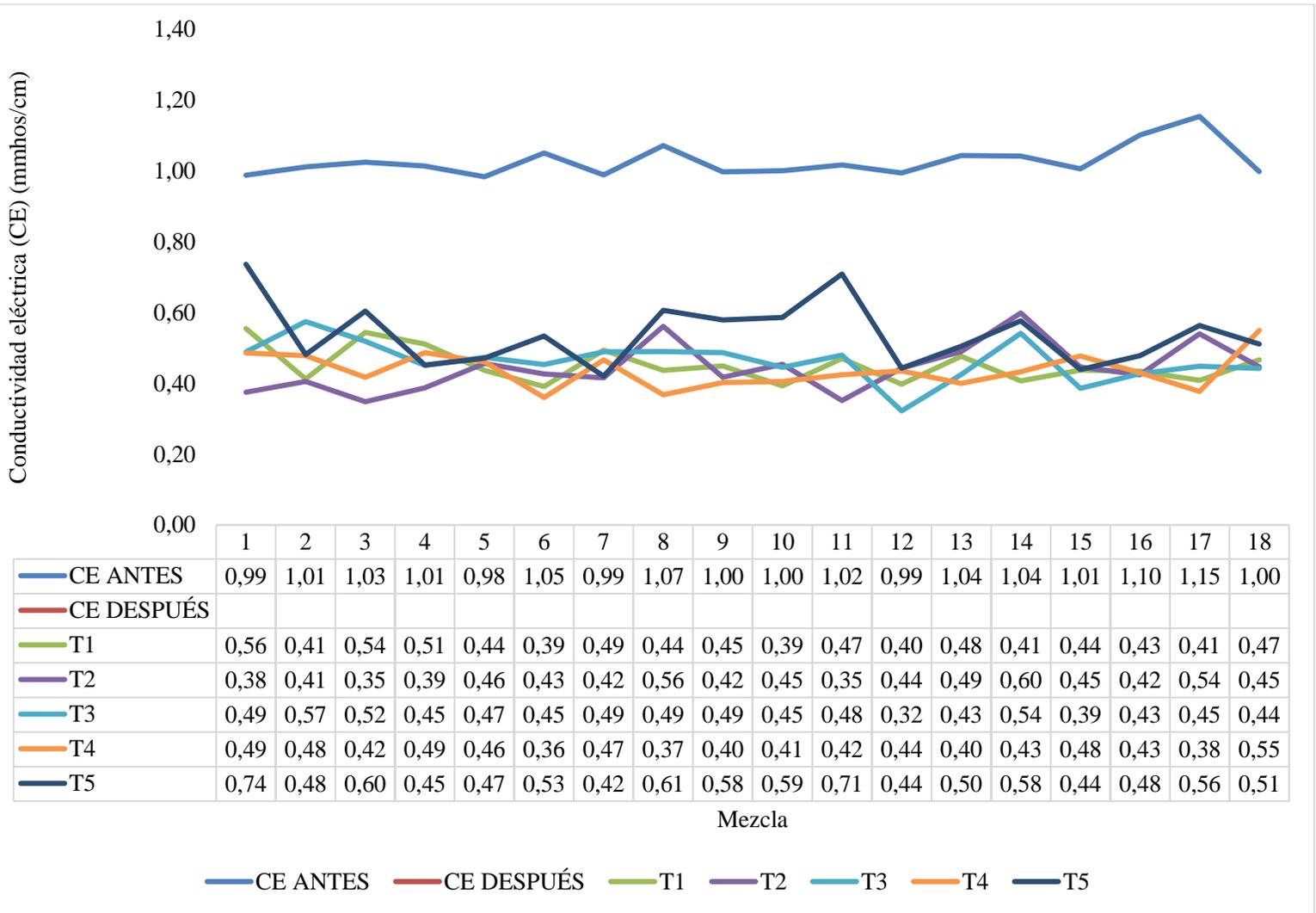
TRATAMIENTO	DÍAS A LA FLORACIÓN		
	I	II	III
T1	114	112	110
T2	118	118	119
T3	111	111	111
T4	119	118	119
T5	114	114	116

**ANEXO L: DÍAS A LA ESTOLONIZACIÓN**

TRATAMIENTO	DÍAS A LA ESTOLONIZACIÓN		
	I	II	III
T1	45	45	45
T2	40	39	39
T3	45	45	45
T4	40	39	45
T5	48	48	48

**ANEXO M: REGISTRO DE DATOS DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA**

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µS/cm)																			
# de Semanas		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18
Antes del fertirriego		974	1023	1054	1007	984	1001	993	1121	1001	1000	1032	1000	1064	1123	1005	1202	1101	1001
Después del fertirriego	T3R 1	430	543	635	387	524	352	525	635	553	352	443	231	525	466	445	387	466	352
	T1R 3	358	430	342	445	453	484	536	563	623	411	434	356	536	425	245	445	425	411
	T2R 2	495	295	447	274	463	363	462	556	354	372	236	245	462	643	356	274	443	372
	T3R 3	573	556	445	432	464	445	405	374	472	442	545	374	405	635	356	432	435	442
	TR2	584	363	737	346	374	523	364	583	374	525	603	421	664	533	477	346	533	525
	T1R 2	645	363	635	453	234	344	463	384	302	355	434	365	463	355	523	453	355	355
	T2R 3	345	546	353	463	364	446	563	474	465	545	446	462	563	543	632	463	543	545
	T4R 2	563	364	373	364	455	262	473	463	383	351	535	457	473	473	632	364	353	351
Antes del fertirriego		1002	1000	996	1022	984	1101	986	1023	994	1001	1002	989	1023	961	1007	1001	1208	996
Después del fertirriego	TR3	863	536	445	466	635	576	434	635	792	623	752	422	387	652	364	525	523	466
	T2R 1	285	375	245	425	543	472	223	653	434	445	374	623	445	611	351	536	635	425
	T4R 3	543	635	356	743	366	435	363		362	521	242	425	274	372	445	462	342	743
	T1R 1	662	445	656	635	623	346	484	364	424	414	543	472	432	442	545	405	447	635
	T3R 2	464	625	477	533	432	563	537	462	435	542	452	362	346	525	356	464	445	533
	T4R 1	353	436	523	355	563	384	565	273	462	344	495	424	453	455	356	463	437	555
	TR1	763	545	632	543	405	503	463	603	572	612	773	486	463	545	477	563	635	543



**ANEXO N: RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FRESA.**

Tratamientos	Producción g/planta/semana		Producción total g/planta/semana
	mes 1	Promedio mes 2	
T1R1	31,43	24,73	56,15
T1R2	22,65	19,20	41,85
T1R3	25,50	22,03	47,53
T2R1	21,88	30,45	52,33
T2R2	26,68	27,78	54,45
T2R3	16,20	29,05	45,25
T3R1	19,80	21,33	41,13
T3R2	30,00	23,00	53,00
T3R3	27,35	23,08	50,43
T4R1	12,70	29,73	42,43
T4R2	24,75	30,95	55,70
T4R3	35,48	37,13	72,60
TR1	14,70	22,83	37,53
TR2	16,85	20,38	37,23
TR3	17,38	22,43	39,80

**ANEXO O: CATEGORIZACIÓN DEL RENDIMIENTO**

TOTAL 8 SEMANAS DE PRODUCCIÓN (g)				
Tratamiento	>30	25-29	20-24	<19
<b>T1</b>	2251	1352	1078	1140
<b>T2</b>	3122	1418	880	661
<b>T3</b>	2578	1139	1178	887
<b>T4</b>	3528	1462	1091	748
<b>TESTIGO</b>	1400	1399	1053	730

**ANEXO P: COSTO DE PRODUCCIÓN PARA LA UNIDAD PRODUCTIVA.**

<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>															
Mezcla de sustrato	Código	Contenido (L)	Instalación del ensayo			Sistema de riego	Fertilización								Total
			Costo/trata.	Macetas	Letreros	Plántulas	Cintas de riego	Bomba de Mochila	Probeta de medición	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	MnSO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	Micronutrientes	Hakaphos (gris y verde)	
50% cascarilla 35% corteza de pino 15 % biofertil.	T1	600	20,5	126	0,3	27	3,3	3,60	0,11	3,80	4,50	3,80	0,22	12,00	205,13
50% pomina 35% corteza de pino 15% biofertil.	T2	600	30,5	126	0,3	27	3,3	3,60	0,11	3,80	4,50	3,80	0,22	12,00	215,13
50% cascarilla 30% corteza de pino 20 % biofertil.	T3	600	20,5	126	0,3	27	3,3	3,60	0,11	3,80	4,50	3,80	0,22	12,00	205,13
50% pomina 30% corteza de pino 20% biofertil.	T4	600	30,5	126	0,3	27	3,3	3,60	0,11	3,80	4,50	3,80	0,22	12,00	215,13
Sustrafresa	T5	600	24,3	126	0,3	27	3,3	3,60	0,11	3,80	4,50	3,80	0,22	12,00	208,93

COSTOS DE PRODUCCIÓN									
	Trasplante		Subtotal	Costos de mano de obra				Total C. mano de obra	TOTAL, COSTOS DE PRODUCCIÓN
	Vitavax	Enraizante		Mezcla de sustratos	Podas	Cosechas	Trasplante		
Mezclas de sustratos									
50% cascarilla, 35% corteza de pino, 15 % biofertil.	0,19	0,18	0,37	1,5	1,5	1,5	1,5	6	211,5
50% pomina, 35% corteza de pino, 15% biofertil.	0,19	0,18	0,37	1,5	1,5	1,5	1,5	6	221,5
50% cascarilla, 30% corteza de pino, 20 % biofertil.	0,19	0,18	0,37	1,5	1,5	1,5	1,5	6	211,5
50% pomina, 30% corteza de pino, 20% biofertil.	0,19	0,18	0,37	1,5	1,5	1,5	1,5	6	221,5
Sustrafresa	0,19	0,18	0,37	1,5	1,5	1,5	1,5	6	215,3

ANEXO Q: INGRESOS DE LA OPERACIÓN.

INGRESOS/CATEGORIA											
		T1	TOTAL (Kg)	T2	TOTAL (Kg)	T3	TOTAL (Kg)	T4	TOTAL (Kg)	T5	TOTAL (Kg)
	<b>P.V. P</b>										
I	2,5	40,518	101,30	56,196	140,49	46,404	116,01	63,50	158,76	25,20	63,00
II	2,1	24,336	51,11	25,524	53,60	26,388	55,41	26,32	55,26	25,18	52,88
III	1,91	19,404	37,06	15,84	30,25	21,204	40,50	19,64	37,51	18,95	36,20
IV	1,3	20,52	26,68	11,898	15,47	12,114	15,75	13,46	17,50	13,14	17,08
TOTAL INGRESOS			216,14		239,81		227,67		269,04		169,17

**ANEXO R: RELACIÓN BENEFICO/COSTO.**

<b>RELACIÓN BENEFICIO COSTO DEL PROYECTO</b>					
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>COSTOS DE TECNOLOGÍA</b>	<b>COSTOS MANO DE OBRA</b>	<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>INGRESO</b>	<b>B/C</b>
T1	205,5	6	211,5	216,14	1,02
T2	215,5	6	221,5	239,81	1,08
T3	205,5	6	211,5	227,67	1,08
T4	215,5	6	221,5	269,04	1,21
TESTIGO	209,3	6	215,3	169,17	0,79



espo

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 07 / 2023

<b>INFORMACIÓN DE LA AUTORA</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> NELLY ALEXANDRA LUCERO CHUCINO
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> RECURSOS NATURALES
<b>Carrera:</b> AGRONOMÍA
<b>Título a optar:</b> INGENIERA AGRÓNOMA
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

  
D.B.R.A.I.  
Ing. Cristhian Fernando Castillo



1407-DBRA-UTP-2023