



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

**EVALUACIÓN DE DOS FERTILIZANTES EN SEMIHIDROPONÍA**  
**EN DOS VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria x ananassa* D.), BAJO**  
**CUBIERTA.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR: LUIS DAVID PAUCAR AUQUILLA**

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

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Luis David Paucar Auquilla

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

Yo, Luis David Paucar Auquilla, 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 autor 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, 12 de diciembre de 2023

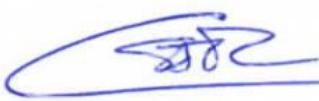


**Luis David Paucar Auquilla**

**C. I: 060459975-3**

**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 DOS FERTILIZANTES EN SEMIHIDROPONÍA EN DOS VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria x ananassa D.*) BAJO CUBIERTA**, realizado por el señor: **LUIS DAVID PAUCAR AUQUILLA**, 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.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez, PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-12-12
Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia, PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-12
Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez, MSc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-12

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a mis amados padres Francisco Paucar y Maria Auquilla, quienes fomentaron constantemente en mi vida la responsabilidad, dedicación, superación y esfuerzo, además, por brindarme su amor, cariño y apoyo incondicional para lograr obtener el título de ingeniero. Extiendo mi dedicaría a mis queridas hermanas Margarita y Rosita Paucar, quienes con sus palabras de aliento me fortalecieron y animaron para seguir luchando y no darme por vencido hasta alcanzar mi meta anhelada. Mil gracias a ustedes les agradezco de todo mi corazón.

David

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a mi Padre Celestial por guiarme, cuidarme y guardarme, por darme la oportunidad de llegar lejos y bendecirme con salud, paz y gozo en mi vida y en la de mi familia. Extiendo mi agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y al Centro Experimental Riego CER por abrirme sus puertas y permitirme formar parte de esta gran familia, un abrazo fraterno a todos mis docentes quienes me brindaron su conocimiento que será el pilar fundamental para desarrollarme en mi vida profesional. A la agrícola Llahuen y Ecuagroimport por el apoyo y confianza, para llevar a cabo la presente investigación.

David

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

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

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
2.1. Fertilizante.....	4
2.1.1. <i>Importancia de los fertilizantes en hidroponía</i> .....	5
2.1.2. <i>Clasificación de los fertilizantes según su composición</i> .....	6
2.1.3. <i>Propiedades de los fertilizantes</i> .....	6
2.1.4. <i>Época y método de aplicación</i> .....	7
2.1.5. <i>Fertilizantes solubles en Agua</i> .....	8
2.1.6. <i>Fertilizantes haifa</i> .....	9
2.1.7. <i>Fertilizantes hakaphos</i> .....	10
2.2. Hidroponía.....	11
2.2.1. <i>Sistema semihidropónico</i> .....	11
2.2.2. <i>Sustrato para semihidroponia</i> .....	12
2.2.3. <i>Características de un sustrato</i> .....	12

2.2.4.	<i>Diseño de riego presurizado</i> .....	13
2.2.5.	<i>Importancia del fertirriego</i> .....	13
2.2.6.	<b>Calidad del agua de Riego</b> .....	14
2.3.	<b>Soluciones nutritivas</b> .....	15
2.3.1.	<i>Formulación de las soluciones nutritivas</i> .....	15
2.3.2.	<i>Compatibilidad de los fertilizantes</i> .....	16
2.3.3.	<i>Solución nutritiva para el cultivo fresa</i> .....	16
2.4.	<b>Cultivo de fresa</b> .....	17
2.4.1.	<i>Importancia del cultivo</i> .....	17
2.4.2.	<i>Taxonomía y morfología</i> .....	17
2.4.2.1.	<i>Etapas fenológicas</i> .....	18
2.4.3.	<i>Variedades</i> .....	19
2.4.4.	<i>Labores pre-culturales</i> .....	20
2.4.5.	<i>Prácticas culturales</i> .....	20
2.4.6.	<i>Plagas y enfermedades</i> .....	21
2.4.7.	<i>Cosecha</i> .....	23

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	24
3.1.	<b>Características del lugar</b> .....	24
3.1.1.	<i>Localización</i> .....	24
3.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i> .....	24
3.2.	<b>Materiales y equipo</b> .....	24
3.2.1.	<i>Materiales de campo</i> .....	24
3.2.2.	<i>Equipos</i> .....	24
3.2.3.	<i>Insumo</i> .....	25
3.3.	<b>Metodología</b> .....	25
3.3.1.	<i>Diseño experimental</i> .....	25
3.3.2.	<i>Factores de estudio</i> .....	25
3.3.3.	<i>Tratamiento en estudio</i> .....	25
3.3.3.1.	<i>Factor A: Fertilizante (Parcela Grande)</i> .....	25
3.3.3.2.	<i>Factor B: variedades (Subparcela)</i> .....	25
3.3.4.	<i>Croquis de la distribución de las unidades experimentales</i> .....	26
3.3.5.	<i>Especificaciones del campo experimental</i> .....	26
3.3.6.	<i>Esquema de análisis de varianza</i> .....	27
3.3.7.	<i>Análisis funcional</i> .....	27

<b>3.4.</b>	<b>Métodos de evaluación y datos registrados</b> .....	27
3.4.1.	<i>Porcentaje de prendimiento</i> .....	28
3.4.2.	<i>CE después del fertirriego y riego</i> .....	28
3.4.3.	<i>Días a la primera flor</i> .....	28
3.4.4.	<i>Vigorosidad</i> .....	29
3.4.5.	<i>Firmeza</i> .....	30
3.4.6.	<i>Días mostrador</i> .....	30
3.4.7.	<i>Sólidos solubles</i> .....	31
3.4.8.	<i>Rendimiento</i> .....	31
3.4.9.	<i>Análisis económico</i> .....	32
<b>3.5.</b>	<b>Manejo de la investigación</b> .....	32
3.5.1.	<i>Labores pre-culturales</i> .....	32
3.5.1.1.	<i>Preparación de las estructuras de las camas</i> .....	32
3.5.1.2.	<i>Hidratación del sustrato</i> .....	32
3.5.2.	<i>Labores culturales</i> .....	33
3.5.2.1.	<i>Trasplante</i> .....	33
3.5.2.2.	<i>Fertirriego</i> .....	34
3.5.2.3.	<i>Podas</i> .....	36
3.5.2.4.	<i>Control de plagas y enfermedades</i> .....	36
3.5.3.	<i>Cosecha</i> .....	37

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	39
4.1.	<b>Análisis e interpretación de resultados</b> .....	39
4.1.1.	<i>Rendimiento</i> .....	39
4.1.1.1.	<i>Rendimiento total kg/ha</i> .....	39
4.1.1.2.	<i>Rendimiento primera categoría (kg/ha)</i> .....	40
4.1.1.3.	<i>Rendimiento Segunda categoría (kg/ha)</i> .....	41
4.1.1.4.	<i>Rendimiento tercera categoría (kg/ha)</i> .....	42
4.1.1.5.	<i>Rendimiento cuarta categoría (kg/ha)</i> .....	44
4.1.1.6.	<i>Rendimiento g/planta</i> .....	45
4.1.2.	<i>Porcentaje de prendimiento</i> .....	46
4.1.3.	<i>Días a la primera Flor</i> .....	46
4.1.4.	<i>Vigorosidad</i> .....	48
4.1.5.	<i>Firmeza</i> .....	48
4.1.6.	<i>Días mostrador</i> .....	50

4.1.7.	<i>Sólidos solubles</i> .....	51
4.1.8.	<i>CE (Conductividad Eléctrica) después del fertirriego y riego sin fertilizante</i> .....	52
4.1.9.	<i>Análisis económico</i> .....	53
4.2.	<b>Discusión</b> .....	54
4.2.1.	<i>Rendimiento</i> .....	54
4.2.2.	<i>Comportamiento agronómico y análisis económico</i> .....	55

## **CAPÍTULO V**

5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	57
5.1.	<b>Conclusiones</b> .....	57
5.2.	<b>Recomendaciones</b> .....	59

## **GLOSARIO**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Clasificación de los nutrientes.....	4
<b>Tabla 2-2:</b>	Función de los macro y micronutrientes esenciales para las plantas.....	5
<b>Tabla 2-3:</b>	Fertilizantes según su composición.....	6
<b>Tabla 2-4:</b>	Propiedad de los fertilizantes para fertirriego .....	7
<b>Tabla 2-5:</b>	Métodos de aplicación del fertilizante.....	8
<b>Tabla 2-6:</b>	Ventajas y desventajas de los fertilizantes para fertirriego .....	9
<b>Tabla 2-7:</b>	Fertilizantes Haifa para Fertirriego .....	10
<b>Tabla 2-8:</b>	Fertilizantes para fertirriego de la línea Hakaphos.....	11
<b>Tabla 2-9:</b>	Ventajas de la semihidroponia.....	11
<b>Tabla 2-10:</b>	Ventajas y desventajas del empleo de sustrato en la hidroponía.....	12
<b>Tabla 2-11:</b>	Características físicas químicas generales de los sustratos .....	12
<b>Tabla 2-12:</b>	Componentes de un sistema de riego presurizado.....	13
<b>Tabla 2-13:</b>	Ventajas y desventajas del fertirriego.....	14
<b>Tabla 2-14:</b>	Calidad del agua de riego .....	14
<b>Tabla 2-15:</b>	Parámetros para la formulación de soluciones nutritivas .....	15
<b>Tabla 2-16:</b>	Requerimiento nutricional diario para el cultivo de fresa .....	16
<b>Tabla 2-17:</b>	Taxonomía de la fresa .....	17
<b>Tabla 2-18:</b>	Sistemas y órganos de la fresa.....	17
<b>Tabla 2-19:</b>	Etapas del cultivo de fresa.....	18
<b>Tabla 2-20:</b>	Variedades de fresa .....	19
<b>Tabla 2-21:</b>	Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de fresa.....	19
<b>Tabla 2-22:</b>	Labores culturales para el cultivo de fresa .....	20
<b>Tabla 2-23:</b>	Prácticas culturales para el cultivo de fresa.....	20
<b>Tabla 2-24:</b>	Plagas del cultivo de Fresa .....	21
<b>Tabla 2-25:</b>	Enfermedades del cultivo de fresa.....	22
<b>Tabla 2-26:</b>	Diferencia entre la madurez fisiológica y comercial .....	23
<b>Tabla 3-1:</b>	Tratamientos del ensayo .....	25
<b>Tabla 3-2:</b>	Campo experimental.....	26
<b>Tabla 3-3:</b>	Esquema del análisis de varianza .....	27
<b>Tabla 3-4:</b>	Escala de valoración de la vigorosidad .....	29
<b>Tabla 3-5:</b>	Parámetro para la evaluación del día mostrador.....	30
<b>Tabla 3-6:</b>	Categorización de los frutos según su peso .....	31
<b>Tabla 3-7:</b>	Requerimiento nutricional para el cultivo de fresa semihidropónico.....	34
<b>Tabla 3-8:</b>	Características del área de investigación.....	34

<b>Tabla 3-9:</b>	Tiempos del riego automático .....	35
<b>Tabla 3-10:</b>	CE y pH de la solución nutritiva para el cultivo fresa.....	35
<b>Tabla 3-11:</b>	Solución madre para la etapa vegetativa empleando fertilizantes Hakaphos ....	35
<b>Tabla 3-12:</b>	Solución madre para la etapa vegetativa empleando fertilizantes Haifa .....	35
<b>Tabla 3-13:</b>	Solución madre para la etapa productiva empleando fertilizantes Hakaphos ...	36
<b>Tabla 3-14:</b>	Solución madre para la etapa productiva empleando fertilizantes Haifa .....	36
<b>Tabla 3-15:</b>	Podas del cultivo de fresa.....	36
<b>Tabla 3-16:</b>	Productos empleados para el control de plagas y enfermedades.....	37
<b>Tabla 4-1:</b>	Análisis del rendimiento total kg/ha.....	39
<b>Tabla 4-2:</b>	Rendimiento total kg/ha según el fertilizante.....	40
<b>Tabla 4-3:</b>	Rendimiento total kg/ha según la variedad .....	40
<b>Tabla 4-4:</b>	Análisis de varianza del rendimiento de primera categoría.....	40
<b>Tabla 4-5:</b>	Análisis de varianza del rendimiento de segunda categoría .....	42
<b>Tabla 4-6:</b>	Rendimiento kg/ha correspondiente a segunda categoría según el fertilizante .	42
<b>Tabla 4-7:</b>	Rendimiento kg/ha correspondiente a la segunda categoría según la variedad .	42
<b>Tabla 4-8:</b>	Análisis de varianza del rendimiento de tercera categoría .....	43
<b>Tabla 4-9:</b>	Rendimiento kg/ha correspondiente a la tercera categoría según el fertilizante	43
<b>Tabla 4-10:</b>	Rendimiento kg/ha correspondiente a la tercera categoría según la variedad ...	43
<b>Tabla 4-11:</b>	Análisis de varianza del rendimiento correspondiente a la cuarta categoría .....	44
<b>Tabla 4-12:</b>	Rendimiento kg/ha correspondiente a la cuarta categoría según el fertilizante.	45
<b>Tabla 4-13:</b>	Rendimiento kg/ha correspondiente a la cuarta categoría según la variedad ....	45
<b>Tabla 4-14:</b>	Análisis de varianza del rendimiento g/planta.....	45
<b>Tabla 4-15:</b>	Rendimiento g/planta según el fertilizante .....	46
<b>Tabla 4-16:</b>	Rendimiento g/planta según la variedad.....	46
<b>Tabla 4-17:</b>	Análisis de varianza para los días a la primera flor.....	47
<b>Tabla 4-18:</b>	Días a la primera flor según el fertilizante .....	47
<b>Tabla 4-19:</b>	Días a la primera flor según la variedad.....	47
<b>Tabla 4-20:</b>	Análisis de varianza para la firmeza del fruto .....	49
<b>Tabla 4-21:</b>	Análisis de varianza de días mostrador a ambiente de los frutos cosechados ...	50
<b>Tabla 4-22:</b>	Días mostrador según el fertilizante .....	50
<b>Tabla 4-23:</b>	Días mostrador según la variedad.....	51
<b>Tabla 4-24:</b>	Grados brix de los frutos cosechados .....	51
<b>Tabla 4-25:</b>	Grados brix según el fertilizante.....	52
<b>Tabla 4-26:</b>	Grados brix según la variedad .....	52
<b>Tabla 4-27:</b>	Media de la CE después del riego sin fertilizante ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) .....	53
<b>Tabla 4-28:</b>	Media de la CE después del fertirriego ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) .....	53
<b>Tabla 4-29:</b>	Relación B/C y porcentaje de rentabilidad.....	54

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Extracción de nutrientes del cultivo de fresa.....	8
<b>Ilustración 2-2:</b>	Compatibilidad de los fertilizantes.....	16
<b>Ilustración 3-1:</b>	Distribución de las unidades experimentales .....	26
<b>Ilustración 3-2:</b>	Estado de la planta enraizada a los 15 DDT.....	28
<b>Ilustración 3-3:</b>	Estado de primera flor .....	29
<b>Ilustración 3-4:</b>	Penetrómetro .....	30
<b>Ilustración 3-5:</b>	Refractómetro manual .....	31
<b>Ilustración 3-6:</b>	Reutilización del sustrato .....	32
<b>Ilustración 3-7:</b>	Hidratación del sustrato.....	33
<b>Ilustración 3-8:</b>	Trasplante de plántulas de fresa .....	33
<b>Ilustración 3-9:</b>	Colocación de trampas cromáticas .....	37
<b>Ilustración 3-10:</b>	Madurez fisiológica y comercial de la fresa.....	38
<b>Ilustración 3-11:</b>	Cosecha de fresas con el 75% de madurez.....	38
<b>Ilustración 4-1:</b>	Rendimiento kg/ha correspondiente a la primera categoría .....	41
<b>Ilustración 4-2:</b>	Vigorosidad según el modelo estadístico no paramétrico Friedman al 5%..	48
<b>Ilustración 4-3:</b>	Firmeza de los frutos .....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** LABORES PRE-CULTURALES
- ANEXO B:** LABORES CULTURALES
- ANEXO C:** EVALUACIÓN DE PARÁMETROS BIOMÉTRICOS
- ANEXO D:** CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) DESPUÉS DE LA CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) HASTA LOS 7 MESES DDT
- ANEXO E:** VIGOROSIDAD DEL CULTIVO (4: MUY VIGOROSO; 3: VIGOROSO; 2: POCO VIGOROSO; 1: NADA VIGOROSO)
- ANEXO F:** DÍAS A LA PRIMERA FLOR
- ANEXO G:** FIRMEZA DE LOS FRUTOS
- ANEXO H:** SOLIDOS SOLUBLES (GRADOS BRIX)
- ANEXO I:** DÍAS MOSTRADOR AL AMBIENTE Y A  $10^{\circ}\text{C}$
- ANEXO J:** RENDIMIENTO POR CATEGORÍA (kg/ha)
- ANEXO K:** RENDIMIENTO TOTAL (kg/ha)
- ANEXO L:** RENDIMIENTO (g/planta)
- ANEXO M:** BENEFICIO/COSTO DEL TRATAMIENTO 1
- ANEXO N:** BENEFICIO/COSTO DEL TRATAMIENTO 2
- ANEXO O:** BENEFICIO/COSTO DEL TRATAMIENTO 3
- ANEXO P:** BENEFICIO/COSTO DEL TRATAMIENTO 4

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar dos fertilizantes en semihidroponía en dos variedades de fresa (*Fragaria x ananassa* D.), bajo cubierta. Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) bifactorial con arreglo de parcela dividida, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: T1 (Hakaphos; Albión), T2 (Hakaphos; Monterrey), T3 (Haifa; Albión) y T4 (Haifa; Monterrey). Se registró el porcentaje de prendimiento, CE después del fertirriego, días a la primera flor, vigorosidad, firmeza de los frutos, días mostrador de los frutos, sólidos solubles. Además, se determinó el rendimiento gramos por planta, kilogramo por hectárea y por categoría. Por último, el análisis económico se determinó considerando únicamente los costos de producción y operación, a través de la relación del Beneficio-Costo. El mejor rendimiento fue con el fertilizante Hakaphos y la variedad Monterrey con 115,34 g.planta-1 y 121,75 g.planta-1, respectivamente. En cuanto al comportamiento agronómico, el mejor tratamiento fue con el fertilizante Hakaphos y la variedad Albión, en los días a la primera flor con 151 días y 150,88 días, respectivamente, además, presentó una excelente vigorosidad de verde oscuro y obtuvo la mínima CE eléctrica después del fertirriego de 489,25  $\mu\text{S.m}^{-1}$ . Finalmente, se obtuvo el mejor Beneficio-Costo con el fertilizante Hakaphos y la variedad Monterrey de 1,37. Se concluye que el mejor fertilizante para fertirriego en semihidroponía bajo invernadero fue el fertilizante Hakaphos con la variedad Monterrey ya que obtuvo el mayor rendimiento y la mejor relación Beneficio-Costo.

**Palabras clave:** <FERTILIZANTE HAKAPHOS>, <FERTILIZANTE HAIFA>, <FERTIRRIEGO>, <CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA>, <COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO>, <FERTILIZANTE COMPUESTO>, <VARIEDAD ALBIÓN >, <VARIEDAD MONTERREY>.

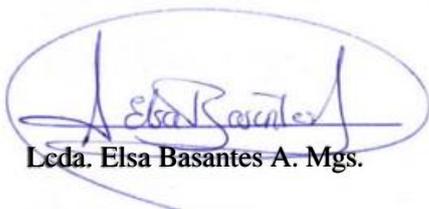


0075-DBRA-UPT-2024  
23-01-2024

## SUMMARY

The aim of this research was to evaluate two fertilizers in semi-hydroponics on two varieties of strawberry (*Fragaria x ananassa D.*), under cover. A bifactorial, split-plot, randomized complete block design (RCBD) with four replications was used. The treatments were: T1 (Hakaphos; Albion), T2 (Hakaphos; Monterrey), T3 (Haifa; Albion) and T4 (Haifa; Monterrey). The percent stand, EC after fertigation, days to first flower, vigor, fruit firmness, days to fruit set, and soluble solids were recorded. In addition, yields were determined in grams per plant, kilograms per hectare and per category. Finally, the economic analysis was determined considering only production and operating costs, through the Benefit-Cost ratio. The best yield was with the Hakaphos fertilizer and the Monterrey variety with 115.34 g. plant<sup>-1</sup> and 121.75 g. plant<sup>-1</sup>, respectively. In terms of agronomic performance, the best treatment was with the Hakaphos fertilizer and the Albion variety, in days to first flower with 151 days and 150.88 days, respectively, in addition, it presented excellent dark green vigor and obtained the minimum electrical EC after fertigation of 489.25  $\mu\text{S.m}^{-1}$ . Finally, the best benefit-cost was obtained with the Hakaphos fertilizer and the Monterrey variety of 1.37. It is concluded that the best fertilizer for fertigation in semi-hydroponics under greenhouse was the Hakaphos fertilizer with the Monterrey variety since it obtained the highest yield and the best Benefit-Cost ratio.

**Key words:** <FERTILIZER HAKAPHOS>, <FERTILIZER HAIFA>, <FERTIRIGE>, <ELECTRIC CONDUCTIVITY>, <AGRONOMIC PERFORMANCE>, <FERTILIZER COMPOSITE>, <ALBION VARIETY>, < MONTERREY VARIETY>.



Lda. Elsa Basantes A. Mgs.

C.I: 0603594409

0075-DBRA-UPT-2024

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresa posee un amplio rango de adaptabilidad altitudinal desde los 1200 m s. n. m. a los 3600 m s. n. m., por ello la serranía ecuatoriana es considerada como una zona óptima para el cultivo de esta especie perenne, siendo así la provincia de Pichincha y Chimborazo los principales productores de este cultivo, se adapta fácilmente a temperaturas de 8°C a 18°C y HR del 60% hasta el 75%. En Chimborazo, las variedades mayormente cultivadas son Albión y Monterrey (EL COMERCIO, 2011, párr. 2-3).

La fresa se cultiva comúnmente en el suelo, llegando alcanzar un ciclo de 2 a 3 años, posterior a este tiempo, existe una alta probabilidad de un incremento de las enfermedades en el suelo siendo cada vez más complejo su control, otro de los problemas que se presenta es la salinidad de los suelos, causando la disminución del rendimiento y la rentabilidad de cultivo en las posteriores campañas de producción.

California es un claro ejemplo de innovación agrícola frente a los problemas de producción de fresa en el suelo, su sistema de producción se basa en la semihidroponía con el empleo de sustrato acompañado de un sistema de flujo laminar de fertirriego el cual no requiere una inyección constante, puesto que el sustrato sirve de amortiguado, llegando a obtener un rendimiento de 399,82g plantas en 5 meses (Timmons, et al., 2019, p.12).

Pues bien, se conoce que el rendimiento de un cultivo es dependiente de un correcto riego, manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) y principalmente de una buena fertilización, por lo cual es necesario calcular y entregar al cultivo una solución balanceada empleando fertilizantes simples o compuestos.

En Ecuador, según Garces (2022, p. 103), mediante el empleo de fertilizante simples en el fertirriego en semihidroponia, bajo invernadero en el Centro Experimental del Riego Tunshi, se han registrado hasta un periodo de 124 DDT un rendimiento de 69,25 g/planta de la variedad Monterrey y 113,875 g/planta de la variedad Albión. En este estudio se evaluó el comportamiento agronómico, el rendimiento y la relación beneficio costo (B/C) del empleo de dos fertilizantes compuestos de diferentes líneas y grados de concentración bajo una solución estándar en dos variedades de fresa, en un sistema semihidropónico, bajo invernadero.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

La falta de datos específicos sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de fresa en semihidroponía, al emplear fertilizantes compuestos, impide una evaluación integral y comparativa con los resultados obtenidos mediante el uso de fertilizantes simples. Además, el bajo rendimiento obtenido en investigaciones anteriores mediante el uso de fertilizantes simples, con lleva a buscar nuevas fuentes de fertilizantes de fácil asimilación con formulaciones complejas y equilibradas diseñadas para proporcionar a las plantas una gama completa de nutrientes esenciales.

#### 1.2. Objetivo

##### 1.2.1. *Objetivo general*

Evaluar dos fertilizantes en semihidroponia en dos variedades de fresa (*Fragaria x ananassa* D.), bajo cubierta.

##### 1.2.2. *Objetivo específico*

- Determinar el efecto de dos fertilizantes en semihidroponia en el comportamiento agronómico de dos variedades de fresa, bajo cubierta.
- Evaluar el efecto de dos fertilizantes en semihidroponia en el rendimiento de dos variedades de fresa bajo cubierta.
- Analizar económicamente los tratamientos en estudio.

#### 1.3. Justificación

El cultivo de fresa en Ecuador según EL COMERCIO (2011, párr. 7) es una alternativa rentable para pequeños y medianos productores, sin embargo, para que sea aún más rentable y genere óptimos ingresos, es necesario implementar fertilizantes sintéticos elaborados con materia prima de alta calidad, solubles en agua y de rápida asimilación.

La propuesta de investigación obtener información sobre el comportamiento agronómico y rendimiento de la aplicación de fertilizantes compuestos. La elección de fertilizantes compuestos se fundamenta en la necesidad de proporcionar a las plantas de fresa una fuente de nutrientes más equilibrada y fácilmente asimilable. La combinación de elementos nutritivos, microelementos quelatados y la adecuada granulometría de los fertilizantes compuestos contribuirán a mejorar la absorción de nutrientes, favoreciendo el desarrollo óptimo de las plantas y, por ende, incrementando el rendimiento del cultivo.

Este conocimiento es esencial para optimizar las prácticas de cultivo, mejorar la eficiencia de los recursos y, en última instancia, elevar la productividad en la producción de fresas en entornos semihidropónico.

#### **1.4. Hipótesis**

##### ***1.4.1. Hipótesis nula***

Los fertilizantes Hakaphos y Haifa no inciden en el rendimiento de dos variedades de fresa, bajo cubierta.

##### ***1.4.2. Hipótesis alterna***

Al menos uno de los fertilizantes Hakaphos o Haifa y una variedad inciden en el rendimiento de fresa, bajo cubierta.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1. Fertilizante

Los fertilizantes son fuentes de nutrientes esenciales para el desarrollo óptimo de los cultivos, los cuales pueden ser de origen orgánico o inorgánico, deben aplicarse de manera balanceada para evitar la toxicidad en las plantas y el desperdicio del fertilizante, además la cantidad y frecuencia de aplicación varían según la etapa de desarrollo del cultivo, con el objetivo de obtener los mejores rendimientos (Grasso, et al., 2020, p. 40).

Los nutrientes esenciales para un óptimo crecimiento y desarrollo de la planta son 16 elementos, que se dividen en dos grupos: macronutrientes y micronutrientes según la cantidad que requiera la planta. En la Tabla 2-1 se describe los macroelementos que son 9 necesarios en grandes cantidades, mientras que los microelementos que son 7 necesarios en cantidades más pequeñas.

**Tabla 2-1:** Clasificación de los nutrientes

Macronutrientes	Micronutrientes
Carbono	Hierro
Hidrogeno	Boro
Oxigeno	Manganeso
Nitrógeno	Zinc
Fosforo	Cobre
Potasio	Molibdeno
Calcio	Cloro
Magnesio	
Azufre	

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

En el grupo de los macronutrientes el carbono y el oxígeno, son captados por las estomas de las hojas en forma de CO<sub>2</sub> que en reacción con el hidrógeno asimilado en forma de H<sub>2</sub>O interactúan en la fotosíntesis de la planta, se puede mencionar que se encuentran en gran proporción y no son necesarios emplearlos en forma de fertilizantes (Sela, 2023, p. 6).

### 2.1.1. Importancia de los fertilizantes en hidroponía

Un sistema de producción hidropónico se caracteriza principalmente por no utilizar el suelo agrícola, en su lugar, la planta emplea como medio de enraizamiento sustratos inorgánicos o directamente la solución nutritiva, por tal razón es indispensable la mezcla del agua y el fertilizante para el crecimiento y desarrollo de la planta (Benton, 2014, p. 99).

El 94% de la planta se compone de carbono, oxígeno e hidrógeno, que se encuentra en gran cantidad en el  $C_2O$  y  $H_2O$ , mientras que el 6% está conformado por al nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro, boro, manganeso, cobre, zinc, molibdeno y cloro, aunque representa un limitante para el desarrollo del cultivo (Arévalo y Castellano, 2009: p. 13).

En la Tabla 2-2, se describe al 6% de los nutrientes que cumple diferentes funciones, tanto en la estructura como en los procesos fisiológicos de la planta, su movilidad y los síntomas de deficiencia.

**Tabla 2-2:** Función de los macro y micronutrientes esenciales para las plantas

Nutriente	Función	Movilidad	Síntoma de deficiencia
<b>Nitrógeno</b>	Constituye a la molécula de clorofila, ácidos nucleicos y proteínas.	Muy móvil	Clorosis y verde pálido de las hojas viejas.
<b>Fósforo</b>	Forma parte de la molécula de ATP, ADP, enzimas y proteínas.	Muy móvil	Follaje verde oscuro, púrpura o rojo.
<b>Potasio</b>	Aumenta el contenido de azúcar en los frutos, proteína en cereales y resistencia a sequías.	Móvil	Necrosis del borde de las hojas.
<b>Azufre</b>	síntesis de proteínas y aminoácidos.	Variable	Clorosis en hojas jóvenes
<b>Calcio</b>	División y elongación celular, osmoregulador en las células.	Inmóvil	Puntas quemadas de las hojas, pudrición apical del fruto.
<b>Magnesio</b>	Constituye principalmente la clorofila	Móvil	Clorosis intervenal en las hojas viejas
<b>Boro</b>	Metabolismo del RNA Y DNA.	Inmóvil	Frutos deformes y peciolo débiles
<b>Hierro</b>	Producción de clorofila.	Inmóvil	Clorosis intervenal y hojas jóvenes

<b>Manganeso</b>	Constituye el cloroplasto.	Inmóvil	Clorosis intervenal y necrosis en hojas jóvenes.
<b>Cobre</b>	Síntesis de lignina, formación de polen y fecundación.	Lenta movilidad	Polinización y lignificación irregular.
<b>Zinc</b>	Metabolismo de axinas	Lenta movilidad	Poco follaje y clorosis
<b>Molibdeno</b>	Fijación de nitrógeno	Lenta movilidad	Clorosis
<b>Cloro</b>	Regulación osmótica	Móvil	

Fuente: (Vidal, 2019, pp. 19-20)

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

### 2.1.2. Clasificación de los fertilizantes según su composición

Los fertilizantes se clasifican según el número de elementos que los componen, pueden ser líquidos o sólidos, además los fertilizantes sólidos se emplean comúnmente en la formulación de soluciones nutritivas para hidroponía.

En la Tabla 2-3 se mencionan los diferentes tipos de fertilizantes según su composición empleados para la formulación de soluciones madres.

**Tabla 2-3:** Fertilizantes según su composición

Clasificación	Características
<b>Simple</b>	Compuestos únicamente un macroelemento nutritivo
<b>Compuestos</b>	Compuesto al menos 2 macroelementos, los gránulos contienen diferentes proporciones de nutrientes.
<b>Complejos</b>	Compuestos por 2 o más macronutrientes que a través de reacciones químicas, cada granulo contienen los mismos nutrientes.
<b>Micronutrientes</b>	Dependiendo de su fuente se clasifica en inorgánicos, quelatos y complejos orgánicos naturales. Los quelatos son utilizados con mayor frecuencia los cuales pueden ser orgánicos o sintéticos, este último es más popular es el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético)
<b>Mezclados o mixtos</b>	Mezcla física simple de dos o más fertilizante el cual no es homogénea.

Fuente: (Martínez, 2020, p. 9)

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

### 2.1.3. Propiedades de los fertilizantes

En hidroponía los fertilizantes solubles en agua son considerados como la opción más eficientemente para las plantas, son absorbidos fácilmente obteniendo mejores rendimientos, a

continuación, se detalla las propiedades de los fertilizantes solubles empleados en hidroponía (ver Tabla 2-4).

**Tabla 2-4:** Propiedad de los fertilizantes para fertirriego

<b>Propiedad</b>	<b>Concepto</b>
<b>Solubilidad</b>	Capacidad de diluirse y mezclarse con el agua
<b>Uniformidad</b>	Los iones se distribuyen de manera uniforme según la concentración y composición de la materia prima
<b>Tiempo de solubilidad</b>	En la preparación de la solución generalmente tardan de 1 a 4 minutos en diluirse
<b>Filtración de la solución</b>	Antes de su aplicación no requiere filtración
<b>Índice de salinidad</b>	De a 8% a 40 %
<b>Eficiencia</b>	Muy altos, puesto que son asimilables fácilmente por la planta.

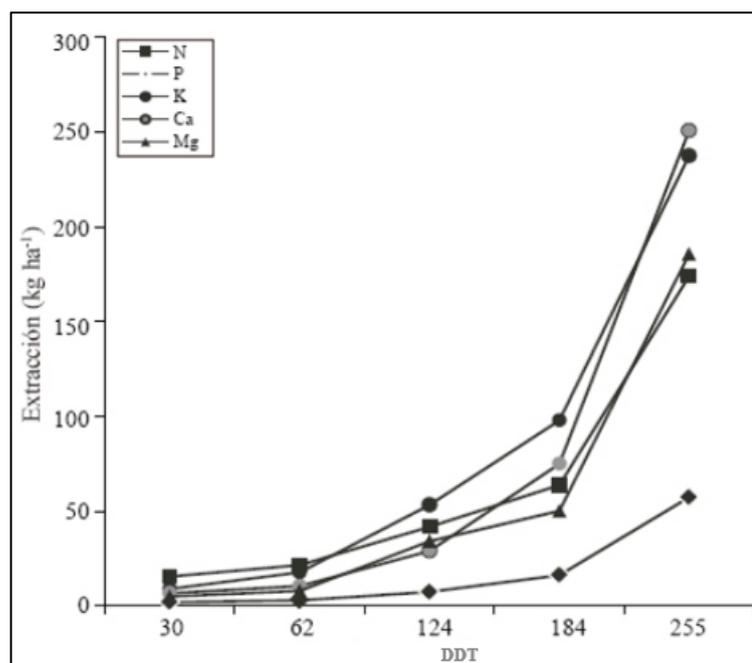
**Fuente:** (Sathisha, 2022, p. 9)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### **2.1.4. Época y método de aplicación**

La cantidad y la época de aplicación de los nutrientes es diferente y dependiente de la fenología del cultivo, por ello se debe realizar los ajustes necesarios en cada fase del cultivo, con el fin de obtener los mejores rendimientos, aumentar su calidad, disminuir pérdidas por lixiviación y evitar problemas de fitotoxicidad, por el contrario, una aplicación tardía de los nutrientes podría llevar a pérdidas por un incorrecto desarrollo de la planta (Sela, 2023, p. 162).

Según Avitia et al., (2014, p. 522), la extracción de los nutrientes en el cultivo de fresa aumenta exponencialmente a medida que crece y se desarrolla, la extracción del potasio y boro se da en mayor cantidad superior a 225 kg/ha, el magnesio y nitrógeno en media cantidad aproximadamente en 175 kg/ha y el fósforo en pequeña cantidad no mayor a 50 kg/ha (ver Ilustración 2-1).



**Ilustración 2-1:** Extracción de nutrientes del cultivo de fresa

Fuente: (Avitia, et al., 2014: p. 522)

Los métodos de aplicación de fertilizantes más comunes son: al voleo, en bandas, en sistema de riego o foliares, pero en sistema hidropónico la aplicación se realiza a través del sistema de riego (ver Tabla 2-5).

**Tabla 2-5:** Métodos de aplicación del fertilizante

Método	Característica
<b>Al voleo</b>	Distribución del fertilizante a mano o con maquinaria de manera uniforme del fertilizante sobre la superficie.
<b>En banda</b>	Colocado cerca de la planta o alado de la semilla.
<b>Sistema de riego</b>	Consiste en la mezcla del fertilizante en el agua de riego que posterior es inyectado al sistema de riego por goteo.
<b>Foliar</b>	Empleado generalmente como corrector de deficiencia nutricional o complementaria a la fertilización de suelo.

Fuente: (Arévalo y Castellano, 2009: pp. 44-45)

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

### 2.1.5. Fertilizantes solubles en Agua

Los fertilizantes solubles en agua son esenciales en los sistemas hidropónicos y en los sistemas de riego por goteo, debido a que la solución nutritiva se entrega a través del fertirriego.

Continuación en la Tabla 2-6, se presentan las ventajas y desventajas de los fertilizantes empleados en el fertirriego.

**Tabla 2-6:** Ventajas y desventajas de los fertilizantes para fertirriego

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede aplicar a través del fertirriego o vía foliar.</li> <li>• Minimiza la contaminación del suelo y del agua.</li> <li>• Amplia gama de nutrientes con diferentes concentraciones.</li> <li>• Distribución uniforme de nutrientes.</li> <li>• Flujo uniforme de agua y nutrientes.</li> <li>• Eficiencia del uso de fertilizantes.</li> <li>• Entrega y disponibilidad rápida de nutrientes para la planta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta inversión inicial.</li> <li>• Mantenimiento del sistema de riego.</li> <li>• Esencial el uso de una buena calidad de agua.</li> <li>• Posibles reacciones en el sistema de riego por goteo provocando la corrosión, precipitación y taponamiento de los goteros.</li> </ul>

**Fuente:** (Sathisha, 2022: p. 8-9)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 2.1.6. *Fertilizantes haifa*

El grupo Haifa presenta fertilizantes de origen israelí aptos para fertirriego, totalmente solubles en agua, compuestos por un 100% de macronutrientes quelatos, libres de cloruro, sodio u otros elementos perjudiciales, permitiendo así una absorción de los nutrientes de forma eficiente por las plantas (Haifa, 2021, pp. 4-5).

Haifa cuenta con una gran gama de fertilizantes, simples, compuestos y compuestos complejos con diferentes composiciones para cada etapa del cultivo, los Poly Feed son fertilizantes compuestos complejos con micronutrientes quelatados, recomendados para fertirriego para el cultivo de flores, hortalizas y frutales (Haifa, 2021, pp. 12).

En la Tabla 2-7 se muestran los fertilizantes de la línea Faifa que se encuentran en los almacenes agrícolas locales, con su composición y características.

**Tabla 2-7:** Fertilizantes Haifa para Fertirriego

<b>Fertilizante</b>	<b>N</b>	<b>P2O5</b>	<b>K2O</b>	<b>S</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>
<b>Poly feed GG</b>	15	30	15			
<b>Poly feed GG</b>	20	20	20			
<b>Poly feed GG</b>	20	9	20			
<b>poly feed GG</b>	17	10	27			
<b>poly feed GG</b>	16	8	32			
<b>Haifa MKP (fosfato monopotásico)</b>		52	34			
<b>Haifa MagNisal</b>	11				16	
<b>Haifa SOP</b>			53	40		
<b>Haifa Protek</b>		26	30			
<b>Haifa UP</b>	17,5	44				
<b>Haifa Ncal GG</b>	15					
<b>Haifa DKP (Fosfato libre)</b>	-	41	54			26,5
<b>Poly feed GG</b>	12	5	40		1	
<b>Multi k</b>	13		46			
<b>Haifa MAP(Fosfato monoamonico)</b>	12	61				
<b>Haifa Grow clean (polifosfato)</b>	5	31	40			

Fuente: (Haifa, 2021, pp. 8-21)

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

### **2.1.7. Fertilizantes hakaphos**

Los fertilizantes Hakaphos son productos de la empresa alemana COMPO EXPERT, que se caracterizan por ser rápidos y completamente solubles en agua, cuentan con azufre y microelementos quelatados y sus formulaciones son balanceadas para cada fase del cultivo, además, cuentan con un poder acidificante que mejora la absorción de los microelementos (COMPO EXPERT, 2020, p. 2).

Los fertilizantes Hakaphos para fertirriego se presentan en 7 colores diferentes para evitar errores humanos. El Hakaphos azul es alto en nitrógeno, el Hakaphos verde y violetas altos en fósforo, pero con diferentes concentraciones. El Hakaphos rojo tiene una concentración uniforme de nitrógeno, fósforo y potasio. El Hakaphos naranja y base son altos en potasio, con diferentes concentraciones. La composición porcentual de cada fertilizante se muestra en la Tabla 2-8.

**Tabla 2-8:** Fertilizantes para fertirriego de la línea Hakaphos

Fertilizante	N	P2O5	K2O	S	SO4	MgO	CaO	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Hakaphos azul	20	5	5	10	31,05	1,5	-	0,01	0,02	0,05	0,05	0,01	0,02
Hakaphos verde	15	10	15	12	37,26	2	-	0,01	0,02	0,05	0,05	0,001	0,02
Hakaphos violeta	13	40	13	-	-	-	-	0,01	0,02	0,05	0,05	0,001	0,02
Hakaphos rojo	18	18	18	0,52	1,61	1	-	0,01	0,02	0,05	0,05	0,001	0,02
Hakaphos Naranja	15	5	30	4	12,42	2	-	0,01	0,02	0,05	0,05	0,001	0,02
Hakaphos base	7	12	40	4,4	13,662	-	-	0,01	0,02	0,05	0,05	0,001	0,02
Hakaphos Calcidic kmax	10	15	28	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-

Fuente: (COMPO EXPERT, 2017 pp. 5-6)

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

## 2.2. Hidroponía

La hidroponía surge como una solución a los altos costos de desinfección del suelo, que pueden causar pérdidas en el cultivo, incluso una disminución del rendimiento, por ello la agricultura sin suelo es una de las soluciones más eficientes, menos contaminante, mayor calidad de cultivos y reduce la cantidad de agua, fertilizantes y pesticidas (Demirsoy et al., 2017: pp. 72-73).

### 2.2.1. Sistema semihidropónico

La Semihidroponia es un sistema de cultivo en el que las plantas crecen con un medio de enraizamiento inorgánico denominado sustrato, se complementa con la inyección de la solución nutritiva mediante el riego por goteo (Benton, 2014, pp. 108-109).

Las ventajas del cultivo en semihidroponia se enumeran en la Tabla 2-9.

**Tabla 2-9:** Ventajas de la semihidroponia

Ventajas	Descripción
<b>Reducción de costos de producción</b>	Independencia de fenómenos meteorológicos, presencia mínima de paracito, bacterias, hongos y otros contaminantes y automatización
<b>Mayor producción</b>	Cosechas fuera de estación, menos espacio, mayor rendimiento por unidad de superficie y precocidad.
<b>Ahorra de recursos</b>	Ahorro de agua, fertilizante, pesticidas, y maquinarias agrícolas.

Fuente: (Beltrano y Gimenes, 2020: p. 18)

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

### 2.2.2. *Sustrato para semihidroponia*

El sistema semihidropónico utiliza como sustratos materiales como la arena, piedra volcánica, cascarilla de arroz, piedrilla de río, piedra pómez, carbón vegetal, fibra de coco, entre otros, sin embargo, es común utilizar materiales de tipo mineral por ser inertes de mayor estabilidad y durabilidad, además el sistema utiliza estructuras elevadas a una cierta altura donde se colocan recipientes con una profundidad mínima de 10 cm para anclar y proteger a las raíces (Soto, 2015, p. 23).

**Tabla 2-10:** Ventajas y desventajas del empleo de sustrato en la hidroponía

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento de la productividad.</li><li>• Frutos de mejor calidad.</li><li>• Mayor ciclo de producción.</li><li>• Elevado grados Brix.</li><li>• Ahorro del agua entre un 15 – 20%</li><li>• Disminución en los costos de producción.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inversiones iniciales alta debido a la implementación del sistema.</li><li>• Alto conocimiento técnico y científico.</li></ul>

**Fuente:** (Flórez y Mora, 2010: p. 79)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 2.2.3. *Características de un sustrato*

Un sustrato debe poseer buenas cualidades físicas y químicas apto para un correcto desarrollo del cultivo y flujo de la solución nutritiva, es mejor un sustrato cuando se compone por más de 2 componentes de forma equilibrada (Kafkafi y Tarchitzky, 2011: p. 119).

En la Tabla 2-11 se mencionan las características químicas y físicas de un sustrato.

**Tabla 2-11:** Características físicas químicas generales de los sustratos

<b>Características Físicas</b>	<b>Características químicas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Alta retención de agua</li><li>• Buena aeración y alta porosidad</li><li>• Baja densidad aparente</li><li>• Buen drenaje</li><li>• Capacidad de anclaje estable</li><li>• No presente compactación y encogimiento.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alta capacidad de intercambio catiónico</li><li>• Capacidad tampón y estabilidad del pH</li><li>• Relación C/N baja.</li></ul>

**Fuente:** (Kafkafi y Tarchitzky, 2011: p. 118)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

Para un óptimo crecimiento y desarrollo de la fresa se requiere al menos 2 litros de volumen de sustrato por planta, además el sustrato deberá contar con un 15% de porosidad con el fin de brindar una correcta aeración a las raíces, se recomienda utilizar la mezcla de perlita y fibra de coco triturado. (García y Kubota, 2019: pp. 445-452)

#### **2.2.4. Diseño de riego presurizado**

El riego presurizado es esencial en un sistema semihidropónico, conduce el agua a presión por tuberías hasta los goteros de las cintas de riego, además cuenta con bombas eléctricas o motobombas capaces de generar suficiente presión y filtros que evitan obstrucciones en el sistema de riego, llegando ser eficiente en un 90% a 95% (Oviedo, 2013, p. 1).

En la Tabla 2-12 se mencionan los componentes y los aspectos a considerar al instalar un sistema de riego presurizado.

**Tabla 2-12:** Componentes de un sistema de riego presurizado.

<b>Componentes</b>	<b>Aspectos que considerar</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de abastecimiento</li> <li>• Cabezal</li> <li>• Tuberías primarias, secundarias y terciarias</li> <li>• Válvulas de paso</li> <li>• Laterales de riego con sus emisores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis químico y físico del suelo y agua.</li> <li>• Densidad del cultivo</li> <li>• Área del cultivo</li> <li>• Pendiente del terreno</li> <li>• Caudal de los emisores</li> <li>• Requerimiento hídrico del cultivo</li> </ul>

**Fuente:** (Oviedo, 2013, p. 2)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### **2.2.5. Importancia del fertirriego**

El fertirriego en combinación con el sistema de goteo, aspersión o microaspersión es el método más eficiente para entregar la cantidad, concentración, proporción de nutrientes directamente a las raíces de las plantas, maximizando el rendimiento y calidad del cultivo, a su vez minimizar la contaminación del medio ambiente (Shukla et al., 2018 pág. 1062).

En la Tabla 2-13 se enumeran las ventajas y desventajas del fertirriego.

**Tabla 2-13:** Ventajas y desventajas del fertirriego

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ahorro de agua porque se aplica donde se encuentra las raíces</li> <li>Máximo rendimiento del cultivo</li> <li>Riego eficiente</li> <li>No interviene el viento</li> <li>Los emisores distribuyen de manera uniforme el agua y los nutrientes</li> <li>Uso de aguas de mala calidad</li> <li>La nutrición va en conjunto con el agua de riego</li> <li>Apropiado para cultivos bajo túneles o en invernaderos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta inversión inicial</li> <li>Riesgo de estrés hídrico</li> <li>Mantenimiento del sistema de riego</li> <li>Riesgo de taponamiento de los emisores</li> <li>Lavado de suelos</li> <li>Problemas de enraizamiento es especies leñosas</li> <li>Salinización del bulbo húmedo</li> </ul>

**Fuente:** (Cadena, 2016, pp. 235-236)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 2.2.6. Calidad del agua de Riego

El agua es el recurso vital para la agricultura debido a que el 95% de la planta es agua, su calidad está determinada por la concentración total de sales solubles, sodio, elementos tóxicos, sólidos en suspensión y la dureza del agua que se determina mediante la concentración de bicarbonatos (Vasquez et al., 2017: pp. 255-256).

La Tabla 2-14 presenta la clasificación del agua de riego según la conductividad eléctrica (CE) y la cantidad de sodio presente.

**Tabla 2-14:** Calidad del agua de riego

Calidad según la CE	Calidad según Sodio
C1: Agua con 0-250 micromhos/cm, considerado como de baja salinidad, apto para agricultura.	S1: El valor de RAS es entre 0-10, bajo en sodio, apto para riego.
C2: Agua con 250-750 micromhos /cm, considerado como media en salinidad, apto para riego, recomendable realizar lavados.	S2: El valor de RAS es entre 10-18, medio en sodio, apto para riego en suelos de textura gruesa.
C3: Agua con 750-2250 micromhos /cm, alta salinidad, apto para suelos con buen drenaje y cultivos que toleran salinidad.	S3: El valor de RAS es mayor a 18, inadecuado para el riego, salvo cuando su CE sea baja o media.
C4: Agua con más de 2250 micromhos /cm, muy alta salinidad, no apto para riego	

**Fuente:** (Vasquez, et al., 2017: pp. 265-266)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 2.3. Soluciones nutritivas

La solución nutritiva en un sistema hidropónico es un medio acuoso que contiene los iones inorgánicos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por ello la composición de la solución nutritiva determina la CE (Conductividad Eléctrica) y el potencial osmótico como también el rendimiento y la calidad del cultivo (Trejo y Gómez, 2012: p. 2).

#### 2.3.1. Formulación de las soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas contienen elementos en las dosis adecuadas, presenta por lo menos tres macronutrientes en forma de cationes, cabe mencionar que es imposible lograr una solución nutricional perfecta para los diferentes estados fenológicos debido a que intervienen factores como la temperatura, humedad, intensidad de la luz, planta, variedades y estado fenológico (Arcos, 2013, p. 97).

Los fertilizantes que se vayan a emplear en la formulación de las soluciones nutritivas deben cumplir con las siguientes características: alta solubilidad ( $> 100$  g/L), alta pureza ( $> 95$  %), y baja salinidad y toxicidad (Intagri, 2016, p. 1).

Los parámetros que se deben considerar para preparar la solución nutritiva se detallan a continuación en la Tabla 2-15.

**Tabla 2-15:** Parámetros para la formulación de soluciones nutritivas

Parámetro	Característica
<b>pH</b>	Indica la relación de la concentración de iones de $H^+$ y $OH^-$ , es necesario ajustar de acuerdo con el cultivo, al cambiar el pH su composición se ve afectada.
<b>Conductividad Eléctrica</b>	Indica la concentración de iones de $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $K^+$ , $Na^+$ , $H^+$ , $NO^-$ , $SO_4$ , $Cl^-$ , $HCO_3$ y $OH^-$ , diferente para cada etapa del cultivo, el cual ejerce la presión osmótica en el suelo.
<b>Relación Aniones/Cationes</b>	La relación entre la cantidad total cationes y aniones es igual, gran parte de estos se pierde por lixiviación en un sistema abierto hasta un 60%.
<b>Temperatura</b>	Influye en la absorción del agua y los nutrientes, se conoce que a temperatura de $10^\circ C$ la absorción del $NO_3$ es mayor, se produce nuevas raíces, pero disminuye la absorción de agua.

Fuente: (Trejo y Gónzales, 2012: pp. 2-9)

Realizado por: (Paucar, Luis, 2023)

### 2.3.2. Compatibilidad de los fertilizantes

Según Intagri (2016, pp. 1-3), al preparar las soluciones madres se debe evitar las siguientes mezclas: cálcicos con sulfatados, debido a que forman precipitados de yeso, del mismo modo los cálcicos con fosfatados que forman precipitados de fosfato de calcio y por último los fosfatados con magnésicos que favorecen a precipitados de fosfato de magnesio (ver Ilustración 2-2)

FERTILIZANTES	Urea	Nitrato de Amonio	Sulfato de amonio	Nitrato de Calcio	Nitrato de magnesio	Fosfato monoamónico	Fosfato monopotásico	Nitrato de potasio	Sulfato de potasio	Cloruro de potasio	Ácido fosfórico	Ácido nítrico	Ácido sulfúrico	Sulfatos Fe, Cu, Mn, Zn	Quelatos
Nitrato de Amonio	c														
Sulfato de amonio	I	c													
Nitrato de Calcio	c	c	I												
Nitrato de magnesio	c	c	c	c											
Fosfato monoamónico	c	c	c	I	I										
Fosfato monopotásico	c	c	c	I	I	c									
Nitrato de potasio	c	c	R	c	c	c	c								
Sulfato de potasio	c	c	R	I	I	c	c	c							
Cloruro de potasio	c	c	c	I	c	c	c	c	R						
Ácido fosfórico	c	c	c	I	I	c	c	c	c	c					
Ácido nítrico	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c				
Ácido sulfúrico	c	c	c	I	I	c	c	c	R	c	c	c			
Sulfatos Fe, Cu, Mn, Zn	c	c	c	I	I	I	c	c	R	c	c	c	c	c	
Quelatos	c	c	c	R	R	R	c	c	c	c	R	I	c	c	
Sulfato de Magnesio	c	c	c	I	I	I	c	c	R	c	c	c	c	c	

C: Compatible, R: Se reduce la solubilidad, I: Incompatible.

**Ilustración 2-2:** Compatibilidad de los fertilizantes

**Fuente:** (Intagri, 2016 pág. 1)

### 2.3.3. Solución nutritiva para el cultivo fresa

La solución nutritiva se debe ajustar a un pH de 5,5 a 6 con una conductividad de 1 dS/m, si excede a 1,2 dS/m se recomienda realizar un lavado del sustrato, además para evitar cambios de la humedad del medio y composición de la solución nutritiva se recomienda realizar de 6 a 12 frecuencias de riego con a un total de 200 ml de agua/día (Infomedy, 2022, pp. 1-6).

En la Tabla 2-16 se indican los requerimientos nutricionales del cultivo de fresa para la etapa vegetativa y productiva.

**Tabla 2-16:** Requerimiento nutricional diario para el cultivo de fresa

	(ppm o mg/litro)										
Etapa	N	P2O5	K2O	CaO	Mg	SO4	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:** (Garces, 2022 pág. 29)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

## 2.4. Cultivo de fresa

### 2.4.1. Importancia del cultivo

El cultivo de fresas en Ecuador es considerado un cultivo rentable para grandes y medianos productores, ya que genera ingresos mensuales de USD 450 dólares por cada 1000 metros cuadrados, además su consumo y demanda es mayormente es en fresco, donde su mayor producción es en Pichincha con 400 hectáreas cultivadas (EL COMERCIO, 2011, párr. 3-4).

Su producción, consumo y popularidad van en constante crecimiento durante el siglo XXI debido a que se considera un alimento saludable y accesible y de fácil preparación, por ello se presenta un desafío para los agricultores poder satisfacer la demanda de forma sostenible y rentable (Simpson, 2018, p. 3-6).

### 2.4.2. Taxonomía y morfología

**Tabla 2-17:** Taxonomía de la fresa

<b>Reino</b>	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	<i>Fragaria</i>
Especie	<i>Fragaria x ananassa</i>

**Fuente:** (Flórez y Mora, 2010: p. 15)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

La fresa es una especie perenne hortícola herbácea, donde sus hojas, raíz, flores, entre otros se disponen en la parte leñosa de la corona amenera de roseta basal, además es definida como una especie leñosa y de vida corta (Flórez y Mora, 2010: p. 18).

En la Tabla 2-18 de detallan las características de los sistemas y órganos de la fresa.

**Tabla 2-18:** Sistemas y órganos de la fresa

<b>Sistema / Órgano</b>	<b>Característica</b>
Sistema Radicular	Fasciculada, la raíz primaria presenta cambium vascular y suberoso, las secundarias carecen del mismo y las raicillas presentan el proceso de renovación fisiológico.

Tallo	Constituido por una corona que presenta numerosas escamas foliares.
Hojas	Se insertan en la corona a manera de roseta, con peciolos largos y estipulas rojizas y su limbo dividido en tres foliolos pediculados con bordes aserrados.
Flor	Se desarrolla a partir de una yema terminal de la corona o a su vez de las yemas axilares, presenta de 5 a 6 pétalos de color blanquecino.
Fruto	De tipo eterio, donde el receptáculo contiene los aquenios y constituye la parte comestible, además surge del desarrollo y engrose posterior a la fecundación.
Estolones	Son tallos rastreros que brotan de la corona y dan lugar a una nueva planta.

**Fuente:** (ITSC, 2018, pp. 2-4)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### 2.4.2.1. *Etapas fenológicas*

La fresa tiene un ciclo de vida de 2 a 3 años, repitiéndose varias veces la etapa vegetativa, de producción y senescencia después de las podas parciales o totales que se realiza posterior a la cosecha de los racimos de fruta (ver Tabla 2-19).

**Tabla 2-19:** Etapas del cultivo de fresa

<b>Etapa</b>	<b>Fases</b>	<b>Característica</b>
<b>Vegetativa</b>	Brotación	Aparición de yemas principales
	Desarrollo de las hojas	Emergencia de las primeras hojas
	Desarrollo de las partes vegetativas cosechables	Aparición de los estolones
<b>Productiva</b>	Aparición del órgano floral	Primeras yemas florales
	floración	Apertura de la primera flor y caída de los pétalos
	Formación del fruto	Engrosamiento del receptáculo
	Maduración del fruto	Color rojizo del fruto
<b>Senescencia</b>	Senescencia	Inicio del reposo vegetativo
	Descomposición de las primeras hojas	Hojas amarillas, rojizas, marchitamiento y descomposición del pedúnculo.
	Secado de los pedúnculos de las frutas cosechadas	Marchitamiento de los pedúnculos de las frutas cosechadas

**Fuente:** (ITSC, 2018, pp. 4-5)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 2.4.3. Variedades

En Ecuador las variedades comúnmente cultivadas son Albión y Monterrey, ambos de día neutro, aceptados por el mercado local. (Ver Tabla 2-20)

**Tabla 2-20:** Variedades de fresa

Variedad	Característica
<b>Camino real</b>	Var. de día corto, muy productiva, buen sabor y tolerancia a patógenos, utilizada mayormente para la industrialización
<b>Albión</b>	Var. de día neutro, fruto de forma cónica, resistente a <i>Phytophthora</i> y <i>verticillum</i> , alto rendimiento y frutos brillantes de buen tamaño
<b>Monterrey</b>	Var. de día neutro, fruto rojo con una forma cónica, fruto más largo, pero menos firme que la var. Albión y resistente a <i>Phytophthora</i>
<b>San Andreas</b>	Var. de día neutro, similar al Albión en rendimiento, el calibre del fruto es mayor y su color es un rojo más claro que Albión,

Fuente: (Bolda et al., 2015: pp. 17-19)

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

Para su óptimo desarrollo, el cultivo de fresa requiere temperaturas en el día de 18 a 25 °C mientras que, por la noche de 8 a 13 °C, debido a que las temperaturas bajas inducen a la floración y producción de frutos, mientras que las temperaturas altas inducen desarrollo vegetativo y formación de hoja (Kessel, 2012, p. 34).

En la tabla 2-21 se detalla las condiciones edafoclimáticas que requiere el cultivo de fresa.

**Tabla 2-21:** Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de fresa

Condiciones	Características
<b>Altura sobre el nivel del mar óptimo</b>	1200 – 2600 m s. n. m.
<b>Temperatura</b>	Día entre: 18°C -25°C y Noche: 8°C – 13°C
<b>Humedad relativa</b>	60 % -75%
<b>Requerimiento hídrico</b>	400-600 mm/año
<b>Tipo de suelo</b>	Arenosos o franco arenoso cuyo contenido de arena sea superior al 50%
<b>pH</b>	5.7 – 6.5
<b>Luminosidad</b>	8-12 horas luz

Fuente: (Ávila, 2015 pág. 11)

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

#### 2.4.4. *Labores pre-culturales*

Las labores culturales dependen de factores como el lugar y el sistema que se vaya a emplear, a continuación, se detalla las labores culturales para un sistema de producción semihidropónico. (Ver Tabla 2-22)

**Tabla 2-22:** Labores culturales para el cultivo de fresa

<b>Actividad</b>	<b>Detalle</b>
<b>Preparación y delimitación del invernadero</b>	Limpieza del área, retirando escombros, materia vegetal, a su vez nivelar el suelo, y trazar el área de la construcción del invernadero
<b>Construcción de camas</b>	La infraestructura se deberá basar en un sistema suspendido, para lo cual será necesario de postes, cables de acero a manera de mesas a una altura de 1 metro.
<b>Colocación del sustrato en los contenedores</b>	Colocación del sustrato en los contenedores
<b>Instalación del sistema de riego</b>	Instalación de las tuberías, llaves de pasos y cintas de riego, este último colocado sobre los contenedores y la superficie del sustrato para evitar el taponamiento de los goteros.

**Fuente:** (Garce, 2022, pp. 23-26)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### 2.4.5. *Prácticas culturales*

En un cultivo semihidropónico de fresa se debe realizar monitoreos constantes del sistema de riego y las soluciones nutritivas, considerando las siguientes actividades que se detallan a continuación (ver Tabla 2-23).

**Tabla 2-23:** Prácticas culturales para el cultivo de fresa

<b>Monitoreo</b>	<b>Actividades</b>
<b>Riego</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se deberán realizar riegos cortos pero frecuentes para mantener la humedad.</li><li>• Procurar una alta frecuencia de riego y el uso de equipos automatizados</li></ul>
<b>Solución nutritiva</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Control del pH y la CE de la solución nutritiva</li><li>• El fertirriego debe ser suministrado con pulsos de riego de 2 a 3 min</li></ul>

**Fuente:** (Flórez y Mora, 2010: p. 78)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

Las podas de limpieza son otra de las prácticas culturales, para eliminar palillos y hojas muertas, además si existe un alto nivel de desarrollo de hojas, es necesario podarlas para inducir la floración, y en la etapa de estolonización los estolones deben ser removidos para evitar el retraso del desarrollo de la planta (Ávila, 2015, p. 22).

#### 2.4.6. Plagas y enfermedades

A continuación, en la Tabla 2-24 se detalla las plagas que se presentan comúnmente en el cultivo de fresa, sus características principales y su método de control:

**Tabla 2-24:** Plagas del cultivo de Fresa

Plaga	Característica	Control
<b>Chizas (<i>Phyllophaga spp</i>)</b>	Larvas de escarabajo, causan daño en la zona radicular y esto a su vez genera el ingreso de hongos patógenos	C. Biológico: aplicación de hongos benéficos <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metharhizium anisopliae</i> .
<b>Araña Roja (<i>Tetranychus urticae</i>)</b>	Acaro, que al alimentarse inyectan una saliva fitotóxica, provocando la deformación del tejido	C. Biológico: aplicación de <i>Neoseiulus californicus</i> y <i>N. cucumeris</i>
<b>Ácaro Blanco (<i>Steneotarsonemus pallidus</i>)</b>	Su ataque causa que las plantas tomen un aspecto achaparrado	C. Biológico: aplicación de hongos benéficos <i>Beauveria bassiana</i> C. orgánico: extracto de ají – ajo.
<b>Trips (<i>Frankliniella spp</i>)</b>	Insectos pequeños, alargados y de color amarillo, succionan el alimento de la hoja además ocasiona amarillamiento de las hojas y rapadura en la fruta.	C. Biológico: aplicación de hongos benéficos <i>Beauveria bassiana</i> C. orgánico: aceite de neem y jabón potásico C. químico: Deltrametrina; ds 200-250 ml/200L agua
<b>Mosca Blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)</b>	Se alimentan del tejido de las hojas, deteniendo el desarrollo de la planta y reduciendo la cantidad de azúcar en los frutos	C. Biológico: aplicación de sus depredadores naturales como las avispas del género <i>Encarsia</i> además hongos benéficos como <i>Beauveria bassiana</i>
<b>Trozador (<i>Spodoptera sp</i>)</b>	Atacan a manera de mordeduras al cuello, brotes y cuerpos fructífero como flores y fruto.	C. químico: Carbofuran, Terbufos, Teflutrina y Clorpirifos

<b>Pulgón</b> ( <i>Chaetosiphon fragaefolii</i> )	Al alimentarse de la planta, segregan melaza la cual mancha a los frutos y a las hojas	C. Biológico: aplicación de hongos benéficos <i>Beauveria bassiana</i>
<b>Mosca de fruta</b>	Ataca principalmente a los frutos maduros, depositando sus huevos en el fruto	C. cultural: eliminar la fruta podrida y madura

**Fuente:** (Martín et al., 2019: pp. 27-31)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

Por otro lado, en la tabla 2-25 se detalla las enfermedades que se encuentra comúnmente en el cultivo de fresa, sus características principales y su método de control:

**Tabla 2-25:** Enfermedades del cultivo de fresa

<b>Plaga</b>	<b>Característica</b>	<b>Control</b>
<b>Pudrición del fruto</b> ( <i>Botrytis cinerea</i> )	Causado por un hongo, en condiciones de alta humedad, aparecen a manera de mancha de color gris	C. Cultural: Eliminación de rastrojos y de hojas senescentes, flores y frutos afectados C. Químico: Carbezamin; ds: 20ml/20l
<b>Podredumbre de la corona</b> ( <i>Phytophthora cactorum</i> )	Causado por un hongo, ocasionando el marchitamiento de la planta	C. Químico: Fosetilo-alumino 80% ; ds:3-5 Kg/ha
<b>Viruela</b> ( <i>Mycosphaerella fragariae</i> )	Causado por un hongo, parece en el en vez de las hojas a manera de manchas rojizas, ocasionando necrosis	C. Químico: Mancozeb; ds 300 g/100L de agua
<b>Antracnosis</b> ( <i>Colletotrichum sp</i> )	Causado por un hongo, a manera de manchas oscuras llega a producir la muerte del tejido, favorecida en humedades altas.	C. Cultural: Eliminación de las estolones y plantas afectadas C. Químico: Oxiclورو de cobre 1,8 – 3 3 Kg/ha
<b>Mancha Angular</b> ( <i>Xanthomonas sp</i> )	Causado por una bacteria, aparece a manera de manchas en el envés de la hoja.	C. Químico: sales de cobre, ya sean sulfatos, oxiclورuros o hidróxidos
<b>Oidium</b> ( <i>Podosphaera aphanis</i> )	Causado por un hongo, se presenta a manera de polvillo blanco, ataca a hojas, estolones, flores y frutos	C. Químico: Miclobutanil 12,5%; ds:0,04-0,06%

**Fuentes:** (Martín et al., 2019: pp. 32-39)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### 2.4.7. Cosecha

Las cosechas se deben realizar en la primera hora de la mañana de forma manual, para ello se debe tomar por el pedúnculo por debajo del cáliz, por lo general el fruto debe tener un índice de maduración comercial del 75% para ser cosechado (Ávila, 2015, p. 32).

En la tabla 2-26 se menciona la diferencia entre la madurez fisiológica y la madurez comercial de los frutos.

**Tabla 2-26:** Diferencia entre la madurez fisiológica y comercial

<b>Índice madurez</b>	<b>Característica</b>
<b>Madurez fisiológica</b>	Desarrollo total del fruto, alcanza el tamaño máximo para iniciar con su coloración.
<b>Madurez comercial</b>	La coloración y firmeza del fruto que exige el mercado para su consumo.

**Fuentes:** (Londoño, 2008, p. 198)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Características del lugar

##### 3.1.1. Localización

La ubicación del trabajo de investigación se ejecutó en los invernaderos ubicados en la Estación Experimental Tunshi, CER – ESPOCH, de la parroquia Licto, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

Longitud: 79° 40' Oeste y 0,1° 65' Sur.

Altitud sobre el nivel del mar: 2750 m s. n. m.

#### 3.2. Materiales y equipo

##### 3.2.1. Materiales de campo

- Invernadero
- Estructura de madera a manera camas de 1 m de alto.
- Baldes
- Cinta métrica
- Bandejas para sustrato de 9 L
- Cinta de riego de 1,05 L/H con gotero a 0,10 m de separación.
- 2 tanques de 150 L para fertirriego.

##### 3.2.2. Equipos

- Bomba de mochil de 20 L
- 2 bombas sumergibles 2500 l/h
- Refractómetro manual Brix
- Balanza digital
- Medidor Hanna combo pH/EC/TDS

### 3.2.3. *Insumo*

- Plantas de fresa: Var. Albión y Var. Monterrey.
- Fertilizantes de la línea Hakaphos y Haifa.
- Sustrato: cascarilla de arroz, fibra de Coco y corteza de pino en una proporción 40:30:30 respectivamente.

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. *Diseño experimental*

Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) bifactorial con arreglo de parcela dividida, con cuatro repeticiones.

#### 3.3.2. *Factores de estudio*

Los factores que se estudiaron fueron: dos variedades de fresa y dos fertilizantes.

#### 3.3.3. *Tratamiento en estudio*

##### 3.3.3.1. *Factor A: Fertilizante (Parcela Grande)*

A1: Fertilizante Hakaphos (A1)

A2: Fertilizante Haifa (A2)

##### 3.3.3.2. *Factor B: variedades (Subparcela)*

B1: Var. Albión (B1)

B2: Var. Monterrey (B2)

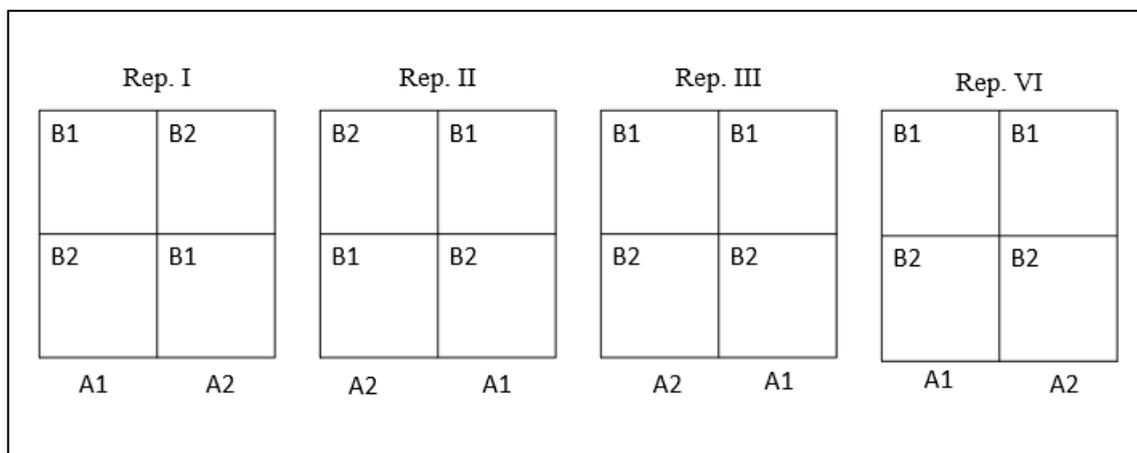
**Tabla 3-1:** Tratamientos del ensayo

Tratamientos	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
T1	A1B1	Hakaphos* Albión
T2	A1B2	Hakaphos* Monterrey
T3	A2B1	Haifa * Albión
T4	A2B2	Haifa * Monterrey

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

### 3.3.4. Croquis de la distribución de las unidades experimentales

A continuación, se presenta el diseño de la distribución (ver Ilustración 3-1)



**Ilustración 3-1:** Distribución de las unidades experimentales

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

### 3.3.5. Especificaciones del campo experimental

**Tabla 3-2:** Campo experimental

ESPECIFICACIONES	DETALLE
Tratamientos	4
Numero de repeticiones	4
Número de bloques	4
Número de unidades experimentales	16
Área de investigación	
Forma	Rectangular
Área total	140 m <sup>2</sup> (14 de largo * 10 de ancho)
Área de producción	100 m <sup>2</sup> (10 de largo * 10 de ancho)
Número de líneas	16
Distancia entre líneas	8
Camino	0,6 m
Contenedores por línea	23
Macetas totales	368
Sustrato	9 litros/maceta
Densidad de trasplante	
Método de siembra	3 bolillos
Distancia de siembra	15 cm
Número de plantas Albión	640

<b>Número de plantas Monterrey</b>	640
<b>Número de plantas a evaluarse por tratamiento</b>	10
<b>Número total de plantas a evaluarse</b>	160
<b>Plantas totales</b>	1280

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

### 3.3.6. Esquema de análisis de varianza

El Esquema que se empleó en el análisis de varianza (ADEVA), para un DBCA bifactorial con arreglo de parcela dividida se presenta a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 3-3:** Esquema del análisis de varianza

<b>Fuente de varianza (FV)</b>	<b>Formula</b>	<b>Grados de libertad (gl)</b>
Total	$(A*b*r)-1$	15
Bloque	$(r-1)$	3
Factor A (Fertilizante)	$(a-1)$	1
Error A	$(a-1)(r-1)$	3
Factor B (Variedad)	$(b-1)$	1
A*B	$(a-1) * (b-1)$	1
Error B	$a(a-1)*(b-1)$	2

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

### 3.3.7. Análisis funcional

- Se utilizó la prueba de Tukey al 5% cuando existió diferencias significativas entre los tratamientos.
- El análisis económico se determinó mediante la relación B/C

## 3.4. Métodos de evaluación y datos registrados

Se analizó y evaluó 10 plantas de cada tratamiento las siguientes variables: porcentaje de prendimiento, días a la primera flor, vigorosidad, CE antes y después del fertirriego y riego, firmeza, rendimiento por categoría, días mostrador, sólidos solubles, rendimiento g/planta, y análisis económico.

### 3.4.1. *Porcentaje de prendimiento*

Se evaluó el número de plantas prendidas a los 15 días después del trasplante. Para ello se consideró plantas prendidas aquellas que presentaron una coloración verde de la corona y la presencia de primeras hojas. El porcentaje se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{prendimiento} = \frac{\text{Numero de plantas prendidas}}{\text{Numero de plantas transplantadas}} * 100$$



**Ilustración 3-2:** Estado de la planta enraizada a los 15 DDT.

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

### 3.4.2. *CE después del fertirriego y riego*

Se midió con la ayuda de un conductímetro, la CE de la solución nutritiva antes y después del fertirriego, del mismo modo se midió la CE del agua antes y después del riego. Los datos se obtuvieron de la primera aplicación del fertirriego y riego del día.

### 3.4.3. *Días a la primera flor*

Se eliminó las flores prematuras originadas por la acumulación de horas fríos, durante la importación de estas. Posterior a esto, se contabilizó los días transcurridos desde el trasplante hasta que el 75% de las plantas alcanzó el estado de primera flor. Para ello, se evaluó visualmente la aparición de la primera flor abierta.



**Ilustración 3-3:** Estado de primera flor

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### 3.4.4. Vigorosis

Se determinó la vigorosidad de la planta, mediante la observación, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

**Tabla 3-4:** Escala de valoración de la vigorosidad

Puntaje	Característica	Imagen
1	Nada vigoroso, sus hojas presentaran una coloración verde cartuja, sin brillo, amarillas y pálidas.	
2	Poco vigoroso, sus hojas presentaran una coloración verde lima	
3	Vigoroso, sus hojas presentaran una coloración verde claro	
4	Muy vigoroso, sus hojas presentaran una coloración verde oscuro	

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 3.4.5. Firmeza

Se determinó la firmeza del fruto mediante un penetrómetro. Para ello fueron evaluadas las frutas con un estado de madurez comercial del 75%.



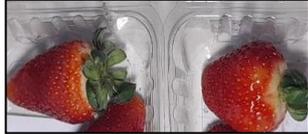
**Ilustración 3-4:** Penetrómetro

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 3.4.6. Días mostrador

Se determinó el tiempo que duró la etapa “A” antes de llegar a la etapa “B”. Los días mostrados se obtuvieron del promedio entre el tiempo de duración al ambiente y a 10°C, mediante el tacto y la observación. Para ello, se evaluó frutos con una madurez comercial del 75%, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

**Tabla 3-5:** Parámetro para la evaluación del día mostrador

Etapa	Característica	Imagen
A	Frutos firmes o con ligero ablandamiento, no presenta marchitamiento ni presencia de hongos y poseen brillo, considerado como apto para el consumo.	
B	El fruto presenta ablandamiento, sin brillo y opaco, aparecimiento de hongos y considerado no apto para el consumo	

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 3.4.7. Sólidos solubles

Se determinó el contenido de sólidos solubles de los frutos que alcanzaron una madurez comercial del 75%, mediante el uso de un refractómetro manual.



**Ilustración 3-5:** Refractómetro manual

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 3.4.8. Rendimiento

Se obtuvo el rendimiento total en kg/ha para lo cual se cosecharon los frutos que presentaron una madurez comercial del 75%. Se pesó los frutos de cada tratamiento, considerando el área de cada tratamiento, cada cama tuvo un ancho de 70 cm el cual conto con dos hileras (Tratamientos), además las camas estuvieron separadas por un camino de 60 cm.

Posterior se clasificó los frutos en Primera Categoría (C I), Segunda Categoría (C II), Tercera Categoría (C III) y Cuarta Categoría (C IV), además se determinó el rendimiento g/planta, que se obtuvo del peso total de los frutos divididos por el número de plantas.

La categorización del fruto se realizó de acuerdo con los criterios establecidos por los productores de fresa que comercializan su producto en el Mercado Mayorista de la ciudad de Riobamba.

**Tabla 3-6:** Categorización de los frutos según su peso

Categoría	Peso (gramos)
Primera	$\geq 34$
Segunda	28-33
Tercera	19-27
Cuarta	$\leq 18$

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### **3.4.9. Análisis económico**

El análisis económico se realizó mediante la relación beneficio/costo de cada uno de los tratamientos.

## **3.5. Manejo de la investigación**

### **3.5.1. Labores pre-culturales**

#### **3.5.1.1. Preparación de las estructuras de las camas**

Se reutilizó el sustrato del anterior ciclo de producción, para ello se retiraron todas las plantas de la anterior plantación. Para evitar el pando y tener un riego uniforme, se ajustaron los cables de acero que actúan como estructura.



**Ilustración 3-6:** Reutilización del sustrato

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### **3.5.1.2. Hidratación del sustrato**

Con dos semanas de anterioridad al día del trasplante, a través del sistema de riego instalado y programado, se entregó riegos cortos de 2 min con una frecuencia 4 pulsos /días. Para ayudar a hidrata el sustrato de mejor manera se regó con una pistola de riego.



**Ilustración 3-7:** Hidratación del sustrato

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 3.5.2. *Labores culturales*

#### 3.5.2.1. *Trasplante*

El trasplante se realizó cortando el exceso de la raíz, dejando únicamente 0,5 m de longitud. Posteriormente se sumergió en una solución de Carboxin + Thiram (Vitavax 200) y enraizador (Más raíz; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20% p/v) por un lapso de cinco minutos.

Se colocó 3 plantas por cada bandeja, asegurándose que las raíces queden de manera vertical bien ancladas al sustrato. Posterior al trasplante a los 1, 5 y 9 DDT se realizó el drench con el enraizante Raizer.



**Ilustración 3-8:** Trasplante de plántulas de fresa

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 3.5.2.2. Fertirriego

Mediante el fertirriego se entregaron las necesidades nutricionales del cultivo, de acuerdo con las recomendaciones realizadas por la Agrícola Llahuen. La preparación de la solución nutritiva se realizó tomando en cuenta el análisis del agua del riego a emplear.

Según lo expuesto por el Departamento Técnico Agrícola Llahuen; citado en Garcés (2015, p.29) menciona el siguiente requerimiento nutricional para el cultivo de fresa.

**Tabla 3-7:** Requerimiento nutricional para el cultivo de fresa semihidropónico

	(ppm o mg/litro)										
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, 2022 pág. 29)

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

El sistema de riego del área de investigación se caracterizó por los siguientes aspectos:

**Tabla 3-8:** Características del área de investigación

Datos	Unidad
Longitud de la hilera	10 m
Hilera por variedad	8
Número de variedades	2
Hileras totales	16
Plantas por variedad	480 var. Albion – 480 var. Momterrey
Plantas totales	960
Distancia de los emisores (goteros)	10 cm
Emisores por variedad	800 goteros
Emisores totales	1600 goteros
Caudal	1,05 L/h
Requerimiento hídrico planta/Día	150 ml/día
Eficiencia del riego por goteo	90%

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

El invernadero contó con un sistema de riego programado para fresa con las siguientes características (ver Tabla 3-9).

**Tabla 3-9:** Tiempos del riego automático

Número de riegos	Tiempo de riego (min)	Hora	Volumen (Litros)
Primero	2	9:00 am	15
Segundo	2	11:00 am	15
Tercero	2	1:00 pm	15
Cuarto	2	3:00 pm	15
Total	8 min/día		120 L/día

Fuente: (Garces, 2022, p. 29)

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

Los rangos de CE y pH empelados para el cultivo de fresa según la etapa fenológica fueron los siguientes:

**Tabla 3-10:** CE y pH de la solución nutritiva para el cultivo fresa

Etapa	CE (ms/cm)	pH
Vegetativa	0,8-1,0	5,5-6,5
Productiva	1,2-1,4	5,5-6,5

Fuente: (Garces, 2022, p. 31)

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

Se calculó y se determinó la solución madre para 5 días diluido en 5 litros de agua, de acuerdo con el requerimiento nutricional del cultivo y las concentraciones de los fertilizantes Hakaphos y Haifa.

De los 5 litros de la solución madre se colocó 1 litro de la misma en un tanque de 120 litros más 20 ml de ácido fosfórico con el fin de disminuir el pH de la solución nutritiva de 7,5 a 5,5

**Tabla 3-11:** Solución madre para la etapa vegetativa empleando fertilizantes Hakaphos

Fertilizante	Gramos/5 L	Compatibilidad
Nitrato de calcio	252	A
Hakaphos base 7-12-40	328	B
Hakaphos verde 15-10-15	117	B

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

**Tabla 3-12:** Solución madre para la etapa vegetativa empleando fertilizantes Haifa

Fertilizante	Gramos/5 L	Compatibilidad
Nitrato de calcio	252	A
Haifa Magnisal (Nitrato de magnesio)	110	B
Haifa Polifet 12-5-40	280	B
Haifa MAP (fosfato monoamónico)	50	C

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

**Tabla 3-13:** Solución madre para la etapa productiva empleando fertilizantes Hakaphos

<b>Fertilizante</b>	<b>Gramos/5 L</b>	<b>Compatibilidad</b>
Nitrato de calcio	280	A
Hakaphos base 7-12-40	350	B
Sulfato de magnesio	140	B

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

**Tabla 3-14:** Solución madre para la etapa productiva empleando fertilizantes Haifa

<b>Fertilizante</b>	<b>Gramos/5 L</b>	<b>Compatibilidad</b>
Nitrato de calcio	280	A
Haifa Magnisal (Nitrato de magnesio)	70	B
Haifa Polifet 12-5-40	350	B
Sulfato de magnesio	40	B
Haifa MAP (Fosfato monoamónico)	30	C

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 3.5.2.3. Podas

En la Tabla 3-15 se presenta una descripción técnica de las 4 podas que se realizaron en el cultivo, según la etapa fenológica del cultivo.

**Tabla 3-15:** Podas del cultivo de fresa

<b>Etapa</b>	<b>Labor</b>
Vegetativa	Se cortaron las flores prematuras generadas por la acumulación de horas frío durante la importación de estas, con la finalidad de optimizar la energía de la planta en el desarrollo radicular.
Estolonización	Se cortaron todos los estolones, con la finalidad de que la planta continúe su desarrollo.
Producción	Se realizó dos podas: la primera poda fue parcial, donde se eliminó los pedúnculos (palillos) de los frutos cosechados, cada mes; y, la segunda poda fue total para mantener la sanidad de las plantas, donde se eliminó las hojas secas, marchitas y estropeadas, cada dos meses, con el fin de evitar focos de plagas y enfermedades.

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 3.5.2.4. Control de plagas y enfermedades

Se inició colocando trampas cromáticas de color amarillo y azul para el control de mosca blanca y trips.



**Ilustración 3-9:** Colocación de trampas cromáticas

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

Para el control de *Oídium sp.* Se aplicó violeta de genciana. Para el control de pulgón y mosca blanca se aplicaron jabón potásico y aceite de neem, extracto de ajo y ají o el producto cochibiol. A continuación, se muestra una tabla con los productos aplicados y su frecuencia (Ver Tabla 3-16).

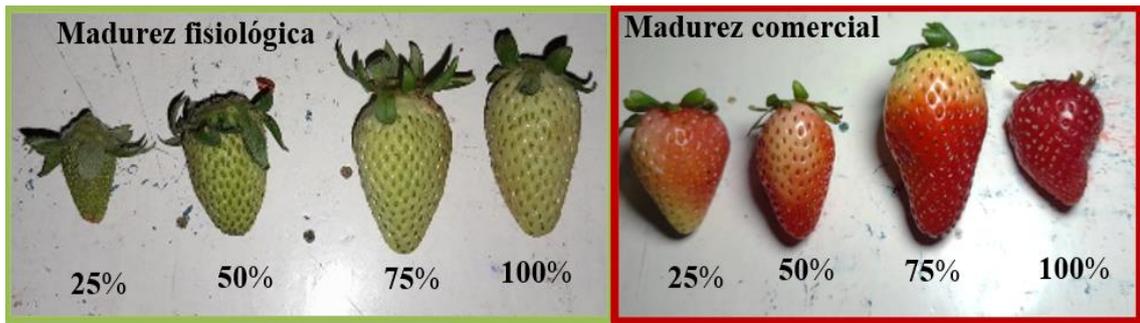
**Tabla 3-16:** Productos empleados para el control de plagas y enfermedades.

Producto	Frecuencia
Jabón potásico	Cada 2 semanas
Aceite de neem	Cada 2 semana
Cochibiol	Cada 2 semanas
Violeta de Genciana	1 vez a la semana
Extracto de Ají y ajo	Cada 2 semanas

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

### 3.5.3. Cosecha

Las cosechas se realizaron dos veces por semana, se cosecharon las frutas por cada tratamiento y posteriormente se clasificaron, cabe mencionar que los frutos cosechados presentaron una madurez comercial del 75% (ver Ilustración 3-11).



**Ilustración 3-10:** Madurez fisiológica y comercial de la fresa

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.



**Ilustración 3-11:** Cosecha de fresas con el 75% de madurez.

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Análisis e interpretación de resultados

##### 4.1.1. Rendimiento

##### 4.1.1.1. Rendimiento total kg/ha

En el rendimiento total se cosecharon los frutos que tuvieron una maduración comercial mínima del 75%. La cosecha correspondió a la cosecha de la primera flor que tuvo una duración aproximada de 2 meses. Se observó en la Tabla 4-1 que el factor A, relacionado con los diferentes tratamientos de fertilización, mostró un valor altamente significativo (p-valor = 0,005), lo que indica una influencia significativa de los fertilizantes en el rendimiento total de los frutos.

Del mismo modo, el factor B, que está relacionado con las distintas variedades de fruta, exhibió un valor altamente significativo (p-valor < 0,0001), lo que sugiere que las variedades ejercieron un impacto significativo en el rendimiento total.

**Tabla 4-1:** Análisis del rendimiento total kg/ha

FV	GL	p-valor	Significancia
Bloque	3	0,1495	ns
Factor A (Fertilizante)	1	0,005	**
Error A	3	0,5871	ns
Factor B (Variedad)	1	<0,0001	**
A*B	1	0,3361	ns
Error B	2		
Total	12		

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-2, según el fertilizante (Factor A), se observó que el fertilizante con mayor kg/ha fue Hakaphos con 8 238,09 kg/ha seguido del fertilizante Haifa con 8 282,75 kg/ha.

**Tabla 4-2:** Rendimiento total kg/ha según el fertilizante.

Fertilizante	Código	Media	Grupo
Hakaphos	A1	8 238,09	A
Haifa	A2	7 239,59	B

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-3, según la variedad (Factor B), se observó que la variedad con mayor kg/ha fue Monterrey con 8 696,44 kg/ha seguido de la variedad Albión con 6 781,24 kg/ha.

**Tabla 4-3:** Rendimiento total kg/ha según la variedad

Variedad	Código	Media	Grupo
Monterrey	B2	8 696,44	A
Albión	B1	6 781,24	B

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.1.2. Rendimiento primera categoría (kg/ha)

Los resultados obtenidos presentaron el rendimiento de los frutos que fueron superior a 34 g clasificados como primera categoría. De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 4-4, se observó que el factor A, relacionado con los distintos tratamientos de fertilización, mostró alta significancia (p-valor = 0,0004), lo que indica que los fertilizantes tuvieron un impacto significativo en el rendimiento de frutos.

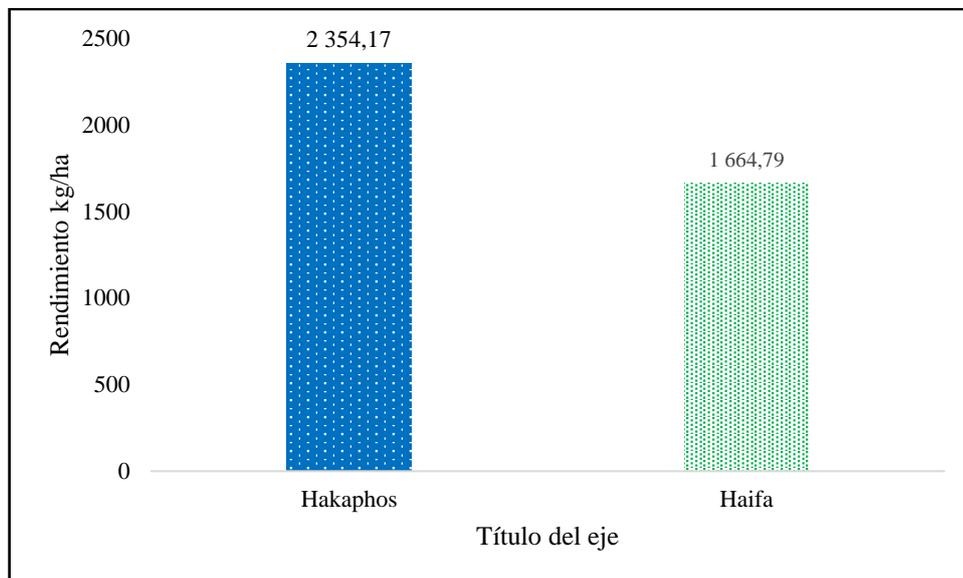
Por otro lado, el factor B y la interacción entre ambos factores no mostraron diferencias significativas en el rendimiento de estos frutos, ya que sus valores de p fueron mayores a 0,05.

**Tabla 4-4:** Análisis de varianza del rendimiento de primera categoría

FV	gl	CM	p-valor	Significancia
Bloque	3	17990,69	0,1086	ns
Factor A (Fertilizante)	1	1900958,46	0,0004	**
Error A	3	5666,5	0,4594	ns
Factor B (Variedad)	1	28819,31	0,0662	ns
A*B	1	18709,45	0,121	ns
Error B	2	5738,14		
Total	12			

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

En la Ilustración 4-1, se observó que el fertilizante con mayor kg/ha de frutos de primera categoría fue con Hakaphos con 2 354,17 kg/ha de los tratamientos T1 y T2.



**Ilustración 4-1:** Rendimiento kg/ha correspondiente a la primera categoría

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.1.3. Rendimiento Segunda categoría (kg/ha)

El rendimiento de los frutos pertenecientes a la segunda categoría, se caracterizaron por un peso en el rango de 28 g a 33 g. Se observó en la Tabla 4-5 que el factor A, relacionado con los diferentes tratamientos de fertilización, mostró un valor altamente significativo ( $p$ -valor = 0,0042), lo que indica una influencia notable de los fertilizantes en el rendimiento de los frutos.

Del mismo modo, el factor B, que se relaciona con las variedades, exhibió diferencias altamente significativas ( $p$ -valor < 0,0001), lo que sugiere que las variedades influyeron significativamente en el rendimiento de frutos.

Sin embargo, al analizar la interacción entre estos dos factores, no se encontró diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor = 0,4988). Esto indicó que la combinación de diferentes tratamientos de fertilización con las variedades no tuvo un impacto diferente en el rendimiento.

**Tabla 4-5:** Análisis de varianza del rendimiento de segunda categoría

<b>FV</b>	<b>Gl</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Bloque	3	0,1655	ns
Factor A (Fertilizante)	1	0,0042	**
Error A	3	0,6106	ns
Factor B (Variedad)	1	<0,0001	**
A*B	1	0,4988	ns
Error B	2		
Total	12		

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-6, según el fertilizante, se observó que el fertilizante con mayor kg/ha de fruta de segunda categoría fue Hakaphos con 2 131,24 kg/ha seguido del fertilizante Haifa con 1 841,19 kg/ha.

**Tabla 4-6:** Rendimiento kg/ha correspondiente a la segunda categoría según el fertilizante

<b>Fertilizante</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
Hakaphos	A1	2 131,24	A
Haifa	A2	1 841,19	B

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-7, según la variedad, se observó que la variedad con mayor kg/ha de frutos de segunda categoría fue Monterrey con 2 480,55 kg/ha seguido de la variedad Albión con 1 491,81 kg/ha.

**Tabla 4-7:** Rendimiento kg/ha correspondiente a la segunda categoría según la variedad

<b>Variedad</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
Monterrey	B2	2 480,55	A
Albión	B1	1 491,87	B

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.1.4. Rendimiento tercera categoría (kg/ha)

Los frutos clasificados en la tercera categoría, con un peso que oscila entre 19 g y 27 g, se analizó en la Tabla 4-8 que el factor A, relacionado con los diferentes tratamientos de fertilización, mostró diferencia significativa (p-valor = 0,0141), lo que sugiere una influencia considerable de los fertilizantes en el rendimiento de los frutos.

En el factor B, asociado a las diversas variedades de fruta, también exhibió un alto valor significativo (p-valor < 0,0001), indicando que las variedades ejercieron una influencia significativa en el rendimiento.

Por otro lado, al analizar la interacción entre estos dos factores, no se encontró diferencias altamente significativas (p-valor = 0,8448). Esto sugiere que la combinación de diferentes tratamientos de fertilización con las variedades no influyó en el rendimiento.

**Tabla 4-8:** Análisis de varianza del rendimiento de tercera categoría

FV	GL	p-valor	Significancia
Bloque	3	0,2059	ns
Factor A (Fertilizante)	1	0,0141	**
Error A	3	0,7048	ns
Factor B (Variedad)	1	<0,0001	**
A*B	1	0,8448	ns
Error B	2		
Total	12		

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-9, según el fertilizante, se observó que el fertilizante con mayor kg/ha de frutos de tercera categoría fue Haifa con 2 451,65 kg/ha seguido del fertilizante Hakaphos con 2 239,78 kg/ha.

**Tabla 4-9:** Rendimiento kg/ha correspondiente a la tercera categoría según el fertilizante

Fertilizante	Código	Media	Grupo
Haifa	A2	2 451,65	A
Hakaphos	A1	2 239,78	B

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-10, según la variedad, se observó que la variedad con mayor kg/ha de frutos de tercera categoría fue Monterrey con 3 118,30 kg/ha seguido de la variedad Albión con 1 573,13 kg/ha.

**Tabla 4-10:** Rendimiento kg/ha correspondiente a la tercera categoría según la variedad

Variedad	Código	Media	Grupo
Monterrey	B2	3 118,30	A
Albión	B1	1 573,13	B

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.1.5. Rendimiento cuarta categoría (kg/ha)

Los resultados obtenidos mostraron el rendimiento de los frutos clasificados en la cuarta categoría, caracterizados por tener un peso inferior a 18 g.

De acuerdo con los datos de la Tabla 4-11, se observó que factor A, relacionado con los diferentes tratamientos de fertilización, obtuvo una alta significancia (p-valor = 0,0021), lo que indica una influencia notable de los fertilizantes en el rendimiento de los frutos. De igual manera, el factor B, que se refiere a las distintas variedades, exhibió un valor altamente significativo (p-valor < 0,0001), lo que sugiere que las variedades tuvieron un impacto significativo en el rendimiento de frutos.

Por último, la interacción entre estos dos factores también fue estadísticamente significativa (p-valor = 0,003), indicando que tanto los fertilizantes como las variedades influyeron de manera conjunta en el rendimiento de estos frutos.

Los resultados obtenidos destacaron la influencia significativa de los fertilizantes, las variedades y la interacción entre ambos factores en el rendimiento de los frutos.

**Tabla 4-11:** Análisis de varianza del rendimiento correspondiente a la cuarta categoría

FV	GL	p-valor	Significancia
Bloque	3	0,1221	ns
Factor A (Fertilizante)	1	0,002	**
Error A	3	0,5534	ns
Factor B (Variedad)	1	<0,0001	**
A*B	1	0,003	**
Error B	2		
Total	12		

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-12, según el fertilizante, se observó que el fertilizante con mayor kg/ha de frutos de cuarta categoría fue Hakaphos con 1 512,92 kg/ha seguido del fertilizante Haifa con 1 281,95 kg/ha.

**Tabla 4-12:** Rendimiento kg/ha correspondiente a la cuarta categoría según el fertilizante

Fertilizante	Código	Media	Grupo
Hakaphos	A1	1 512,92	A
Haifa	A2	1 281,95	B

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-13, según la variedad, se observó que la variedad con mayor kg/ha de frutos de cuarta categoría fue Albión con 1 664,33 kg/ha seguido de la variedad Monterrey con 1 130,54 kg/ha.

**Tabla 4-13:** Rendimiento kg/ha correspondiente a la cuarta categoría según la variedad

Variedad	Código	Media	Grupo
Albión	B1	1 664,33	A
Monterrey	B2	1 130,54	B

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.1.6. Rendimiento g/planta

De manera similar al rendimiento total, se obtuvo el rendimiento g/planta dividiendo el rendimiento total entre el número de plantas por tratamiento. Se observó en la Tabla 4-9 que el factor A, relacionado con los diferentes tratamientos de fertilización, presentó un valor altamente significativo (valor  $p = 0,0053$ ).

Del mismo modo el factor B, mostró un valor altamente significativo ( $p$ -valor  $< 0,0001$ ) y al analizar la interacción entre estos dos factores, no se encontró diferencias significativas ( $p$ -valor = 0,3199) en cuanto al rendimiento por planta. Esto indicó que los fertilizantes y las variedades no influyeron sustancialmente diferente en el rendimiento por planta en comparación con los tratamientos de fertilización individuales y las variedades por separado.

**Tabla 4-14:** Análisis de varianza del rendimiento g/planta

FV	GL	p-valor	Significancia
Bloque	3	0,1500	ns
Factor A (Fertilizante)	1	0,0053	**
Error A	3	0,5888	ns
Factor B (Variedad)	1	<0,0001	**
A*B	1	0,3199	ns
Error B	2		
Total	12		

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-15, según el fertilizante, se observó que el fertilizante con mayor g/planta fue Hakaphos con 115,34 kg/ha seguido del fertilizante Haifa con 101,36 g/planta.

**Tabla 4-15:** Rendimiento g/planta según el fertilizante

Fertilizante	Código	Media	Grupo
Hakaphos	A1	115,34	A
Haifa	A2	101,36	B

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-16, según la variedad, se observó que la variedad con mayor g/planta fue Monterrey con 121,75 g/planta seguido de la variedad Albión con 94,95 g/planta.

**Tabla 4-16:** Rendimiento g/planta según la variedad

Variedad	Código	Media	Grupo
Monterrey	B2	121,75	A
Albión	B1	94,95	B

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.2. *Porcentaje de prendimiento*

El porcentaje de prendimiento de las plantas se determinó a los 15 días después del trasplante (DDT). El análisis de varianza no se realizó debido a que la aplicación de las soluciones nutritivas se realizó a partir de los 15 DDT. Por lo tanto, se evaluó el porcentaje de prendimiento de cada variedad independientemente del fertilizante utilizado. Se determinó que, en ambas variedades, existió un 100% de prendimiento, independientemente del fertilizante.

#### 4.1.3. *Días a la primera Flor*

Los resultados obtenidos revelaron el número de días que la planta requirió para alcanzar la fase de primera flor (DDT). Cabe mencionar que en todos los tratamientos se cortó la flor prematura, debido a las horas frío acumulado durante la importación.

Conforme a los datos de la Tabla 4-17, el factor A, relacionado con los fertilizantes, demostró un valor altamente significativo (p-valor = 0,0062). Mientras que, el factor B, relacionado con las variedades de planta, exhibió diferencia significancia (p-valor = 0,012), indicando su influencia en el tiempo necesario para la primera flor DDT.

No obstante, al analizar la interacción entre estos dos factores, no se observó diferencias significativas ( $p$ -valor = 0,8733) en cuanto a los días requeridos para la primera flor DDT. Esto sugiere que la combinación de diferentes tipos de fertilizantes con variedades específicas no tiene un impacto distinto en el tiempo necesario para alcanzar esta etapa en comparación con los tratamientos individuales de fertilización y las variedades por separado.

**Tabla 4-17:** Análisis de varianza para los días a la primera flor.

FV	Gl	p-valor	Significancia
Bloque	3	0,198	ns
Factor A (Fertilizante)	1	0,0062	**
Error A	3	0,7036	ns
Factor B (Variedad)	1	0,012	*
A*B	1	0,8733	ns
Error B	2		
Total	15		

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-18, según el fertilizante, se observó que el fertilizante que tardo menos días en alcanzar la etapa de primera flor fue Hakaphos en 151 días, seguido del fertilizante Haifa con 158 días.

**Tabla 4-18:** Días a la primera flor según el fertilizante

Fertilizante	Código	Media	Grupo
Hakaphos	A1	151	A
Haifa	A2	158	B

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-19, según la variedad, se observó que la variedad que tardo menos días en alcanzar la etapa de primera flor fue Albión en 150,88 días, seguido de la variedad Monterrey con 158,37 días.

**Tabla 4-19:** Días a la primera flor según la variedad

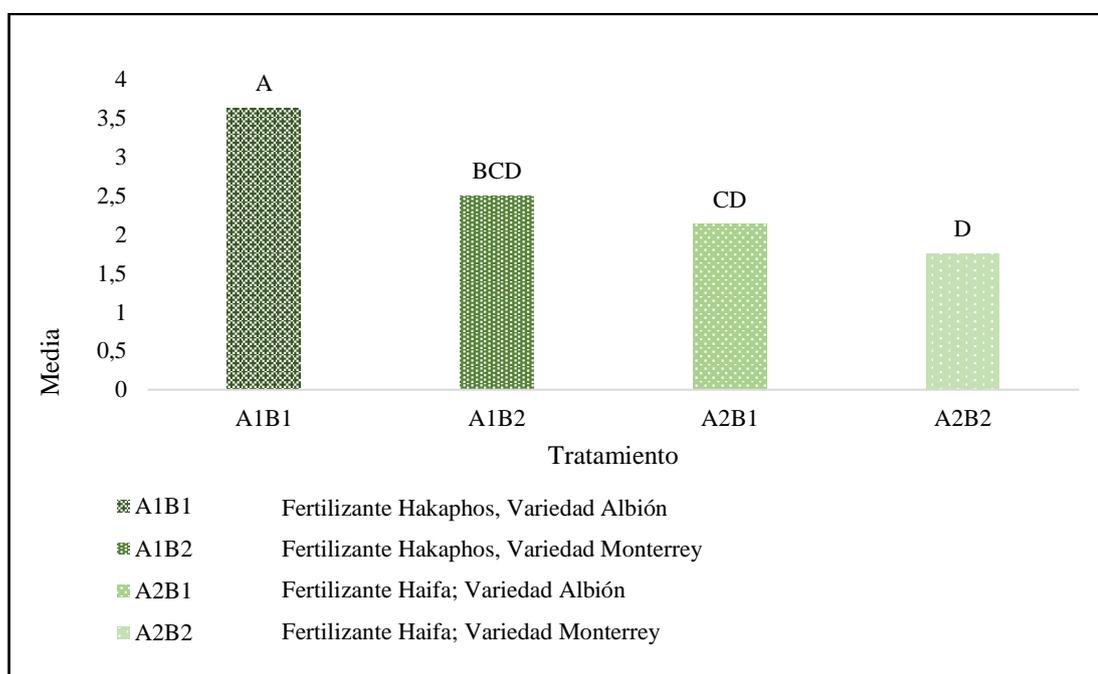
Variedad	Código	Media	Grupo
Albión	B1	150,88	A
Monterrey	B2	158,37	B

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.4. Vigorosidad

Se obtuvo la vigorosidad de la planta que presentó hasta los 7 meses del cultivo. De acuerdo con la prueba no paramétrica de Friedman al 5%, mostró diferencia significativa ( $p$ -valor = 0,0179), lo que sugiere que los fertilizantes y las variedades influyeron de manera conjunta en la vigorosidad.

Según la Ilustración 4-2, el tratamiento T1 (A1B1) se situó en el grupo A, presentó la mejor vigorosidad, con hojas de color verde claro y saludable. Por el contrario, el tratamiento T4 se situó en el grupo D, mostró menor vigor, con hojas de color verde cartuja, sin brillo y pálidas.



**Ilustraci3n 4-2:** Vigorosidad seg3n el modelo estadístico no paramétrico de Friedman al 5%

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.5. Firmeza

Los resultados de este estudio proporcionaron informaci3n sobre la firmeza de los frutos, en un estado de maduraci3n comercial del 75%. De acuerdo con la Tabla 4-20, se observ3 que el factor B, relacionado con las variedades de las plantas, mostr3 que existe diferencia significativa ( $p$ -valor = 0,0156), lo que sugiere una influencia significativa de las variedades en la firmeza de los frutos.

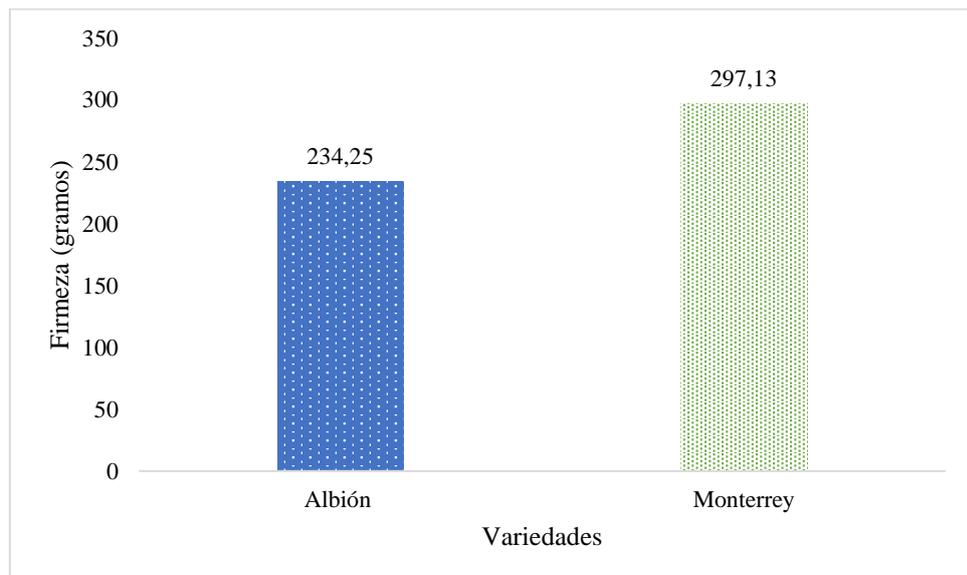
El factor A, relacionado con los fertilizantes utilizados, no mostró significancia estadística ( $p$ -valor = 0,1469), lo que indica que los diferentes tipos de fertilizantes no tuvieron un efecto significativo en la firmeza de los frutos. Además, la interacción entre estos dos factores no presentó diferencias significativas ( $p$ -valor = 0,38616) en la firmeza de los frutos, lo que sugiere que la combinación de fertilizantes con variedades específicas no tuvo un impacto sustancialmente diferente en la firmeza en comparación con los tratamientos individuales de fertilización y las variedades por separado.

**Tabla 4-20:** Análisis de varianza para la firmeza del fruto

FV	Gl	p-valor	Significancia
Bloque	3	0,5439	ns
Factor A (Fertilizante)	1	0,1497	ns
Error A	3	0,7392	ns
Factor B (Variedad)	1	0,0159	*
A*B	1	0,8543	ns
Error B	2		
Total	12		

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

En la Ilustración 4-3 se evidenció que la variedad con frutos de mayor firmeza fue Monterrey de los tratamientos T2 y T4 con 307g, mientras que el tratamiento con menor nivel de firmeza fue T3 con 220 g.



**Ilustración 4-3:** Firmeza de los frutos

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.6. Días mostrador

Se contabilizó el tiempo que duró la fruta en la etapa A, antes que llegase a la etapa B. La etapa B se caracterizó por no ser apta para el consumo debido a la presencia de hongos. Esta evaluación se llevó a cabo al ambiente y a 10° C, obteniendo la media de los días mostrador de entre las dos condiciones, que presentaron un comportamiento similar.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 4-21, se observó que el factor A, relacionado con los diferentes tratamientos de fertilización, fue significativo (p-valor = 0,0032), lo que indica una influencia de los fertilizantes sobre las variedades en la durabilidad de la fruta.

Del mismo modo, el factor B, relacionado con las variedades, mostró un valor significativo (p-valor = 0,0134) lo que sugiere que las diferentes variedades influyeron de manera significativa el tiempo de durabilidad de los frutos.

Sin embargo, en la interacción entre estos dos factores, no se encontró diferencias significativas (p-valor > 0,999). Esto sugiere que la combinación de distintos tratamientos de fertilización con las variedades no tuvo un efecto diferente en la durabilidad de los frutos en comparación con los tratamientos de fertilización y las variedades por separado

**Tabla 4-21:** Análisis de varianza de los días mostrador a ambiente de los frutos cosechados

FV	GL	p-valor	Significancia
Bloque	3	0,3719	ns
Factor A (Fertilizante)	1	0,0032	**
Error A	3	0,8587	ns
Factor B (Variedad)	1	0,0134	*
A*B	1	>0,999	ns
Error B	2		
Total	12		

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-22, se observó que el fertilizante que generó mayores días mostrador de los frutos cosechados fue Hakaphos con 5 días, seguido del fertilizante Haifa con 3,75 días.

**Tabla 4-22:** Días mostrador según el fertilizante

Fertilizante	Código	Media	Grupo
Hakaphos	A1	5	A
Haifa	A2	3,75	B

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

En la Tabla 4-23, se observó que la variedad que alcanzó mayores días mostrador de los frutos cosechados fue Albión con 4,88 días, seguido de la variedad Monterrey con 3,88 días.

**Tabla 4-23:** Días mostrador según la variedad

Variedad	Código	Media	Grupo
Albión	B1	4,88	A
Monterrey	B2	3,88	B

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.7. Sólidos solubles

Los frutos evaluados en este estudio se presentaron un estado de maduración comercial del 75%. Los datos de la Tabla 4-24, se destacó que el factor A, el cual demostró una alta significancia (p-valor = 0,008), indicando una influencia de los fertilizantes en el contenido de sólidos solubles del fruto.

De manera similar, el factor B, relacionado con las diferentes variedades, presentó diferencia significativa (p-valor = 0,0156), lo que sugiere que las variedades tuvieron un impacto significativo en el contenido de sólidos solubles en el fruto.

Sin embargo, al analizar la interacción, no se encontró diferencias estadísticamente significativas (p-valor = 0,1190) en cuanto a los sólidos solubles del fruto. Esto sugiere que la combinación de diferentes tratamientos de fertilización con las variedades no tuvo un efecto diferente en los grados brix.

**Tabla 4-24:** Grados brix de los frutos cosechados

FV	Gl	p-valor	Significancia
Bloque	3	0,5841	ns
Factor A (Fertilizante)	1	0,008	**
Error A	3	0,7797	ns
Factor B (Variedad)	1	0,0156	*
A*B	1	0,1190	ns
Error B	2		
Total	12		

**Realizado por:** Paucar, Luis, 2023.

En Tabla 4-25, se evidenció que el fertilizante que alcanzó los sólidos solubles más altos fue Hakaphos con 10,04 grados brix, seguido del fertilizante Haifa con menor cantidad de solidos de 8,21 grados brix.

**Tabla 4-25:** Grados brix según el fertilizante

Fertilizante	Código	Media	Grupo
Hakaphos	A1	10,04	A
Haifa	A2	8,21	B

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

En Tabla 4-26, se evidenció que la variedad que alcanzó los sólidos solubles más altos fue Monterrey con 9,38 grados brix, seguido de la variedad Albión con menor cantidad de solidos de 8,87 grados brix.

**Tabla 4-26:** Grados brix según la variedad

Variedad	Código	Media	Grupo
Monterrey	B2	9,38	A
Albión	B1	8,87	B

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

#### 4.1.8. *CE (Conductividad Eléctrica) después del fertirriego y riego sin fertilizante*

Desde el mes 1 hasta el mes 5 la CE inicial que se registró en los goteros fue de 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , durante toda la fase vegetativa del cultivo, además el agua de riego tuvo una CE inicial de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un pH de 7 a 7,5 para lo cual se aplicó ácido fosfórico con el objetivo de disminuir el pH entre 5,5 a 6.

Desde el mes 6 al mes 7 la solución nutritiva para la etapa productiva incrementó en 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , alcanzando un valor de 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los goteros. Por otra parte, el agua de riego persistió con un valor de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  antes del riego.

En el mes 1 los datos se obtuvieron de la inyección del fertirriego (riego + fertilizante) de 5 días consecutivos, registrándose únicamente la CE del último día de fertirriego. Ante el incremento exponencial de la CE después del fertirriego y riego, de la periodicidad de 5 días consecutivos de fertirriego, seguido de 2 días de riego sin fertilizante, se decidió cambiar la periodicidad de fertirriego a partir del mes 2. Este cambio implicó la alternancia entre fertirriego y riego. El fin de esta modificación fue lograr estabilizar el comportamiento de la CE. (Ver ANEXO D)

**Tabla 4-27:** Media de la CE después del riego sin fertilizante ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

$\bar{X}$ (Media)	Mes 1	Mes 2 hasta el mes 5	Mes 6 hasta el mes 7
T1	389,79	266,63	181,33
T2	436,04	289,25	194,67
T3	563,88	352,5	219,67
T4	598	371,25	229,67

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

**Tabla 4-28:** Media de la CE después del fertirriego ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

$\bar{X}$ (Media)	Mes 1	Mes 2 hasta al mes 5	Mes 6 hasta el mes 7
T1	640	522,78	489,25
T2	663	522,88	506,25
T3	677,45	533,78	510,5
T4	685	543	516,75

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

De acuerdo con la Tabla 4-27 y Tabla 4-28, el T4 presentó la CE media más alta después del fertirriego y riego en todo el ciclo, por el contrario, el T1 presentó la CE media más baja. Los resultados demuestran que el tratamiento T4 adsorbió menor cantidad nutrientes que el tratamiento T1, esto podría deberse al fertilizante y variedad utilizada.

En todos los tratamientos se apreció un ligero descenso de CE después del fertirriego y riego desde el mes 1 al mes 2, esto debido al cambio de la periodicidad. De igual manera que, desde el mes 5 hasta el mes 6, se observó un descenso de CE, debido al incremento de la demanda de nutrientes para la formación de frutos.

#### 4.1.9. Análisis económico

Los resultados obtenidos en este estudio presentaron el beneficio/costo (B/C) correspondiente a la segunda campaña del cultivo de fresa semihidropónico bajo cubierta. Es importante destacar que, en el análisis económico realizado, no se tuvieron en cuenta los costos directos relacionados con la infraestructura, maquinaria y equipos. Se enfocó exclusivamente en los costos de producción y operación del cultivo.

En la Tabla 4-20, se observó que el tratamiento T2 registró el mayor índice beneficio/costo (B/C) con un valor de 1,37. En segundo lugar el tratamiento T1, que alcanzó un B/C de 1,20. Por otro lado, el tratamiento T3 generó el B/C más bajo, con un valor de 1,06. (Ver ANEXO M, N, O, P)

**Tabla 4-29:** Relación B/C y porcentaje de rentabilidad.

Fertilizante	Variedad	Relación B/C (\$)
Hakaphos	Albi3n	1,33
	Monterrey	1,37
Haifa	Albi3n	1,06
	Monterrey	1,31

Realizado por: Paucar, Luis, 2023.

## 4.2. Discusi3n

### 4.2.1. Rendimiento

Esta investigaci3n prob3 soluciones nutritivas en un sistema semihidrop3nico bajo cubierta, con el objetivo de comprender el efecto de los fertilizantes compuestos complejos (Hakaphos y Haifa) en el comportamiento agron3mico de fresa (Albi3n y Monterrey).

Todos los tratamientos partieron de un 100% de plantas prendidas, obteniendo el mejor el rendimiento con el fertilizante Hakaphos, alcanzando 115,34 g/planta (8 238,09 kg/ha), y la variedad Monterrey con 121,75 g/planta (8 696,44 kg/ha). Estos resultados superaron en un 8% al rendimiento obtenido en estudios similares utilizando fertilizantes de formulaci3n simple por Inga, (2021, p. 49). Adem3s, los resultados obtenidos superaron en 10 % al rendimiento obtenido a campo abierto por Palencia et al., (2013, p. 96). Seg3n COMPO EXPERT (2017, p. 2), los fertilizantes Hakaphos, formulados con microelementos quelatados, exhiben propiedades acidificantes que mejoran la absorci3n de nutrientes, evitando la formaci3n de precipitados y asegurando una entrega eficiente de nutrientes. Esta correcta asimilaci3n de nutrientes podr3a haber contribuido directamente a los altos niveles de s3lidos solubles obtenidos con Hakaphos y la variedad Monterrey.

En t3rminos de rendimiento seg3n las categor3as, la variedad Albi3n destac3 en frutos de primera categor3a, con una media de 2 354,17 kg/ha. Seg3n Cucunubo et al., (2019, p3g. 6) mencionan que la variedad Albion produce frutos con mayor tama3o que la variedad Monterrey. Para frutos de segunda categor3a, Hakaphos y Monterrey obtuvieron los mejores rendimientos con 2 131,24 kg/ha y 2 480,55 kg/ha, respectivamente. En cuanto a frutos de tercera categor3a, Haifa y Monterrey obtuvieron los mejores rendimientos con 2 451,65 kg/ha y 3 118,30 kg/ha, respectivamente. Finalmente, para frutos de cuarta categor3a, Hakaphos y Albi3n obtuvieron los mejores rendimientos con 1 512,92 kg/ha y 1 664,33 kg/ha, respectivamente.

En el rendimiento total (kg/ha), Hakaphos superó a Haifa en 998,5 kg/ha. Esto podría atribuirse a la acumulación de sales en el sustrato, evidenciada por valores más altos de conductividad eléctrica (CE) en los tratamientos con Haifa en comparación con Hakaphos. Suárez et al. (2019, p. 141) indican que un aumento de 1 dS/m en la CE del sustrato reduce el rendimiento en un 6% en Albión y un 47% en Monterrey, destacando la influencia de fertilizantes y variedades en el rendimiento y tamaño de los frutos.

El rendimiento más bajo se registró con el fertilizante Haifa y la variedad Albión, con 7 239,59 kg/ha y 6 781,24 kg/ha, respectivamente. Grijalba et al. (2015, p. 135) sugieren que el rendimiento inferior de Albión se debe al menor número de flores en comparación con Monterrey. Además, la calidad de la materia prima de Haifa podría no ser lo suficientemente pura y soluble, evidenciándose en el desarrollo tardío de la planta.

#### **4.2.2. Comportamiento agronómico y análisis económico**

Los sólidos solubles (9,38 grados Brix) y la firmeza (297,13 g) de la variedad Monterrey se destacaron por ser mejores, superando a la variedad Albión. Según López et al. (2018, p. 172), Monterrey exhibe un contenido de 1° Brix superior y frutos más firmes en comparación con Albión. En cuanto al fertilizante, Hakaphos produjo los mejores niveles de sólidos soluble con 10,04 grados Brix. Sin embargo, en términos de duración en percha, fue inverso, donde Hakaphos y Albión mostraron mayor duración de 5 días y 4,88 días, respectivamente. Aksel y Finn (2002, p. 48) indican que la duración en percha de frutas de fresa postcosecha es sustancialmente de 3 a 5 días. Hidrolab (2023, párr. 5) sugiere que, a mayor contenido de sólidos solubles, la descomposición es más rápida, explicando la menor duración en percha de Monterrey debido a su mayor contenido de sólidos solubles.

En términos del comportamiento agronómico, la variedad Monterrey con el fertilizante Hakaphos mostró precocidad, con 151 días y 150,878 días, respectivamente, en la aparición de las primeras flores. El tratamiento T1 (Hakaphos, Albión) mostró la mejor vigorosidad, evidenciada por hojas de color verde claro y saludables. Es posible que el tratamiento T1 haya asimilado de manera más eficiente los nutrientes en la solución nutritiva, reflejado en una menor conductividad eléctrica (CE) después del fertirriego (489,25  $\mu$ S/cm) en comparación con otros tratamientos. Avitia et al. (2014, p. 523) sugieren que el cultivo de fresa absorbe el 50% de los nutrientes entregados, exhibiendo mayor vigorosidad, con base a este análisis, se obtuvo una absorción del 60% de los nutrientes en el tratamiento T1, manifestándose en un crecimiento saludable y rápido, como se evidencia en la aparición temprana de la primera flor.

El tratamiento T4 exhibió baja vigorosidad, mayor tiempo para alcanzar la etapa de la primera flor DDT y la CE más alta después del fertirriego y riego. Okur y Orcen (2020, pp. 337-338) indican que la acumulación de sales en el suelo provoca un aumento de la CE, desequilibrio de nutrientes y drenaje inadecuado. Según Suárez et al. (2019, p. 1), Monterrey tolera una CE de hasta 0,7 dS/m, mientras que Albión tolera hasta 2,5 dS/m, sugiriendo que Monterrey es más susceptible a la salinidad, evidenciado por menor vigorosidad y retraso en el desarrollo del cultivo.

El fertilizante Haifa en el tratamiento T4, al no tener propiedades acidificantes ni molienda específica como Hakaphos, podría haber llevado a la acumulación de partículas en el sustrato y posterior salinización. Lui et al. (2023, p. 2) señalan que la salinidad inhibe la asimilación de hierro, afectando la síntesis de clorofila, la fijación de nitrógeno y la respiración de la planta, lo cual podría reflejarse en la clorosis y baja vigorosidad del tratamiento T4.

El tratamiento más eficaz en términos de Beneficio/Costo fue con el fertilizante Hakaphos y la variedad Monterrey, con un valor de 1,37 y una rentabilidad del 37%, atribuible a los ingresos superiores obtenidos por el alto rendimiento. Se estima un ingreso por hectárea de \$18,994.62 dólares y egresos de \$13,906.40 dólares, donde el fertilizante representa el 45.29% de los gastos.

El fertilizante Hakaphos resultó ser un 10% menor que Haifa, los resultados que se obtuvieron en esta investigación fueron más bajos en comparación con los obtenidos por Inga (2021, p. 50), donde menciona que la rentabilidad de la variedad monterrey hasta los 240 DDT es de 1,68 a 1,61, esto se debe a que, la investigación que se realizó representó únicamente la rentabilidad de los primeros 7 meses del ciclo del cultivo, de los cuales 2 meses corresponden a la producción.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

El fertilizante Hakaphos y la variedad Monterrey se destacaron por presentar el mejor rendimiento con 115,34 g/planta y 121,75 g/planta, respectivamente. De manera similar presentó el mejor rendimiento en frutos de segunda categoría con 2 131,24 kg/ha con el fertilizante y 2 480,55 con la variedad, además, mostró los valores más altos en cuanto a la firmeza con 307, 25 g y 10,04 grados brix con el fertilizante y 9,38 con la variedad.

La variedad Albión, obtuvo el mejor de rendimiento de frutos de primera categoría, alcanzando una media de 2.430,81 kg/ha. El fertilizante Hakaphos con 2 131,24 kg/ha y la variedad Monterrey con 2 480,55 kg/ha fueron los mejores en la producción de frutos de segunda categoría. Por su parte, El fertilizante Haifa y la variedad Monterrey, exhibieron un rendimiento de 2 451,65 kg/ha y 3 118,30 kg/ha, respectivamente, destacándose con el mejor rendimiento de frutos de tercera categoría. Finalmente, el fertilizante Hakaphos y la variedad Albión registraron una producción de 1 512,92 kg/ha y 1 664,33 kg/ha, respectivamente, los cuales obtuvieron el mejor rendimiento de frutos de cuarta categoría.

El fertilizante Hakaphos y la variedad Albión, reflejaron los mejores resultados en el comportamiento agronómico, por presentar el menor tiempo en los días a la primera flor con 151 días y 150,88 días, respectivamente. Además, mostró la mejor vigorosidad de verde oscuro a verde claro y obtuvo la mayor duración de días mostrador con una media de 5 días con el fertilizante y 4, 88 días con la variedad. Así mismo se obtuvo los niveles más bajos de CE después del fertirriego de 489,25  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y del riego de 181,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la etapa de producción.

Por otro lado, el fertilizante Hakaphos y la variedad Albión se caracterizaron por obtener el rendimiento más bajo con 7 239,59 kg/ha y 6 781,24, respectivamente, además presentó bajos niveles de firmeza con 220 g según la variedad y solidos solubles con 10,04 grados brix según el fertilizante y 8,87 grados brix según la variedad. En cuanto al comportamiento agronómico el fertilizante Haifa y la variedad Monterrey, se caracterizó por ser tardía en la aparición de la primera flor con 158 días y 158,88 días, respectivamente. Además, registró la menor duración de días mostrador con 3,75 días con el fertilizante y 3,88 días con la variedad, además, obtuvo la CE más alta después del fertirriego de 516,75  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y del riego de 229,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Así mismo, el tratamiento T4 fue la menos vigorosa, con hojas de color verde cartuja, sin brillo y pálidas.

Por último, el mejor tratamiento en cuanto al beneficio/ costo fue con el fertilizante Hakaphos y la variedad Monterrey con un B/C de 1,37 con una rentabilidad de 37%. Por otro lado, el tratamiento que obtuvo el nivel más bajo de B/C fue el fertilizante Haifa con la variedad Albión con un B/C de 1,06 con una rentabilidad de 6%.

## **5.2. Recomendaciones**

Determinar la frecuencia del fertirriego con el fertilizante Haifa y Hakaphos para evitar la salinización del sustrato.

Determinar a través de un análisis foliar la deficiencia de los micro y macronutrientes, además determinar los micro y micronutrientes presentes en la solución posterior al fertirriego y riego.

Buscar soluciones para la desalinización del sustrato y determinar la periodicidad de su ejecución durante el ciclo de producción del cultivo.

Determinar las dosis de Ca-Br para el mejoramiento de los grados Brix, firmeza y duración en percha.

## GLOSARIO

**Aquenio:** Tipo de fruto distribuido por la superficie del receptáculo carnoso, caso de las fresas (Olivera, 2012, p. 10).

**Bicarbonatos:** compuestos de color blanco que afectan en concentraciones altas a la absorción del hierro, magnesio, cobre y zinc (Márquez et al., 2021, p. 39).

**Costras:** corteza de sales formadas después de la evaporación (Bateman et al., 2006, p. 65).

**Estolones:** órgano mediante el cual es posible la propagación asexual de la planta (Flórez y Mora, 2010, p. 8).

**Fertilizantes compuestos:** Fertilizantes que tienen en su composición más de un elemento, por lo general presenta N, P, K más otros elementos (Martínez, 2020, p. 9).

**Lixiviación:** Proceso mediante el cual una sustancia es eliminada hacia capas más profundas del suelo o del sustrato por el agua (Bateman et al., 2006, p. 146)

**Perenne:** plantas que persisten por más de dos años (Bateman et al., 2006, p. 185).

**Potencial osmótico:** potencial del agua para ingresar a la célula, en el cual los solutos presentes reducen su potencial (FAO, 2006, p. 174).

**Precipitados:** compuestos insolubles formados por la incompatibilidad entre los fertilizantes, causando taponamiento de los emisores (Intagri, 2016, p. 1).

**Quelato:** Compuesto orgánico grande que se une con un ion metálico, haciéndolo disponible para la planta (Sela, 2023, p. 183).

**Salinización:** Acumulación de sales minerales en el suelo, perjudicial para las plantas (Bateman et al., 2006, p. 215).

## BIBLIOGRAFÍA

**AKSEL, Døving; & FINN, Måge.** “Methods for Testing Strawberry Fruit Firmness”, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 52 (2002), (Noruega) pp. 43-5.

**ANTUNES, Luis et al.** “Yield and quality of strawberry cultivars”, *Horticultura Brasileira*, 28 (2010), (Brasil) pp.222-226

**ARCOS, Franklin.** “Fertilizante y nutrición vegetal”. *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo* [En línea], 2013, (Ecuador). [Consulta: 1 de junio 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/270696969/Nutricion-vegetal>

**ARÉVALO, Gloria & CASTELLANO, Moises.** *Manual de fertilizantes y enmiendas.* Zamorano, Honduras: Abelino Pitty, 2009, pp.13-45.

**ÁVILA, Eliana.** *Manual de fresa.* Bogota, Colombia: Cámara de Comercio de Bogotá, 2015, pp. 11-32.

**AVITIA, García; et al.** “Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol.5, n°3, (Mexico) pp. 520-524.

**BATEMAN, Heather; et al.** *Dictionary of agriculture.* Tercera Edicion. London, Inglaterra: A & C Black Publishers Ltd., 2006. pp.65-218.

**BELTRANO, José; & GIMENES, Daniel.** *Cultivo en Hidroponia.* Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Plata, 2020. p.18.

**BENTON, Jones.** *Growing Plants Hydroponically.* South Carolina, USA : Taylor & Francis Group, 2014. pp. 99-109.

**BOLDA, Mark; et al.** *Manual de producción de fresa para los agricultores de la Costa Central.* Segunda Edicion. California, USA: RCD, UCCE, FSA, NRCS, 2015. pp. 17-19.

**CADENA, Victor.** *Hablemos de riego.* Segunda Edicion. Quito, Ecuador : CONGOPE, 2016. pp. 235-236.

**COMPO EXPERT. 2017.** Water Soluble Fertilizers. Compo Expert, Alemania : 2017. Pp. 2-6.

**CUCUNUBO, Paola; et al.** *Effect of Protected Environments on the Postharvest Quality of Strawberry (Fragaria X Ananassa) Produced in the Tropical Mountain Areas.* Bogotá, Colombia: Department of Civil and Agricultural Engineering, 2019, p. 6.

**DEMIRSOY, Leyla; et al.** “Topraksız Tarımda Çilek Yetiştiriciliği”. *Anadolu, J. of AARI*, vol. 27, n° 1 (2017), (Turquia) pp. 71-80.

**EL COMERCIO.** “La frutilla es un cultivo rentable”, *EL COMERCIO* [En línea], 2011, (Ecuador). [Consulta: 14 de Septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/frutilla-cultivo-rentable.html>.

**FAO.** *Evapotranspiración del cultivo.* 56 ed. Roma, Italia: FAO, 2006. ISBN 92-5-304219-2, p. 174.

**FLÓREZ, Rafael & MORA, Ruth.** *Fresa (Fragaria x ananassa Duch.) Producción y manejo poscosecha.* Bogotá, Colombia: Cámara de comercio de Bogotá, 2010. ISBN 978°958-719-68-6, pp. 8-79.

**GARCÉS, Cristian.** Determinación de una técnica de producción orgánica en cuatro variedades del cultivo de fresa (Fragaria x ananassa D.) Semihidropónico, bajo cubierta (Trabajo de titulación). Espoch, Riobamba, Ecuador. 2022. pp. 29-103.

**GARCÍA, K. & KUBOTA, C.** “Physiology of strawberry plants under controlled environment: Diurnal change in leaf net photosynthetic rate”. *Hort Americas LLC*, 1156, 66 (2019) (Bedford, EEUU) pp. 445-452.

**GRASSO, Andres & DÍAS, Martín.** *Manual de buenas prácticas de manejo de fertilización.* 2 ed. Buenos Aires, Argentina: Fertilizar Asociación Civil, 2020, pp. 40

**GRIJALBA, Carlos; et al.** “Strawberry yields with high-tunnel and open-field cultivations and the relationship with vegetative and reproductive plant characteristics”. *Agronomía Colombia*, vol. 33, n° 2 (2015), (Colombia) pp. 147-154.

**HAIFA.** *Haifa Catalog Pioneering Products.* Haifa, Israel: Haifa, 2021, pp. 4-21.

**HIDROLAB.** “¿Qué son los grados Brix en alimentos y cuál es su importancia?”. *Hidrolab* [En línea], 2023 (Chile). [Consulta: 4 de Septiembre 2023]. Disponible en:

<https://www.hidrolab.com/blog/que-son-los-grados-brix-en-alimentos-y-cual-es-su-importancia/#:~:text=En%20cuanto%20a%20los%20alimentos%20procesados%20como%20las,mohos%20a%20trav%C3%A9s%20de%20un%20proceso%20llamado%20%C3%B3smosis..>

**INGA, Cristian.** Evaluación de cuatro variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch) en dos sistemas semi hidropónicos (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2021. pp. 49-50.

**INTAGRI.** *La Compatibilidad de los fertilizantes para fertirriego.* México: INTAGRI, 2016, pp.1—3.

**ITSC.** *Manual de producción de fresa en Coalcomán Michoacán.* Michoacán, Mexico: Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán, 2018. pp. 2.-5.

**KAFKAFI, U. & TARCHITZKY, J.** *Fertigation a tool for efficient fertilizer and water management.* Paris, Francia: IFA, 2011. ISBN 978-2-9523139-8-8, pp. 118-119.

**KESSEL, Argelys.** Mejora genética de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.), a través de métodos biotecnológicos. *Cultivos Tropicales*, vol. 33, n°3 (2012), (Cuba) pp. 34-41.Londo

**LONDOÑO, Maurisio.** *Tecnología para el Cultivo del Aguacate; Cosecha y manejo de poscosecha.* Antóquia, Colombia: CORPOICA, 2008. ISBN 978-958-8311-74-6. pp. 198.

**LÓPEZ, David; et al.** “Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración.” *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, vol. 19, n° 1 (2018), (Colombia) pp. 163-178.

**LUI, Guodong; et al.** “Understanding and Applying Chelated Fertilizers Effectively Based on Soil pH”. *Horticultural Sciences Department* [en línea], 2012, (United State of America). [Consulta: 4 de Agosto 2023]. Disponibles en: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1208?downloadOpen=true>

**LUI, Zeyuan; et al.** “Application of chelated fertilizers to mitigate organic-inorganic fouling in brackish water drip irrigation systems”. *Agricultural Water Managemen*, vol. 85 (2023), (China) pp.1-10.

**MÁRQUEZ, Kadir; et al.** *Glorsario de términos agronómicos*. Huánuco, Peru: Márquez Kadir, 2021, pp. 39.

**MARTÍN , Angel; et al.** *Guía de gestión integrada de plagas: fresa y fresón.*, Madrid, España: Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2019. ISBN 978-84-491-1471-7, pp. 27-39.

**MARTÍNEZ, Christian.** “*Fertilizantes para fertirriego: Conceptos y propiedades.*” COMEII [En línea], 2020, (México). [Consulta 1 de agosto 2023]. Disponible en: <https://www.riego.mx/files/webinars/webinar13.pdf>

**OKUR, Bulent & ORCEN, Nesrin.** Soil salinization and climate change. *Climate Change and Soil Interactions*, vol. 1, (2020), (Turkey) pp. 331-350.

**OLIVERA, Julio.** *Cultivo de fresa (Fragaria x ananassa Duch.)*. Lima, Peru: INIA, 2012. pp. 10.

**OVIEDO, Alejandro.** *Sistemas Olivícolas Familiares del centro-oeste del Valle del Tulúm (Maestria)*, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2013, pp. 1-2. S

**PALENCIA, Pedro; et al.** “Strawberry yield efficiency and its correlation with temperature and solar radiation”. *Horticultura Brasileira*, vol. 31, (2013), (Spain) pp. 93-99.

**PRIMICIAS.** “Estos son los precios de la colada morada en los barrios de Quito”. PRIMICIAS [En línea], 2023, (Ecuador). [Consulta: 10 de Noviembre 2023.] Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/precio-colada-morada-quito-sectores-barrios/#:~:text=Por%20ejemplo%2C%20la%20libra%20de,al%20mismo%20per%C3%ADodo%20de%202021.>

**SATHISHA, G.** “Water soluble fertilizers: a liquid solution for crops”. Just Agriculture, [En línea], 2022, (India). [Consulta: 10 de Noviembre 2023]. Disponible en: <https://justagriculture.in/files/magazine/2022/july/001%20WATER%20SOLUBLE%20FERTILIZERS.pdf>

**SELA, Guy.** *Fertilizacion y Riego*. Croapaia, España: 2023. pp. 6-183.

**SHUKLA, Monika; et al.** “Fertigation modern technique of fertilizer application”. *Indian Farmer*, vol. 5, n° 09 (2018), (India) pp. 1062-1071.

**SIMPSON, David.** “The Economic Importance of Strawberry Crops”. *The Genomes of Rosaceous Berries and Their Wild Relatives. Compendium of Plant Genomes*, vol. 1, (2018), (Inglaterra) pp. 1-7

**SOTO, Freddy.** “Hidroponía familiar en sustrato : Hágalo fácil”. *Univercidad de Costa Rica* [En línea], 2015, (España). [Consulta: 1 de junio 2023]. Disponible en: [www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10809.pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10809.pdf)

**SUÁREZ, Donald; et al.** “Fruit yield and survival of five commercial strawberry cultivars under field cultivation and salinity stress”. *Scientia Horticulturae*, vol. 234, (2019), (EEUU) pp. 401-410.

**TIMMONS, Michael; et al.** “*Development of Hydroponic Production Systems for Strawberry Production*”. Cornell University [En línea], 2019, (Nueva York). [Consulta: 1 de junio 2023]. Disponible en: [https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/1/3676/files/2019/10/TSF2017.012-Final-Report\\_Timmons-and-Mattson\\_10-7-19.pdf](https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/1/3676/files/2019/10/TSF2017.012-Final-Report_Timmons-and-Mattson_10-7-19.pdf)

**TREJO, Libia & GÓMEZ, Fernando.** “Nutrient Solutions for Hydroponic Systems”. *Hydroponics – A Standard Methodology for Plant Biological*, vol. 1, (2012), (México) pp. 1-23.

**VASQUEZ, Absalon; et al.** *Fundamentos de la Ingeniería de Riegos*. Lima, Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017. ISBN 978-612-4147-71-5, pp. 255-266.

**VIDAL, Iván.** *Fertirrigacion: Desde la teoría práctica*. Chillán, Chile: Univercidad de Concepción, 2019. ISBN 978-956-227-450-0, pp. 19.20.



23-01-2024

## ANEXOS

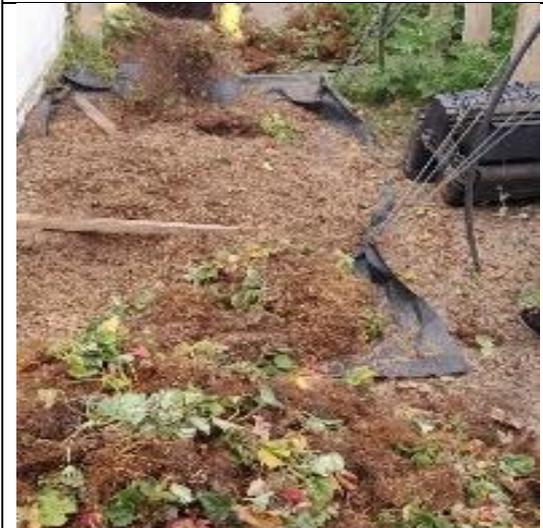
### ANEXO A: LABORES PRE-CULTURALES



Limpieza del invernadero



Colocación de trampas cromáticas e instalación del sistema de riego



Reutilización del sustrato



Colocación de letreros de los tratamientos

**ANEXO B: LABORES CULTURALES**



Drench



Dosificación diaria de los tanques



Eliminación de estolones y hojas viejas



Cosecha de las hortalizas de la parte inferior y eliminación de las malezas.



Eliminación de costras y limpieza de cintas de riego

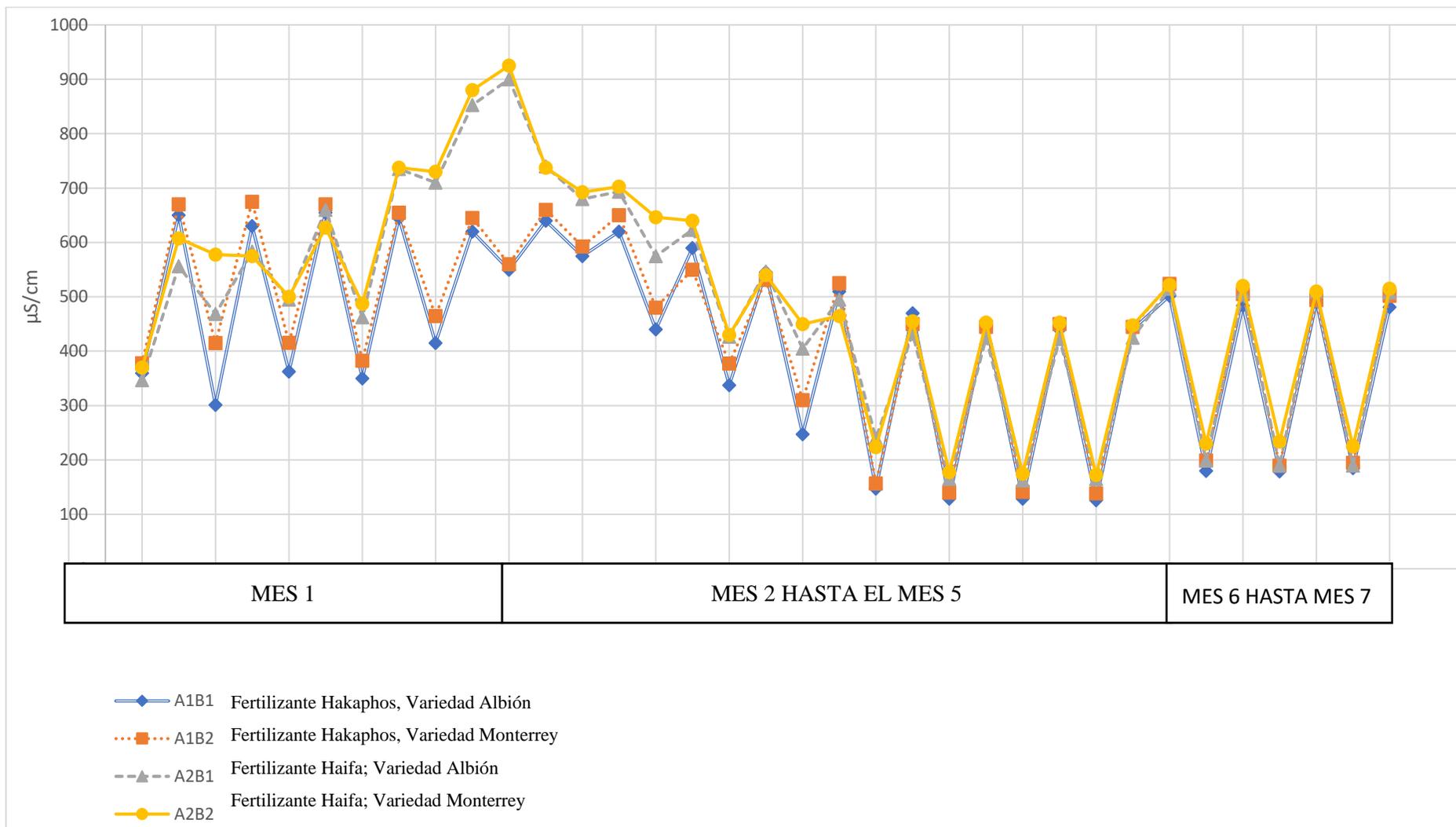


Mantenimiento del reservorio

## ANEXO C: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS BIOMÉTRICOS

	
<p>Determinación de la CE después del fertirriego y riego.</p>	<p>Determinación de la duración en percha de los frutos.</p>
	
<p>Cosecha y clasificación de los frutos.</p>	<p>Determinación de las etapas y poda parcial.</p>
	
<p>Determinación de la vigorosidad de los tratamientos</p>	<p>Determinación de la firmeza</p>

**ANEXO D: COMPORTAMIENTO DE LA CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) HASTA LOS 7 MESES DDT**



**ANEXO E: VIGOROSIDAD DEL CULTIVO (4: MUY VIGOROSO; 3: VIGOROSO; 2: POCO VIGOROSO; 1: NADA VIGOROSO)**

T1	MES 1			MES 2-MES 5		MES 6-MES7
R1	4	3	3	4	4	4
R2	3	3	3	4	4	4
R3	3	3	3	4	4	4
R4	4	3	3	4	4	4
T2						
R1	3	3	3	3	4	4
R2	3	3	3	3	3	4
R3	3	3	3	3	3	4
R4	3	3	3	3	3	4
T3						
R1	3	2	2	3	3	4
R2	3	2	2	3	3	4
R3	3	2	2	3	3	4
R4	3	2	2	3	3	4
T4						
R1	3	2	1	3	3	4
R2	2	2	2	3	3	4
R3	3	2	1	3	3	4
R4	3	2	2	4	4	4

**ANEXO F: DÍAS A LA PRIMERA FLOR**

BLQ	FERT	VAR	FLOR_DDT
1	Hakaphos	Albi3n	150
2	Hakaphos	Albi3n	150
3	Hakaphos	Albi3n	143
4	Hakaphos	Albi3n	143
1	Hakaphos	Monterrey	155
2	Hakaphos	Monterrey	155
3	Hakaphos	Monterrey	157
4	Hakaphos	Monterrey	157
1	Haifa	Albi3n	157
2	Haifa	Albi3n	157
3	Haifa	Albi3n	150
4	Haifa	Albi3n	157
1	Haifa	Monterrey	157
2	Haifa	Monterrey	162
3	Haifa	Monterrey	162
4	Haifa	Monterrey	162

**ANEXO G: FIRMEZA DE LOS FRUTOS**

BLQ	FERTILIZANTE	VARIEDAD	FIRMEZA	kg/m <sup>2</sup>	gramos
1	Hakaphos	Albi3n	9,75	0,975	273
2	Hakaphos	Albi3n	7,4	0,74	207
3	Hakaphos	Albi3n	10,82	1,082	303
4	Hakaphos	Albi3n	7,45	0,745	209
1	Hakaphos	Monterrey	9,44	0,944	264
2	Hakaphos	Monterrey	12,72	1,272	356
3	Hakaphos	Monterrey	11,3	1,13	316
4	Hakaphos	Monterrey	10,47	1,047	293
1	Haifa	Albi3n	7,28	0,728	204
2	Haifa	Albi3n	8,5	0,85	238
3	Haifa	Albi3n	7,5	0,75	210
4	Haifa	Albi3n	8,2	0,82	230
1	Haifa	Monterrey	9,14	0,914	256
2	Haifa	Monterrey	10,5	1,05	294
3	Haifa	Monterrey	11,13	1,113	312
4	Haifa	Monterrey	10,2	1,02	286

**ANEXO H: SOLIDOS SOLUBLES (GRADOS BRIX)**

BLQ	FERTILIZANTE	VARIEDAD	GRADOS BRIX
1	Hakaphos	Albi3n	9,33
2	Hakaphos	Albi3n	10,00
3	Hakaphos	Albi3n	9,00
4	Hakaphos	Albi3n	10,33
1	Hakaphos	Monterrey	11,67
2	Hakaphos	Monterrey	9,00
3	Hakaphos	Monterrey	10,67
4	Hakaphos	Monterrey	10,33
1	Haifa	Albi3n	7,67
2	Haifa	Albi3n	8,33
3	Haifa	Albi3n	7,33
4	Haifa	Albi3n	9,00
1	Haifa	Monterrey	8,33
2	Haifa	Monterrey	8,00
3	Haifa	Monterrey	8,33
4	Haifa	Monterrey	8,67

**ANEXO I: DÍAS MOSTRADOR AL AMBIENTE Y A 10°C**

BLQ	FERTILIZANTE	VARIEDAD	AMBIENTE	FRIO
1	Hakaphos	Albi3n	4	6
2	Hakaphos	Albi3n	5	7
3	Hakaphos	Albi3n	4	6
4	Hakaphos	Albi3n	5	7
1	Hakaphos	Monterrey	3	5
2	Hakaphos	Monterrey	4	5
3	Hakaphos	Monterrey	4	6
4	Hakaphos	Monterrey	4	6
1	Haifa	Albi3n	3	4
2	Haifa	Albi3n	4	5
3	Haifa	Albi3n	3	5
4	Haifa	Albi3n	4	4
1	Haifa	Monterrey	3	3
2	Haifa	Monterrey	2	4
3	Haifa	Monterrey	2	4
4	Haifa	Monterrey	3	4

**ANEXO J: RENDIMIENTO POR CATEGORÍA (kg/ha)**

BLQ	FERT	VAR	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA
1	Hakaphos	Albi3n	2345,36	1563,57	1421,43	1776,79
2	Hakaphos	Albi3n	2553,57	1702,38	1547,62	1934,52
3	Hakaphos	Albi3n	2349,29	1566,19	1423,81	1779,76
4	Hakaphos	Albi3n	2475,00	1650,00	1500,00	1875,00
1	Hakaphos	Monterrey	2339,29	2713,57	3087,86	1216,43
2	Hakaphos	Monterrey	2377,98	2758,45	3138,93	1236,55
3	Hakaphos	Monterrey	2110,12	2447,74	2785,36	1097,26
4	Hakaphos	Monterrey	2282,74	2647,98	3013,21	1187,02
1	Haifa	Albi3n	1642,50	1338,33	1642,50	1460,00
2	Haifa	Albi3n	1738,93	1416,90	1738,93	1545,71
3	Haifa	Albi3n	1639,29	1335,71	1639,29	1457,14
4	Haifa	Albi3n	1671,43	1361,90	1671,43	1485,71
1	Haifa	Monterrey	1785,71	2500,00	3482,14	1160,71
2	Haifa	Monterrey	1628,57	2280,00	3175,71	1058,57
3	Haifa	Monterrey	1564,29	2190,00	3050,36	1016,79
4	Haifa	Monterrey	1647,62	2306,67	3212,86	1070,95

**ANEXO K: RENDIMIENTO TOTAL (kg/ha)**

BLQ	FERT	VAR	Kg/Ha
1	Hakaphos	Albi3n	7107,1
2	Hakaphos	Albi3n	7738,1
3	Hakaphos	Albi3n	7119,0
4	Hakaphos	Albi3n	7500,0
1	Hakaphos	Monterrey	9357,1
2	Hakaphos	Monterrey	9511,9
3	Hakaphos	Monterrey	8440,5
4	Hakaphos	Monterrey	9131,0
1	Haifa	Albi3n	6083,3
2	Haifa	Albi3n	6440,5
3	Haifa	Albi3n	6071,4
4	Haifa	Albi3n	6190,5
1	Haifa	Monterrey	8928,6
2	Haifa	Monterrey	8142,9
3	Haifa	Monterrey	7821,4
4	Haifa	Monterrey	8238,1

**ANEXO L: RENDIMIENTO (g/planta)**

BLQ	FERT	VAR	g/planta
1	Hakaphos	Albi3n	99,5
2	Hakaphos	Albi3n	108,3
3	Hakaphos	Albi3n	99,7
4	Hakaphos	Albi3n	105,0
1	Hakaphos	Monterrey	131,0
2	Hakaphos	Monterrey	133,2
3	Hakaphos	Monterrey	118,2
4	Hakaphos	Monterrey	127,8
1	Haifa	Albi3n	85,2
2	Haifa	Albi3n	90,2
3	Haifa	Albi3n	85,0
4	Haifa	Albi3n	86,7
1	Haifa	Monterrey	125,0
2	Haifa	Monterrey	114,0
3	Haifa	Monterrey	109,5
4	Haifa	Monterrey	115,3

**ANEXO M: BENEFICIO/COSTO DEL TRATAMIENTO 1**

<b>FERTILIZANTE HAKAPHOS-VARIEDAD ALBIÓN</b>				
<b>RUBRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Camas</b>				
Sustrato	Sacos	2700	\$ 7,00	\$ 1.166,67
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 1.166,67</b>
<b>Control de plagas o enfermedades</b>				
Insecticidas	Litros	26	\$ 5,00	\$ 75,00
Enfermedades	Litros	26	\$ 5,00	\$ 75,00
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	Unidad	96000	\$ 0,25	\$ 4.666,67
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 4.666,67</b>
<b>Labores Culturales</b>				
Poda	Jornal	30	\$ 12,00	\$ 360,00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 360,00</b>
<b>Fertilizante</b>				
Nitrato de calcio	Kg	510,1333333	\$ 1,60	\$ 816,21
Hakaphos verde	Kg	655,8666667	\$ 4,00	\$ 2.623,47
Hakaphos base	Kg	163,8	\$ 3,50	\$ 573,30
Sulfato de magnesio	Kg	78,6666667	\$ 2,80	\$ 70,80
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 4.083,78</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 10.427,11</b>
<b>IMPREVISTOS 10%</b>				<b>\$ 1.042,71</b>
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>\$ 11.469,82</b>

<b>Beneficio/Costo</b>	
<b>Ingreso total</b>	\$ 15.203,27
<b>Costo total</b>	11469,82467
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>1,33</b>

<b>Rentabilidad</b>	<b>33</b>
---------------------	-----------

**ANEXO N: BENEFICIO/COSTO DEL TRATAMIENTO 2**

<b>FERTILIZANTE HAKAPHOS-VARIEDAD MONTERREY</b>				
<b>RUBRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Camas</b>				
Sustrato	Sacos	2700	\$ 7,00	\$ 1.166,67
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 1.166,67</b>
<b>Control de plagas o enfermedades</b>				
Insecticidas	Litros	26	\$ 5,00	\$ 75,00
Enfermedades	Litros	26	\$ 5,00	\$ 75,00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 150,00</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	Unidad	64000	\$ 0,25	\$ 4.666,67
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 4.666,67</b>
<b>Labores Culturales</b>				
Poda	Jornal	30	\$ 12,00	\$ 360,00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 360,00</b>
<b>Fertilizante</b>				
Nitrato de calcio	Kg	1082,439167	\$ 1,60	\$ 1.302,39
Hakaphos verde	Kg	1391,667083	\$ 4,00	\$ 4.016,61
Hakaphos base	Kg	347,563125	\$ 3,50	\$ 868,91
Sulfato de magnesio	Kg	166,9208333	\$ 0,90	\$ 110,94
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 6.298,85</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 12.642,18</b>
<b>IMPREVISTOS 10%</b>				<b>\$ 1.264,22</b>
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>\$ 13.906,40</b>

<b>Beneficio/Costo</b>	
<b>Ingreso total</b>	\$ 18.994,62
<b>Costo total</b>	13906,39789
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>1,37</b>

<b>Rentabilidad</b>	<b>37</b>
---------------------	-----------

**ANEXO O: BENEFICIO/COSTO DEL TRATAMIENTO 3**

<b>FERTILIZANTE HAIFA-VARIEDAD ALBIÓN</b>				
<b>RUBRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Camas</b>				
Sustrato	Sacos	2700	\$ 7,00	\$ 1.166,67
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 1.166,67</b>
<b>Control de plagas o enfermedades</b>				
Insecticidas	Litros	26	\$ 5,00	\$ 75,00
Enfermedades	Litros	26	\$ 5,00	\$ 75,00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 150,00</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	Unidad	96000	\$ 0,25	\$ 3.111,11
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 3.111,11</b>
<b>Labores Culturales</b>				
Poda	Jornal	30	\$ 12,00	\$ 360,00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 360,00</b>
<b>Fertilizante</b>				
Nitrato de calcio	Kg	889,17	\$ 1,60	\$ 1.422,67
Haifa Magnisal	Kg	1,40	\$ 4,00	\$ 1,96
Haifa Polifet 12-5-40	Kg	954,84	\$ 3,50	\$ 4.105,83
Haifa MAP	Kg	140,01	\$ 2,80	\$ 392,04
Sulfato de magnesio	Kg	131,35	\$ 2,80	\$ 118,22
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 6.040,72</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 10.828,49</b>
<b>IMPREVISTOS 10%</b>				<b>\$ 1.082,85</b>
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>\$ 11.911,34</b>

<b>Beneficio/Costo</b>	
<b>Ingreso total</b>	\$ 12.591,15
<b>Costo total</b>	11911,34228
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>1,06</b>

<b>Rentabilidad</b>	<b>6</b>
---------------------	----------

**ANEXO P: BENEFICIO/COSTO DEL TRATAMIENTO 4**

<b>FERTILIZANTE HAIFA-VARIEDAD MONTERREY</b>				
<b>RUBRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Camas</b>				
Sustrato	Sacos	2700	\$ 7,00	\$ 1.166,67
Bandejas	Unidad	32000	\$ 3,00	\$ -
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 1.166,67</b>
<b>Control de plagas o enfermedades</b>				
Insecticidas	Litros	26	\$ 5,00	\$ 8,75
Enfermedades	Litros	26	\$ 5,00	\$ 8,75
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 17,50</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	Unidad	96000	\$ 0,25	\$ 3.111,11
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 3.111,11</b>
<b>Labores Culturales</b>				
Poda	Jornal	30	\$ 12,00	\$ 360,00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 360,00</b>
<b>Fertilizante</b>				
Nitrato de calcio	Kg	945,8	\$ 1,60	\$ 1.513,20
Haifa Magnisal	Kg	329,4	\$ 4,00	\$ 461,15
Haifa Polifet 12-5-40	Kg	1019,5	\$ 3,50	\$ 4.383,89
Haifa MAP	Kg	147,8	\$ 2,80	\$ 413,87
Sulfato de magnesio	Kg	413,1	\$ 2,80	\$ 371,75
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 7.143,87</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 11.799,15</b>
<b>IMPREVISTOS 10%</b>				<b>\$ 1.179,91</b>
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>\$ 12.979,06</b>

<b>Beneficio/Costo</b>	
<b>Ingreso total</b>	\$ 16.996,20
<b>Costo total</b>	12979,06049
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>1,31</b>

<b>Rentabilidad</b>	<b>31</b>
---------------------	-----------



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 22/01/2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> LUIS DAVID PAUCAR AUQUILLA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> RECURSOS NATURALES
<b>Carrera:</b> AGRONOMÍA
<b>Título a optar:</b> INGENIERO AGRÓNOMO
 <b>Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia, PhD.</b> <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b>  <b>Ing. Cristian Santiago Tapia Ramirez, MSc.</b> <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b>