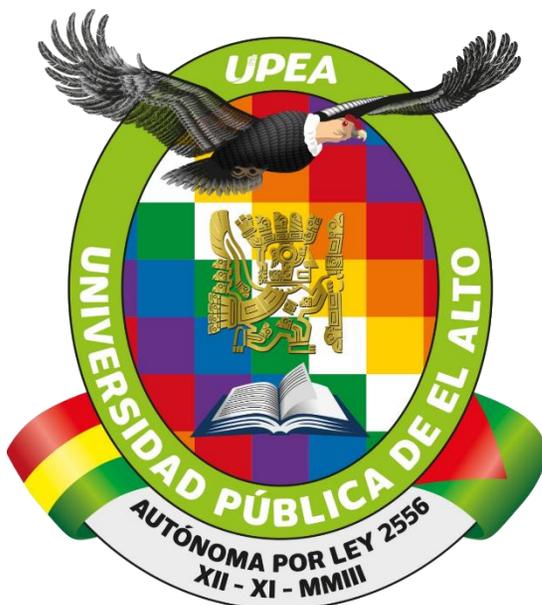


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE  
VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria* sp.) BAJO EL SISTEMA  
HIDROPÓNICO EN MANGAS VERTICALES EN EL CENTRO  
EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

**Por:**

**Feliciano Machaca Apanqui**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Diciembre, 2024**

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE FRESA  
(*Fragaria sp.*) BAJO EL SISTEMA HIDROPÓNICO EN MANGAS VERTICALES EN EL  
CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentado  
como requisito para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo*

**Feliciano Machaca Apanqui**

**Asesores:**

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez .....

**Tribunal Revisor:**

M. Sc. Lic. Ing. Víctor Paye Huaranca .....

M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas .....

M. Sc. Lic. Ing. Ciro Raúl Quiape Callocasi .....

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador .....



**DEDICATORIA:**

*Esta investigación se la dedico a las personas más importantes de mi vida mi mamá querida Gregoria Apanqui Mamani a mis hermanos/as; Severiano Machaca Apanqui, Rufina, Santusa, Ricardo, Fabián por todo el esfuerzo que hicieron al sacarme adelante y poder llegar hasta donde estoy, porque sin su sacrificio no sería nada y por ese amor que siempre me dieron, les agradezco por confiar en mi dándome consejos acertados.*

*A mis amigos por apoyarme con su compañía en las noches que me quede hacer mis tareas.*

*A una persona especial que me apoyó a lo largo de la realización de la tesis con sus palabras de aliento por apoyarme en los momentos difíciles que atravesé hasta concluir, novia gracias.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi profundo Agradecimiento a Dios, por haberme guiado y permitido culminar mi trabajo. Como así a mi familia, por el apoyo incondicional a mi formación profesional.

A la Universidad Pública y Autónoma de El Alto, a la Carrera de Ingeniería Agronómica por su acogida y brindarme la oportunidad de formarme en sus aulas y predios.

A los predios de la Carrera de Ingeniería Agronómica que es el Centro Experimental Kallutaca por haberme acogido y brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica que me formaron con sus conocimientos científicos.

Agradecer a mi asesor M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, que me brindó su apoyo incondicional con sus conocimientos para estructurar este trabajo de investigación y por los buenos momentos compartidos.

Agradecer en especial a mi tribunal Ing. M. Sc. Lic. Ing. Víctor Paye Huaranca, que me brindó su apoyo incondicional con sus conocimientos para estructurar este trabajo de investigación y por los buenos momentos compartidos.

Al tribunal revisor M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas, M. Sc. Lic. Ing. Ciro Raúl Quiape Callocasi por sus contribuciones y sugerencias que fueron importantes para la realización de este trabajo de investigación.

A todos mis amigos en especial a Oscar Fernando Sillo C., que siempre me brindó su amistad y apoyo que perdurara por siempre por los momentos compartidos.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS .....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
ABREVIATURAS .....	xi
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis .....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Importancia del cultivo de la fresa ( <i>Fragaria sp.</i> ).....	5
2.2. Principales productores de fresa en el mundo.....	5
2.3. Principales productores a nivel nacional.....	6
2.4. Características generales del cultivo de la fresa ( <i>Fragaria sp.</i> ) .....	6
2.4.1. Origen .....	6
2.4.2. Taxonomía .....	7
2.4.3. Características bonicas .....	8

2.4.3.1.	La raíz .....	8
2.4.3.2.	El tallo .....	9
2.4.3.3.	La hoja .....	9
2.4.3.4.	Flor e inflorescencia.....	9
2.4.3.5.	Fruto y semilla.....	10
2.4.3.6.	Índice de la maduración de la fresa .....	10
2.4.3.7.	Tamaño del fruto.....	10
2.4.4.	Fases fisiológicas del cultivo .....	11
2.4.5.	Labores culturales.....	12
2.4.6.	Propagación.....	13
2.4.7.	Variedades de la fresa.....	14
2.4.8.	Valor nutricional de la fresa .....	15
2.5.	Ambiente Atemperado .....	16
2.5.1.	Tipos de invernaderos .....	16
2.6.	Sustratos .....	17
2.6.1.	Cascarilla de arroz.....	18
2.6.2.	Arena.....	18
2.6.3.	Ladrillo molido.....	18
2.7.	pH (5,5-6,0).....	18
2.8.	Conductividad eléctrica (CE).....	19
2.9.	Hidroponía.....	19
2.9.1.	Tipos de sistemas hidropónicos .....	20
2.10.	Cultivos verticales .....	20
2.10.1.	Cultivos verticales de frutilla .....	21
2.10.2.	Ventajas y desventajas de cultivos verticales .....	22
2.10.3.	Ventajas de cultivos verticales frente al cultivo en suelo.....	22

2.11.	Condiciones Agro climatológicas del cultivo de fresa .....	23
2.11.1.	Humedad relativa.....	23
2.11.2.	Temperatura .....	23
2.11.3.	Luz.....	23
2.12.	Sistema de riego .....	23
2.12.1.	Tiempo de riego .....	24
2.13.	Solución nutritiva.....	25
2.14.	Requerimientos nutritivos de la fresa .....	26
2.14.1.	Macronutrientes .....	26
2.14.2.	Micronutrientes .....	27
2.15.	Automatización .....	27
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
3.1.	Localización .....	29
3.2.	Características Edafoclimáticas .....	29
3.2.1.	Clima .....	29
3.2.2.	Topografía.....	30
3.3.	Características del invernadero.....	30
3.4.	Materiales.....	30
3.4.1.	Material genético o biológico .....	30
3.4.2.	Material de campo .....	31
3.4.3.	Sustratos .....	32
3.4.4.	Insumos químicos .....	32
3.4.5.	Material de escritorio .....	32
3.5.	Metodología .....	32
3.5.1.	Desarrollo del ensayo .....	32
3.5.1.1.	Invernadero.....	32

3.5.1.2.	Análisis de agua.....	33
3.5.1.3.	El balanceo de sales minerales según el requerimiento del cultivo .....	33
3.5.1.4.	Preparación de concentrados de A y B.....	33
3.5.1.5.	Instalación de sistema de riego .....	34
3.5.1.6.	Programación de timer .....	34
3.5.1.7.	Sellado de mangas .....	35
3.5.1.8.	Preparación del sustrato.....	35
3.5.1.9.	Armado de arco y colgado de mangas.....	35
3.5.1.10.	Distribución de mangas .....	36
3.5.1.11.	Apertura de boquetas y trasplante de plantin .....	37
3.5.1.12.	Preparación de solución nutritiva para el cultivo en el tanque .....	38
3.5.1.13.	Labores culturales.....	38
3.5.1.14.	Cosecha .....	39
3.5.2.	Diseño experimental .....	40
3.5.2.1.	Tratamientos en el estudio .....	40
3.5.2.2.	Croquis del área experimental.....	41
3.5.3.	Variables de respuesta .....	41
3.5.3.1.	Numero de hojas por planta (NHP) .....	41
3.5.3.2.	Numero de flores (NFL).....	42
3.5.3.3.	Numero de frutos por planta (NFP).....	42
3.5.3.4.	Peso de frutos grandes (PFG).....	43
3.5.3.5.	Peso de frutos medianos (PFM).....	43
3.5.3.6.	Peso de frutos pequeños (PFP) .....	44
3.5.3.7.	Diámetro del fruto (DF) .....	44
3.5.3.8.	Longitud del fruto (LF) .....	45
3.5.3.9.	Peso del fruto (PF).....	45

3.5.3.10.	Rendimiento por planta (REP).....	46
3.5.3.11.	Grados Brix (GB) .....	46
3.5.3.12.	Rendimiento por unidad experimental (RUE) .....	47
3.5.4.	Relación beneficio costo.....	47
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1.	Factores climatológicos .....	49
4.1.1.	Temperatura dentro del ambiente atemperado .....	49
4.1.2.	Humedad relativa ambiental.....	49
4.1.3.	Conductividad eléctrica.....	50
4.1.4.	El pH.....	51
4.2.	Variables agronómicas .....	52
4.2.1.	Numero de hojas por planta .....	52
4.2.2.	Numero de flores por planta .....	54
4.2.3.	Peso de frutos grandes.....	55
4.2.4.	Peso de frutos medianos.....	56
4.2.5.	Peso de frutos pequeños.....	58
4.2.6.	Longitud del fruto .....	59
4.2.7.	Diámetro del fruto .....	61
4.2.8.	Numero de frutos por planta.....	62
4.2.9.	Peso del fruto.....	64
4.2.10.	Grados Brix .....	65
4.2.11.	Rendimiento por planta.....	67
4.2.12.	Rendimiento por unidad experimental.....	68
4.3.	Variables económicas.....	69
4.3.1.	Análisis económico del cultivo de fresa .....	70
4.3.2.	Detalle del costo total de inversión por tratamiento .....	71

4.3.3. Análisis económico con relación al beneficio costo .....	71
5. CONCLUSIONES .....	72
6. RECOMENDACIONES.....	73
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de fresa a nivel mundial .....	5
Cuadro 2. Clasificación del fruto por tamaño .....	10
Cuadro 3. Información nutricional de la fresa en 100 g .....	15
Cuadro 4. Comparación entre la producción en suelo e hidroponía .....	22
Cuadro 5. Temperaturas para el cultivo de fresa.....	23
Cuadro 6. Requerimientos nutricionales para el cultivo de fresa .....	26
Cuadro 7. Las tres variedades de fresas y sus características .....	31
Cuadro 8. Sales minerales para preparar los concentrados madre A y B .....	32
Cuadro 9. Tiempo de riego .....	34
Cuadro 10. Análisis de varianza para el numero de hojas por planta .....	52
Cuadro 11. Análisis de varianza para número de flores por planta.....	54
Cuadro 12. Análisis de varianza para el peso de frutos grandes .....	55
Cuadro 13. Análisis de varianza para el peso de frutos medianos .....	57
Cuadro 14. Análisis de varianza para el peso de frutos pequeños .....	58
Cuadro 15. Análisis de varianza de longitud del fruto.....	59
Cuadro 16. Análisis de varianza del diámetro de fruto .....	61
Cuadro 17. Análisis de varianza de numero de frutos por planta.....	63
Cuadro 18. Análisis de varianza de peso del fruto.....	64
Cuadro 19. Análisis de varianza de grados Brix .....	66
Cuadro 20. Análisis de varianza para el rendimiento por planta .....	67
Cuadro 21. Análisis de varianza para el rendimiento de UE .....	68
Cuadro 22. Cálculo de costos de producción de fresa .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Estructura y órgano de la planta de fresa .....	8
Figura 2.	Fenología del cultivo de fresa .....	12
Figura 3.	Ubicación geográfica del área de investigación .....	29
Figura 4.	Preparación de sustrato.....	35
Figura 5.	Colgado de mangas.....	36
Figura 6.	Distribución de mangas según el diseño.....	37
Figura 7.	Trasplante y apertura de boquetas .....	37
Figura 8.	Calibración de solución nutritiva para el cultivo en el tanque .....	38
Figura 9.	Croquis de área experimental .....	41
Figura 10.	Numero de hojas por planta .....	41
Figura 11.	Numero de flores .....	42
Figura 12.	Numero de frutos por planta.....	42
Figura 13.	Peso de frutos grandes.....	43
Figura 14.	Peso de frutos medianos .....	43
Figura 15.	Peso de frutos pequeños.....	44
Figura 16.	Diámetro del fruto .....	44
Figura 17.	Longitud del fruto .....	45
Figura 18.	Peso del fruto.....	45
Figura 19.	Rendimiento por planta.....	46
Figura 20.	Medición de Grados Brix .....	46
Figura 21.	Rendimiento por unidad experimental.....	47
Figura 22.	Temperatura del atemperado .....	49
Figura 23.	Humedad relativa.....	50
Figura 24.	Conductividad eléctrica.....	50
Figura 25.	El pH de la solución nutritiva .....	51

Figura 26.	Promedios para número de hojas por planta .....	53
Figura 27.	Promedios para número de flores por planta.....	54
Figura 28.	Promedios para el peso de frutos grandes .....	56
Figura 29.	Promedios para peso de frutos medianos .....	57
Figura 30.	Promedios para el peso de frutos pequeños .....	59
Figura 31.	Promedios para longitud del fruto .....	60
Figura 32.	Promedios para el diámetro del fruto .....	62
Figura 33.	Promedios para número de frutos por planta.....	63
Figura 34.	Promedios para el peso del fruto .....	65
Figura 35.	Promedios para Grados Brix .....	66
Figura 36.	Promedios para el rendimiento por planta .....	68
Figura 37.	Promedios para el rendimiento de la unidad experimental.....	69

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Análisis físico - química del agua.....	80
Anexo 2.	Balaceo de sales minerales para etapa de inicial.....	81
Anexo 3.	Balaceo de sales minerales para etapa de floración .....	81
Anexo 4.	Balaceo de sales minerales para etapa de fructificación.....	82
Anexo 5.	Los promedios de los variables de respuesta.....	82
Anexo 6.	Plantines para la investigación .....	83
Anexo 7.	Instalación de sistema riego y timer .....	83
Anexo 8.	Sales minerales utilizados en la presente investigación.....	84
Anexo 9.	Preparación del sustrato y colgado de mangas .....	84
Anexo 10.	Trasplante y etapa vegetativa de la fresa .....	85
Anexo 11.	Muestreo de plantas en la unidad experimental .....	86
Anexo 12.	Etapas de floración y fructificación.....	86
Anexo 13.	Conductividad eléctrica y pH de la solución nutritiva.....	87
Anexo 14.	Enraizador y concentración madre A y B.....	87
Anexo 15.	Gastos para el tratamiento I (V. Monterrey).....	88
Anexo 16.	Gastos para el tratamiento II (V. Sabrina).....	89
Anexo 17.	Gastos para el tratamiento III (V. San Andrea).....	90

**ABREVIATURAS**

BCA	Diseño bloques al azar
B/C	Relación Beneficio costo
CE	Conductividad eléctrica
cm	Centímetro
DF	Diámetro del fruto
DC	Día corto
DL	Día largo
DN	Día neutro
FAO	Food and Agriculture Organisation
GB	Grados brix
Hydro	Agua
Ha	Hectarea
INE	Instituto Nacional Estadísticas
kcal	Kilo calorías
kg	kilogramos
km	Kilómetro
LF	Longitud de fruto
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro

mS/cm	MiliSiemens/cm
NFP	Numero de frutos por planta
NFT	Nutrient Film Technique
NFL	Numero de flores
NHP	Numero de hojas
PFG	Peso de frutos grandes
PFM	Peso de frutos medianos
PPF	Peso de frutos pequeños
PF	Peso del fruto
Ponos	Labor o trabajo
$\mu\text{m}$	Micrómetro
REP	Rendimiento por planta
RUE	Rendimiento por unidad experimental
SN	Solución nutritiva
t	toneladas

## RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el Departamento de La Paz, en el Centro Experimental Kallutaca, con el objetivo de evaluar las características agronómicas de tres variedades de fresa: V. Monterrey, V. Sabrina y V. San Andreas. Se utilizó un sistema hidropónico en mangas verticales, permitiendo un seguimiento detallado de la adaptabilidad y producción de las fresas, con la aplicación de soluciones nutritivas ricas en macro y micro nutrientes.

La metodología incluyó la evaluación de parámetros como el número de hojas, flores y frutos, así como el tamaño, peso y rendimiento por planta. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con 324 plantas distribuidas en tres tratamientos. Los resultados mostraron que la variedad San Andreas destacó por su precocidad, entrando en producción a los 93 días con un promedio de 20 hojas por planta y frutos grandes que alcanzaron hasta 40 g cada uno, logrando un rendimiento de 10,462 kg/manga. La variedad Sabrina fue la segunda mejor opción, con producción iniciando a los 105 días y un rendimiento de 9,968 kg/manga. En cambio, la variedad Monterrey tuvo el rendimiento más bajo, con 6,818 kg/manga.

El tratamiento III resultó ser el más rentable económicamente, generando una ganancia de Bs. 2,456 por cada Bs. 1 invertido. Este tratamiento no solo ofreció el mayor beneficio costo-efectivo, sino que también garantizó el máximo rendimiento económico, consolidándose como la estrategia óptima para maximizar recursos en sistemas hidropónicos verticales. Estos hallazgos subrayan la viabilidad del cultivo hidropónico para mejorar la producción y rentabilidad en la agricultura moderna.

## ABSTRACT

This study was carried out in the Department of La Paz, at the Kallutaca Experimental Center, with the aim of evaluating the agronomic characteristics of three strawberry varieties: V. Monterrey, V. Sabrina and V. San Andreas. A hydroponic system in vertical sleeves was used, allowing a detailed monitoring of the adaptability and production of strawberries, with the application of nutrient solutions rich in macro and micro nutrients.

The methodology included the evaluation of parameters such as the number of leaves, flowers and fruits, as well as the size, weight and yield per plant. A randomized block experimental design was used with 324 plants distributed in three treatments. The results showed that the San Andreas variety stood out for its precocity, entering production at 93 days with an average of 20 leaves per plant and large fruits that reached up to 40 g each, achieving a yield of 10.482 kg/sleeve. The Sabrina variety was the second best option, with production starting at 105 days and a yield of 9.968 kg/sleeve. In contrast, the Monterrey variety had the lowest yield, with 6.818 kg/sleeve.

Treatment III turned out to be the most economically profitable, generating a profit of Bs. 2,456 for every Bs. 1 invested. This treatment not only offered the greatest cost-effective benefit, but also guaranteed the maximum economic return, consolidating itself as the optimal strategy to maximize resources in vertical hydroponic systems. These findings underline the viability of hydroponic cultivation to improve production and profitability in modern agriculture.

## 1. INTRODUCCIÓN

Careaga (2013) afirma que la fresa (*Fragaria sp*) pertenece a la familia de las rosáceas, es un cultivo diseminado por el mundo con una infinidad de variedades, lo cual se debe a un alto adaptabilidad extraordinaria en diferentes pisos ecológicas y a los modernos sistemas de manejo de cultivo, lo cual hace posible su producción desde las regiones frías hasta las regiones tropicales y sub tropicales.

Arredondo (2015), menciona que las consideraciones indicadas acerca de este cultivo, se deben proponer soluciones inmediatas que den lugar a la implementación de nuevas técnicas de producción que ofrezcan ventajas, principalmente en el manejo, optimización del espacio cubierto, calidad de los frutos con los que se obtenga finalmente un buen precio e ingresos al agricultor.

Según Garcia (2018), la introducción de la hidroponía en el cultivo de fresa representa una innovación significativa en comparación con los métodos tradicionales de cultivo en suelo. La técnica de cultivo hidropónico, con el sistema de mangas verticales, ofrece numerosas ventajas en términos de control de condiciones ambientales, nutrición de las plantas y manejo de plagas y enfermedades.

Amézquita (2020), menciona que la utilización de mangas verticales en el cultivo hidropónico de fresa permite una distribución más eficiente de las plantas, lo que pueda resultar en una mayor densidad de siembra y, por ende, una mayor producción por unidad de superficie. Además, al tener un control preciso sobre la solución nutritiva que recibe cada planta, se puede garantizar un suministro óptimo de nutrientes, lo que favorece un crecimiento saludable y una mayor productividad.

INTAGRI (2018), indica que la producción de fresa en invernadero con sistema hidropónico puede ofrecer la posibilidad de obtener frutos de alta calidad y en mayor cantidad durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas. Esto no solo puede satisfacer la demanda del mercado sino también reducir los riesgos asociados con factores ambientales adversos que podrían afectar la producción en campo abierto.

### 1.1. Antecedentes

Existen algunos antecedentes de producción de fresas en hidroponía en Sudamérica, por ejemplo, Copetti et al 2012, evaluaron la producción de tres variedades en Brasil (camarosa,

Albi3n y camino real) obteniendo un rendimiento medio de 341 g/planta para todas las variedades, pero es importante destacar que, si bien existen antecedentes de producci3n de fresa en hidroponía, esta temática no ha sido evaluada en latitudes altas por lo tanto existe la necesidad de investigar y el rendimiento, la adaptabilidad y la calidad de diferentes variedades más adecuados para este entorno por lo que muestran un interés creciente en la aplicaci3n de nuevas técnicas de cultivo innovadora para mejorar la producci3n.

Las investigaciones previas han demostrado que el cultivo de fresas en sistema hidropónico en mangas verticales puede resultar en un aumento de rendimiento por unidad de superficie, así como en una mejor calidad de la fruta. Además, se ha observado que este sistema puede contribuir a reducir problemas asociados con enfermedades y plagas al tiempo facilita la cosecha y el manejo de las plantas. Sin embargo, a pesar de estos avances, los estudios sobre la evaluaci3n del comportamiento agronómico de variedades específicas de fresa en este tipo de sistemas son limitados, (Kumar y Mishra, 2023)

Estos antecedentes han proporcionado informaci3n valiosa sobre los beneficios y desafíos asociados con el cultivo de fresas en mangas verticales con sistema hidropónico, así como han destacado la importancia de continuar investigando y evaluando el comportamiento agronómico de diferentes variedades de fresa bajo este sistema para seguir mejorando la producci3n de fresas de manera sostenible y eficiente.

## **1.2. Planteamiento del problema**

La producci3n de fresas es una actividad agrícola con un creciente interés debido a su alta demanda y rentabilidad. Sin embargo, el cultivo hidropónico en mangas verticales, aunque prometedor, carece de procedimientos estandarizados para evaluar el rendimiento de las diferentes variedades. Esto limita la capacidad de los productores para seleccionar las variedades más adecuadas que maximicen la producci3n y calidad del fruto.

La falta de un método claro para comparar el rendimiento agronómico de las variedades de fresa en este sistema puede resultar en decisiones subóptimas que afecten la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo. Por lo tanto, es imperativo desarrollar un protocolo de evaluaci3n que contemple variables clave como el número de frutos, tamaño, peso y rendimiento por planta, así como otros factores agronómicos relevantes.

El desafío radica no solo en establecer un método efectivo de evaluación, sino también en adaptarlo a las condiciones específicas del cultivo hidropónico en mangas verticales. Esto permitirá a los agricultores optimizar sus recursos y mejorar sus resultados económicos, garantizando así una producción sostenible y competitiva en el mercado. La investigación en este ámbito es crucial para proporcionar a los productores las herramientas necesarias para tomar decisiones informadas sobre qué variedades cultivar bajo este innovador sistema

### **1.3. Justificación**

La evaluación del comportamiento agronómico de variedades de fresa bajo el sistema hidropónico en mangas verticales es un estudio necesario para determinar la viabilidad y eficacia de este método de cultivo para la producción de fresas. Este tipo de evaluación permite analizar diferentes aspectos clave como el rendimiento de las variedades de fresa en términos de producción, calidad de la fruta, resistencia a enfermedades y plagas, así como la eficiencia del sistema hidropónico en términos de consumo de agua, nutrientes y espacio.

Al evaluar las variedades de fresa bajo este sistema, se pueden obtener datos concretos y comparativos que ayudarán a los agricultores y productores a seleccionar las variedades más adecuadas para su cultivo en mangas verticales. Además, este tipo de evaluación contribuye al avance de la investigación agronómica y al desarrollo de técnicas de cultivo más sostenibles y eficientes.

La presente investigación pretende estudiar el comportamiento agronómico en el sistema hidropónico en mangas verticales de variedades de fresa en ambiente controlado, este método tiene una distribución homogénea de agua a través de microtubo y se logra ganar el espacio aéreo en el invernadero hasta tres veces del área de producción normal y también se logra tener un mejor manejo y la producción de un mayor número de plantas evitando las pérdidas y reduciendo la mano de obra.

La relevancia de esta investigación radica en proporcionar a los productores la información necesaria para tomar decisiones informadas sobre la selección de variedades que mejor se adapten a la región y los requisitos óptimos de cultivo. Además, se explora la investigación en este campo con el objetivo de encontrar opciones rentables para los productores, brindándoles una visión amplia sobre la producción de fresas al conocer tanto sus aspectos

positivos como negativos, así como los costos asociados a la producción, instalación y los beneficios económicos que podrían aumentar los ingresos familiares. A través de este estudio, se busca mejorar los rendimientos mediante el análisis de factores como la frecuencia de aplicación de técnicas y la selección de variedades.

#### **1.4. Objetivos**

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

- Evaluar el comportamiento agronómico de variedades de fresa (*Fragaria sp.*) bajo el sistema hidropónico en mangas verticales en centro experimental de Kallutaca.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el comportamiento agronómico de las variedades de fresa (*Fragaria sp.*) bajo el sistema hidropónico en mangas verticales.
- Determinar el rendimiento de las variedades introducidas de fresa (*Fragaria sp.*) bajo el sistema hidropónico en mangas verticales.
- Determinar el B/C en variedades de fresa (*Fragaria sp.*) bajo el sistema hidropónico en mangas verticales.

#### **1.5. Hipótesis**

H<sub>0</sub>: El comportamiento agronómico de variedades de fresa (*Fragaria sp.*) bajo el sistema hidropónico en mangas verticales en centro experimental de Kallutaca no tienen diferencias significativas.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Importancia del cultivo de la fresa (*Fragaria sp.*)

Según Alandia (2005), actualmente el cultivo de fresa es de gran importancia económica, social y nutricional en diversas partes del mundo. Por sus características organolépticas, sus propiedades dietéticas y medicinales especialmente su acción antioxidante y su versatilidad para ser consumido en diferentes formas; también han determinado un fuerte incremento en el consumo de todo el mundo, encontrándose entre las diez especies frutales de mayor consumo.

### 2.2. Principales productores de fresa en el mundo

Según estudios realizados por FAO (2021), los principales países productores de fresa a nivel mundial son los siguientes:

**Cuadro 1. Producción de fresa a nivel mundial**

País	Producción (ton)	Producción por persona (kg)	Superficie (hectáreas)	Rendimiento (kg/hectárea)
China	3.389.620,19	2,432	129.046	26.266,8
Estados unidos	1.211.090	3,695	19.992	60.578,7
Turquía	669.195	8,281	18.676	35.831,8
México	542.890,63	4,352	11.905	45.601,6
Egipto	470.913,1	4,83	12.579	37.436,9
España	360.570	7,728	7.220	49.940,4
Federación rusa	237.200	1,615	35.466	6.688,1
Brasil	197.000,31	0,94	5.084	38.750,6

Fuente: Atlas Big FAO (2021)

Cortez (2011), indica que los datos oficiales del Ministerio de Agricultura, el rendimiento promedio de los cultivares de fresa en Argentina fue de 1240 kg/ha (equivalente a aproximadamente 26 g por planta considerando 50,000 plantas/ha) en cultivos extensivos. En contraste, en cultivos intensivos en Francia, los fresales pueden producir entre 100 y 120 kg por planta en el primer año, de 300 a 400 g en el segundo año, y entre 150 y 250 g en el tercer año. En el caso de cultivos particulares de menor escala, algunas variedades pueden alcanzar rendimientos sorprendentemente altos, superando el kilogramo por temporada.

### **2.3. Principales productores a nivel nacional**

Según INE (2022), respecto al rendimiento de frutilla en Bolivia, el año 2021 el rendimiento fue de 3260 toneladas métricas pero en el año 2022 se incrementó a 3307 toneladas métricas, siendo el departamento de Santa Cruz con más producción de 1694 toneladas métricas, Cochabamba con 1465 toneladas métricas, Tarija 100 toneladas métricas, Chuquisaca 27 toneladas métricas y el Departamento que menor producción tiene es La Paz con 22 toneladas métricas.

Cortez (2011), menciona que el Comarapa, es una región productora de fresa en Bolivia, se ha experimentado una disminución en el rendimiento del cultivo en los últimos años, pasado de 42000 kg/ha en épocas anteriores a alrededor de 25000 a 30000 kg/ha en la actualidad, debido a problemas como sequía, altas temperaturas y parcelas pequeñas que dificultan la competencia con otros países como Chile Perú y Argentina.

### **2.4. Características generales del cultivo de la fresa (*Fragaria sp.*)**

#### **2.4.1. Origen**

Según Agropedia y Fragaria (2021), la historia del cultivo de la fresa se remonta a los jardines de la antigua Grecia y Roma, siendo introducida por primera vez en Europa alrededor del siglo XIV. Se estima que la fresa moderna, científicamente denominada fragaria, tiene aproximadamente 250 años desde su desarrollo, aunque las primeras variedades domesticadas se remontan a unos 2000 años atrás. En Europa, la fresa era cultivada en los jardines de griegos y romanos antes de que se documentara su cultivo en el siglo XIV. Se destaca que la fresa es una planta herbácea de crecimiento rastrero que se propaga principalmente a través de estolones, produciendo frutos suculentos y aromáticos.

El comienzo del cultivo de fresas en Bolivia se remonta a la introducción de nuevas variedades y técnicas innovadoras para su producción. En 2005, una empresa se estableció en Comarapa, Bolivia, e implementó sistemas tecnificados como el riego por goteo y el mulch con el propósito de mejorar la productividad, la salud de las plantas y la calidad de la fruta. Anteriormente, las fresas se cultivaban en el suelo con riego por gravedad, pero la adopción de estas nuevas técnicas permitió un avance significativo en el cuidado de las plantas y la higiene de la fruta durante la cosecha. A pesar de las condiciones favorables de clima y suelos fértiles en Bolivia, los productores han enfrentado desafíos como sequías, altas temperaturas y terrenos pequeños que dificultan la competencia con otros países productores como Chile, Perú y Argentina. En la actualidad, el mercado interno principal para las fresas cultivadas en Bolivia se encuentra en Santa Cruz (Molina y Coarite, 2014)

#### **2.4.2. Taxonomía**

Dias (2023), hace referencia a la clasificación científica de la planta de fresa para establecer su taxonomía. La variedad de fresa ampliamente cultivada se conoce botánicamente como *Fragaria x ananassa*. A continuación, se presenta la taxonomía completa de la fresa común.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Rosoideae

Género: *Fragaria*

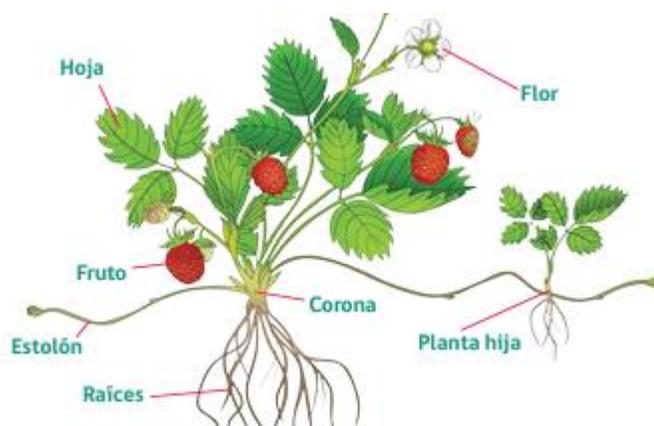
Especie: *ananassa*

Nombre común: fresa, fresón, frutilla

### 2.4.3. Características bonicas

Kirschbaum (2021), menciona que las características botánicas del cultivo de fresa incluyen pertenecer a la familia Rosaceae, es una planta híbrida derivada de un cruzamiento entre *F. Virginiana* y *F. chiloenses* en Francia en 1765. El género *fragaria* incluye 27 especies, mayormente presentes en zonas templadas del hemisferio norte, siendo un importante reservorio genético para programas de mejora genética.

Según AgroEs (2020), el desarrollo vegetativo y reproductivo de la fresa está influenciado por señales ambientales y fisiológicas que afectan su crecimiento, partición de asimilados, fenología, rendimiento agronómico y composición química del fruto. Las temperaturas críticas para la fresa abarcan desde la floración hasta la muerte de yemas florales con diferentes rangos para procesos como la fotosíntesis, crecimiento de raíces y detención del crecimiento. Además, existen tres tipos de plantas de fresa: día corto (DC), día largo (DL) y día neutro (DN), que responden de manera distinta al fotoperiodo para la inducción floral. En general el frío mejora el crecimiento vegetativo de las fresas, estimula la diferenciación floral y el desarrollo de inflorescencia, lo que influye en la propagación de plantas en regiones con veranos frescos para obtener plantas vigorosas y productivas donde se puede observar en la Figura 1.



**Figura 1. Estructura y órgano de la planta de fresa (Leod et al., 2020)**

#### 2.4.3.1. La raíz

INTAGRI (2017b), menciona que la fresa tiene un sistema radicular fibrosa, que se extienden horizontalmente desde la corona de la planta y pueden alcanzar una profundidad de hasta 30 cm. Las raíces laterales de la fresa son delgadas y se propagan rápidamente,

lo que las hace sensibles a la sequía y a la competencia con otras plantas por los nutrientes del suelo.

Según Cisne *et al.* (2022), las raíces están compuestas por una cabellera de raicillas de aspecto fibroso surgen de la corona el 70% se desarrollan principalmente en los primeros 15 centímetros llegando la punta hasta 30 centímetros de suelo.

#### **2.4.3.2. El tallo**

Rivas (2017), menciona que la fresa tiene un tallo herbáceo, elástico y perenne que está compuesta por fragmentos muy cortos, el cual tiende a lignificarse e introducirse verticalmente al suelo.

El autor también señala que la fresa es una planta perenne tratada como anual, posee una corona de tallo pequeño que contiene tanto yemas vegetativas como florales, de las cuales surgen hojas, estolones e inflorescencias.

#### **2.4.3.3. La hoja**

Briceño y Cochi (2021), menciona que la frutilla tiene hojas compuestas de tres folíolos, es decir es una hoja trifoliada con bordes aserrados. Sus hojas crecen en un patrón espiral del cual las hojas más nuevas, se encuentran en el centro de la roseta que forman las hojas al crecer. La formación de las hojas se lleva a cabo durante todo el ciclo de vida de la planta y se renuevan cada 8 a 12 días. El envés de las hojas está recubierto de pequeños pelos, tienen un alto número de estomas, lo que permite su transpiración y a la vez las hace muy sensibles a las altas temperaturas y prolongados ciclos de sequía. El tamaño de sus hojas varía en función de la variedad.

#### **2.4.3.4. Flor e inflorescencia**

Según Leod *et al.* (2020), la fresa es una planta perenne que pertenece a la familia rosácea y está constituida por un cáliz, compuesto normalmente por cinco sépalos, o más frecuentemente por un número variable, una corola compuesta generalmente por cinco pétalos que a menudo pueden ser más de 12, generalmente blancos de forma variable.

Rivas (2017), menciona que las inflorescencias de la planta de fresa se desarrollan a partir de una yema terminal o axilar de las hojas. Las flores de la fresa contienen de 5 a 6 pétalos

con aproximadamente 20 a 35 estambres en cada flor. Adicionalmente, tienen cientos de pistilos con un receptáculo carnoso. Al existir la fecundación, cada ovulo dará lugar a un fruto. Se caracterizan por ser de color blanco y son hermafroditas.

#### 2.4.3.5. Fruto y semilla

Según Leod *et al.* (2020), Las fresas son el fruto de la planta de la fresa, formadas por pequeños aquenios de forma ovalada que se tornan jugosos y aptos para el consumo al madurar. La planta de la fresa es hermafrodita, lo que indica que sus flores poseen órganos tanto masculinos como femeninos.

#### 2.4.3.6. Índice de la maduración de la fresa

Según Cisne *et al.* (2022) el índice de madurez más usado en la fresa es el color, seguido por la firmeza del fruto al tacto, por lo que una adecuada cosecha dependerá de la buena capacitación y entrenamiento del personal de cosecha, debiéndose dar toda la importancia que este aspecto tiene. El mínimo es de  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{3}{4}$  de la superficie en color rojo o rosa, dependiendo del grado de calidad.

#### 2.4.3.7. Tamaño del fruto

Ramirez (2011), indica en base a la norma NMX-FF-062-SCFI-2002 se determinó el tamaño de los frutos tomando en cuenta el diámetro ecuatorial de acuerdo al siguiente cuadro.

**Cuadro 2. Clasificación del fruto por tamaño**

tamaño	Intervalo de diámetro ecuatorial en cm
<b>A</b>	Mayor de 3,2
<b>B</b>	2,6 – 3,2
<b>C</b>	2,0 – 2,5
<b>D</b>	1,6 – 1,9

Fuente: Ramirez (2011)

#### 2.4.4. Fases fisiológicas del cultivo

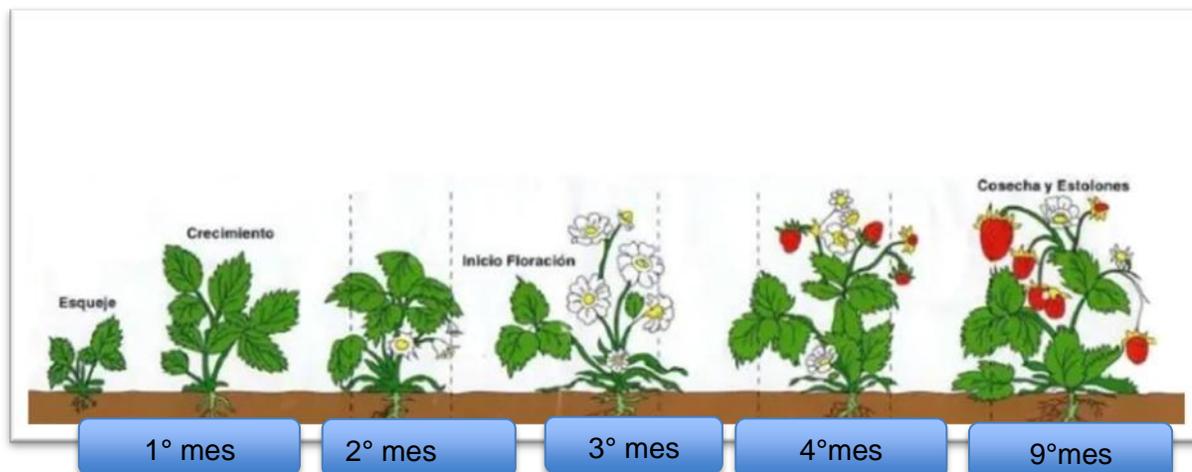
Según HEROGRA (2023), las fases fisiológicas del cultivo de fresa pueden dividirse en dos etapas principales: vegetativa y reproductiva.

1. **Etapla vegetativa:** Durante esta etapa, la planta de fresa se desarrolla y crece, formando brotes, hojas y raíces. La primera etapa de crecimiento vegetativo es la formación de brotes, que comienza con las yemas principales. Luego, se desarrollan las hojas, que van desde las primeras hojas emergentes hasta nueve o más hojas desplegadas. En esta etapa, la planta también comienza a formar estolones, que se utilizan para trasplantar brotes de la planta.
2. **Etapla reproductiva:** Después de la etapa vegetativa, la planta de fresa comienza a producir flores. La primera etapa de la etapa reproductiva es la aparición del órgano floral, donde se forman las primeras yemas florales. Luego, se produce la floración, donde las primeras flores se abren y la planta alcanza la plena floración, finalmente se forma el fruto, que madura y se recolecta.

Dentro de la etapa reproductiva, se pueden distinguir varias fases:

- Aparición de órgano floral: primera etapa en la que las primeras yemas florales salen de la planta.
- Floración: etapa en la que las primeras flores se abren y la planta alcanza la plena floración.
- Formación de fruto: etapa en la que el fruto comienza a formarse y maduro
- Maduración del fruto: etapa en la que el fruto alcanza su madurez y se recolecta.
- Senescencia y comienzo del reposo vegetativo: etapa en la que la planta comienza a entrar en reposo vegetativo y se prepara para la próxima temporada de crecimiento.

CULTIFORT (2021), menciona que, en la etapa reproductiva, las temperaturas y el fotoperiodo son factores importantes que afectan la maduración del fruto. Las temperaturas óptimas para producir fresas de calidad están entre los 14 y los 21°C, y las plantas deben tener entre 8 y 10 horas de luz al día para garantizar una correcta maduración de la fruta en la siguiente figura 2 se puede observar las fases fenológicas del cultivo de fresa.



**Figura 2. Fenología del cultivo de fresa (InfoAgro, 2021b)**

#### 2.4.5. Labores culturales

Portugal *et al.* (2019), menciona que el cultivo de fresa en hidroponía, las labores culturales varían un poco en comparación con el cultivo en suelo, ya que se trata de un sistema de cultivo sin suelo donde las plantas obtienen sus nutrientes directamente de una solución nutritiva. Aquí hay algunas labores culturales comunes en el cultivo de fresa en hidroponía:

1. **Preparación del sistema hidropónica:** Antes de sembrar las fresas, es necesario preparar el sistema hidropónico. Esto implica instalar el sistema de tuberías, tanques de solución nutritiva, bombas, y asegurarse de que todo esté funcionando correctamente.
2. **Siembra de plántulas o esquejes:** En el caso de la fresa, las plántulas o estolones se colocan en un sustrato como fibra de coco, lana de roca u otros medios de cultivo adecuados para hidroponía. Se asegura que las plantas tengan un buen drenaje y acceso a la solución nutritiva.
3. **Suministro de solución nutritiva:** En la hidroponía, las plantas obtienen todos sus nutrientes de la solución nutritiva. Es crucial monitorear y mantener los niveles de pH y de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes en los rangos adecuados para el crecimiento de las fresas.
4. **Riego automatizado:** Los sistemas hidropónicos suelen tener sistemas de riego automatizados que suministran la solución nutritiva directamente a las raíces de las plantas con la frecuencia y duración adecuadas. Esto puede ser programado para

funcionar varias veces al día, dependiendo de las necesidades de las plantas y del ambiente.

5. **Control de clima:** En la hidroponía, es importante mantener un ambiente óptimo para el crecimiento de las plantas. Esto puede incluir control de temperatura, humedad y ventilación en el invernadero o área de cultivo.
6. **Poda y eliminación de flores y estolones:** Para fomentar la producción de frutos de mayor calidad, se pueden realizar podas de hojas y eliminación de flores y estolones adicionales. Esto ayuda a que la planta concentre su energía en producir frutos.
7. **Monitoreo de plagas y enfermedades:** Aunque en hidroponía se reducen los riesgos de algunas enfermedades del suelo, aún es posible enfrentar plagas y enfermedades. Se deben monitorear las plantas regularmente y tomar medidas preventivas, como el uso de insecticidas y fungicidas orgánicos.
8. **Reposición y cambio de solución nutritiva:** Con el tiempo, la solución nutritiva se agota y se acumulan sales. Es necesario drenar y reemplazar la solución en intervalos regulares para mantener un ambiente saludable para las plantas.
9. **Cosecha y postcosecha:** La fresa se cosecha cuando está madura, lo que generalmente se determina por el color y la firmeza del fruto. En hidroponía, las fresas suelen ser más limpias al momento de la cosecha ya que no están en contacto directo con el suelo.

#### 2.4.6. Propagación

Frías ( 2012), indica que las fresas se pueden propagar de dos maneras principales:

##### 1. Propagación asexual:

- **Estolones:** Este es el método más común y efectivo para propagar fresas. Los estolones son tallos rastreros que crecen a partir de la planta madre. En las puntas de los estolones se forman nuevas plantas, estas nuevas plantas se pueden separar de la planta madre y replantarse en otro lugar.
- **División de la corona:** La corona es la parte central de la planta de fresa. Se puede dividir en varias secciones, cada una con una yema apical, y plantarlas por separado. Este método no es tan común como la propagación por estolones, pero puede ser útil para obtener un número limitado de nuevas plantas.

## 2. Propagación sexual:

- **Semillas:** Las fresas también se pueden propagar por semillas. Sin embargo, este método no es tan común como la propagación asexual, ya que las plantas tardan más en madurar y las semillas pueden ser difíciles de germinar.

### 2.4.7. Variedades de la fresa

Según Kirschbaum (2021), existen numerosas variedades de fresas, cada una con características específicas en términos de sabor, tamaño, color y resistencia a enfermedades. Aquí tienes una lista de algunas variedades populares de fresa:

#### a. Variedad Monterrey

La variedad de fresa Monterrey es una variedad de fresa de día neutral, lo que significa que produce frutos durante todo el año. Es una planta vigorosa con una alta producción de frutos grandes y firmes de color rojo brillante. Las fresas Monterrey tienen un sabor dulce y ligeramente ácido y son una buena opción para el mercado fresco o para la congelación.

Las fresas Monterrey se pueden cultivar en una variedad de climas, pero prosperan en climas templados con temperaturas frescas a cálidas. Se pueden cultivar en el suelo o en contenedores (LLAHUEN, 2021)

**Densidad de plantación:** 62.000 plantas/Ha (27 cm entre plantas)

**Potencial de rendimiento:** 81 Ton/Ha (temporada agrícola, periodo de 9 meses)

#### b. Variedad San Andrea

La fresa San Andrea es una variedad de fresa de día corto, lo que significa que produce frutos durante la primavera y el otoño. Es una planta vigorosa con una alta producción de frutos grandes y firmes de color rojo brillante. Las fresas San Andrea tienen un sabor dulce y ligeramente ácido y son una buena opción para el mercado fresco o para la congelación.

Las fresas San Andrea se pueden cultivar en una variedad de climas, pero prosperan en climas templados con temperaturas frescas a cálidas. Se pueden cultivar en el suelo o en contenedores (PROPLANTAS, 2021)

**Densidad de plantación:** 62.000 plantas/Ha (27 cm entre plantas).

**Potencial de rendimiento:** 78 Ton/Ha. (temporada agrícola de 9 meses).

### c. Variedad Sabrina

La fresa Sabrina es una variedad de fresa de día corto, lo que significa que produce frutos durante la primavera y el otoño. Es una planta vigorosa con una alta producción de frutos grandes y firmes de color rojo brillante. Las fresas Sabrina tienen un sabor dulce y equilibrado, con un toque de acidez, y son una buena opción para el mercado fresco o para la congelación.

Las fresas Sabrina se pueden cultivar en una variedad de climas, pero prosperan en climas templados con temperaturas frescas a cálidas. Se pueden cultivar en el suelo o en contenedores (Blanco, 2023).

**Densidad de plantación:** 62.000 plantas/Ha (27 cm entre plantas).

**Potencial de rendimiento:** 500 gramos por planta. (temporada agrícola de 9 meses).

### 2.4.8. Valor nutricional de la fresa

Según Nutrición (2017), las fresas son una fruta deliciosa y nutritiva. En el siguiente cuadro 3 se detalla un resumen del valor nutricional de las fresas para cada 100 gramos:

**Cuadro 3. Información nutricional de la fresa en 100 g**

<b>VALOR NUTRICIONAL DE LA FRESA</b>	
Calorías	32,24 kcal.
Grasa	0,40 g
Colesterol	0 mg.
Sodio	1,40 mg.
Carbohidratos	5,51 g.
Fibra	1,68 g.
Azúcares	5,50 g.
Proteínas	0,81 g.
Vitamina A	3 ug.
Vitamina B12	0 ug.
Hierro	0,46 mg.
Vitamina C	54,93 mg.
Calcio	21,47 mg.
vitamina B3	0,79 mg.

Fuente: FRUTHREE (2021)

## 2.5. Ambiente Atemperado

Zaragoza (2013), señala que el objetivo del invernadero es proporcionar y mantener un ambiente de crecimiento que produzca los máximos rendimientos y calidad del cultivo. El desarrollo de los cultivos, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado por cuatro factores ambientales o climáticos: luz, temperatura, humedad relativa y CO<sub>2</sub>. Para que las plantas puedan realizar sus funciones es necesaria la conjunción de estos factores dentro de unos límites mínimos y máximos, fuera de los cuales las plantas cesan su metabolismo, pudiendo llegar a la muerte. Además, el invernadero debe proporcionar protección contra el viento, lluvia, calor, frío, insectos plagas y enfermedades. Los elementos estructurales y de cubierta deben permitir la máxima transmisión luminosa al cultivo.

El plástico forma parte de un conjunto de elementos que ayudan a controlar las condiciones medioambientales dentro del invernadero, haciendo que el cultivo se desarrolle con precocidad y evitando factores externos que puedan afectar al cultivo (López, 2001).

Según Rivas (2017), los ambientes atemperados son infraestructuras atemperados de bajo costo, de fácil accesibilidad de materiales en el mercado y apto para el cultivo de hortalizas y plantas aromáticas, ideal para el altiplano y en la agricultura urbana y periurbana en las grandes ciudades de altura del occidente del país.

FAO (2024), indica que las carpas solares son una tecnología de bajo costo de fácil uso para las familias y aseguran el abastecimiento con alimentos ecológicos para mejorar la nutrición familiar, además de ofrecer la posibilidad de generar ingresos extras.

### 2.5.1. Tipos de invernaderos

Según Guardada (2022), existen varios tipos de invernaderos utilizados en la agricultura y la horticultura. Algunos de los más comunes son:

- **Invernadero túnel:** Este tipo de invernadero tiene forma curva u ovalada y es adecuado para pequeñas superficies y pequeños cultivos, como por ejemplo cultivos hortícolas. Es resistente al viento y la lluvia y permite la instalación de sistemas de ventilación y climatización.
- **Capilla invernadero:** Este tipo de invernadero tiene techo puntiagudo o a dos aguas y está fabricado de vidrio u otros materiales transparentes. Es adecuado para el

cultivo de plantas u hortalizas durante todo el año y permite aumentar la calidad, el rendimiento y el tiempo de producción del cultivo. También permite la instalación de sistemas de ventilación y control climático.

- **Invernadero tipo parral:** Este tipo de invernadero tiene un techo plano o ligeramente inclinado y es adecuado para zonas con fuertes vientos. Es resistente al viento y la lluvia y permite la instalación de sistemas de ventilación y climatización.
- **Invernadero tipo Venlo:** Este tipo de invernadero tiene techo a dos aguas y está fabricado en vidrio u otros materiales transparentes. Es adecuado para el cultivo de plantas u hortalizas durante todo el año y permite aumentar la calidad, el rendimiento y el tiempo de producción del cultivo. También permite la instalación de sistemas de ventilación y control climático (InfoAgro, 2021a)

## 2.6. Sustratos

Fernandez (2015), señala que los sustratos están constituidos por medios sólidos inertes, utilizados en la hidroponía y la jardinería para brindar soporte en tus cultivos, anclar de forma correcta la raíz, retener líquidos y fomentar el intercambio gaseoso, con la finalidad favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tarquino (2018), menciona que entre los sustratos sólidos que más se han utilizado en el cultivo hidropónico cabe mencionar la arena de río, arena de mar, grava, ladrillo triturado, fibra de coco, aserrín de madera, vermiculita, perlita, fibra de roca entre otros materiales.

Según Jua (2021), las plantas de frutilla necesitan sustratos adecuados con buena porosidad, buen drenaje, buena retención de humedad y con densidades acordes a la temperatura del invernadero.

El mismo autor indica que los estudios realizados en cultivos hidropónicos, manifiestan que el sustrato óptimo es el resultado de la conjunción de las diferentes características de los sustratos con su correcto manejo, de tal manera que se proporcione a las plantas, a través de las raíces niveles adecuados, de humedad, nutrientes minerales, oxigenación, sostén y oscuridad.

Los mejores sustratos deben permitir que exista entre un 15 al 35% de aire y del 20 al 60% de agua en relación con su volumen total. Para lograr estas condiciones, es importante que los sustratos tengan la capacidad de retener la humedad, permitan una buena aireación,

tengan una buena estabilidad física, sean inertes químicamente, tengan un buen drenaje, tengan capilaridad, sean de bajo costo, sean livianos y deben estar disponibles (Careaga, 2013)

### **2.6.1. Cascarilla de arroz**

La cascarilla de arroz tiene características y propiedades químicas con baja tasa de descomposición, es liviana, inerte, no tiene humedad y provee aireación y buen drenaje, su capacidad de retención de humedad (Montaño, 2003).

### **2.6.2. Arena**

Cuando se usan arenas de ríos, estos materiales deben lavarse cuatro o cinco veces en recipientes grandes, para eliminar todas aquellas partículas pequeñas que flotan, esto por la precaución de eliminar soluciones minerales que puedan alterar nuestro pH (Fernandez, 2015).

### **2.6.3. Ladrillo molido**

Según Bárbaro *et al.* (2021), el sustrato de ladrillo molido tiene una buena capacidad de retención de agua y nutrientes tanto en la superficie como en el interior de las partículas debido a su buena porosidad, también proporciona la aireación a las raíces de las plantas y ayuda retener la humedad de manera adecuada.

## **2.7. pH (5,5-6,0)**

Zaragoza (2013), indica que el pH de una solución nutritiva marca el carácter ácido o básico, e influye sobre la solubilidad de los iones; en general, nuestras aguas tienen un pH básico, pudiéndose dar en dichas condiciones insolubilidades y precipitados, evitando la buena nutrición y provocando la obturación de los goteros en el sistema de riego. La mayor parte de las plantas trabajan bien en soluciones nutritivas con pH comprendidos entre 5 y 7, en los cultivos hidropónicos generalmente se trabaja con pH de 5.5 a 5.8, puesto que en dicho rango de pH se encuentran mejor disueltos los iones, especialmente el fósforo y los micro elementos.

El mismo autor indica que el agua de riego el pH suele ser básico y para bajarlo generalmente hacemos uso de ácidos, como puede ser el ácido fosfórico, sulfúrico o el

nítrico, encargados de neutralizar al ion bicarbonato; este actúa de elemento tampón, debiendo mantener en las soluciones nutritivas finales unos 0.5 milimol/litro para evitar caídas bruscas de pH.

García (2018), menciona que el rango óptimo de pH para la mayoría de cultivos que crecen en un medio sin suelo es 5,8 a 6,4 debido a que en este rango los micronutrientes son suficientemente solubles para satisfacer las necesidades de la planta, sin poseer una solubilidad excesiva que los convierta en tóxicos.

## **2.8. Conductividad eléctrica (CE)**

Según Condori (2023), la conductividad eléctrica (CE) es un factor crucial en la hidroponía de fresas, ya que indica la concentración de sales disueltas en la solución nutritiva. Estas sales son esenciales para el crecimiento de las plantas, pero un exceso o una deficiencia pueden afectar negativamente su desarrollo.

### **a. Rango ideal de CE para fresas:**

- **Fase vegetativa:** 1.4 - 1.5 mS/cm
- **Fase de fructificación:** 1.6 - 1.8 mS/cm

### **b. Sensibilidad a la salinidad:**

INTAGRI (2014), indica que las fresas son sensibles a la salinidad, por lo que es importante mantener la CE dentro del rango ideal. Si la CE es demasiado alta, las plantas pueden sufrir estrés y deshidratación, lo que puede afectar el crecimiento, la producción de frutos y la calidad de las fresas.

### **c. Monitoreo y ajuste de la CE:**

El mismo autor indica que es fundamental monitorizar la CE de la solución nutritiva de forma regular con un conductímetro. Si la CE está fuera del rango ideal, se debe ajustar la concentración de la solución nutritiva.

## **2.9. Hidroponía**

Para Ardila (2017), la palabra Hidroponía se deriva etimológicamente de las siguientes voces griegas: Hydro = que significa "Agua" y Ponos = que significa "labor o trabajo". Lo que significa literalmente trabajar o cultivar sin usar el suelo es decir teniendo como soporte de las plantas solamente el agua. Son muchos los métodos de los cultivos hidropónicos

actuales y sus variaciones ocupan otros sustratos tales como arena, grava, piedra pómez, aserrines, arcillas, cascarillas de arroz etc. a los cuales se les agrega los elementos nutrientes que comúnmente subsisten en los cultivos normales.

La hidroponía es un método de cultivo de plantas que prescinde del suelo y utiliza una solución acuosa de nutrientes para alimentar a las plantas directamente. En vez de crecer en tierra, las raíces de las plantas se sumergen o se exponen a esta solución nutritiva, lo que les permite absorber los minerales necesarios para su crecimiento. Este sistema hidropónico controlado ofrece beneficios como un uso eficiente del agua, un mayor control de nutrientes y la capacidad de cultivar en espacios reducido (INTAGRI, 2017a)

### 2.9.1. Tipos de sistemas hidropónicos

Para Sela (2024), existe varios tipos de sistemas hidropónicos, cada uno con sus propias características y formas de suministrar agua y nutrientes a las plantas. Aquí se detalla algunos de los sistemas hidropónicos más comunes:

**NFT (Nutrient Film Technique):** Una película delgada de solución nutritiva fluye continuamente sobre las raíces de las plantas, que se encuentran en canales o tubos. Este sistema es eficiente en el uso del agua y los nutrientes.

**Sustrato inerte:** Las raíces de las plantas se encuentran en un sustrato inerte como la perlita, la lana de roca o el coco, que se mantiene húmedo con la solución nutritiva. Este sistema es versátil y se puede adaptar a diferentes tipos de plantas.

**Flujo y reflujo:** Las raíces de las plantas se encuentran en un recipiente que se llena y se vacía de forma periódica con la solución nutritiva. Este sistema es eficiente en el uso del agua y los nutrientes.

**Aeroponía vertical:** Similar a la aeroponía tradicional, pero las plantas se cultivan en una estructura vertical (VERDEGEN, 2017).

### 2.10. Cultivos verticales

Pérez y Díaz (2019 ), menciona que los cultivos verticales son sistemas de producción agrícola que permiten cultivar plantas en espacios verticales, aprovechando el espacio en altura. Estos sistemas son especialmente útiles en áreas urbanas donde el espacio

horizontal es limitado, pero también se utilizan en entornos agrícolas tradicionales para aumentar la eficiencia del espacio y la producción.

FAO (2003), indica que en las mangas verticales solo deben sembrarse especies de trasplante, usando este sistema se han tenido muy buenos resultados con la fresa o frutilla, perejil lechugas y plantas ornamentales porte reducido. Para la preparación del sustrato de estas mangas, se debe disminuir un poco la cantidad del componente más pesado y aumentar el componente más liviano y que retenga la humedad. La nutrición se hace de la misma manera que en un contenedor de madera, regando todos los días con solución nutritiva y con agua cuando es necesario.

Preciado (2023), señala que se utilizan sacos de plástico oscuro de 2 m de longitud por 15 cm de diámetro, los sacos se cuelgan a un soporte, son llenados con un sustrato preparado. Luego son perforados con orificios de 5 cm cada 15 cm para el trasplante de las plantas. El sustrato del cultivo tiene las siguientes proporciones tierra del lugar 50%, estiércol 25% y arena fina 25%.

### **2.10.1. Cultivos verticales de frutilla**

Para Alaro (2011), el sustrato debe contar con una alta capacidad de retención de humedad, ya que la solución se drena fácilmente debido a la posición del tubo. Se puede considerar el uso de cascarilla de arroz, ceniza de arroz, piedra pómez o una combinación de estos materiales. La mezcla de cascarilla y escoria en proporciones que van desde 1 a 1 hasta 3 a 1 por volumen ha demostrado dar resultados óptimos. Las plantas se distribuyen en cuatro hileras verticales, con los estolones separados entre sí por 25-30.

Rivas (2017), menciona que analizaron este tipo de sistema indican, que es un cultivo forzado un costo de mano de obra reducido y espacios físicos disponibles, en él se puede optimizar el uso del agua y la disminución de insumos, además se eleva la calidad y rendimiento, manifiestan algunas ventajas del sistema verticales de producción de la fresa

- Mayor densidad de plantación como en el suelo.
- No hay laboreo como en el suelo.
- Fruto firme.
- Facilidad de protección cuando están en invernadero.
- Conseguir una producción unitaria más elevada.

- Disminuir gastos de operación en el cultivo.
- Mantener los cultivos en un ambiente fitosanitario bueno.

### 2.10.2. Ventajas y desventajas de cultivos verticales

Careaga (2013), menciona que entre las desventajas de cultivos verticales están:

- Un alto costo inicial.
- Riego mal distribuido (pasa mayor cantidad de agua hacia abajo).

El mismo autor señala las ventajas para los cultivos verticales.

- Menor cantidad de riego.
- Un excelente control de malezas.
- Fácil y cómoda manutención.
- Poco espacio, mayor producción.
- Resolver el problema del cansancio de suelo.
- Mantener los cultivos en un ambiente fitosanitario extraordinario limpio.

### 2.10.3. Ventajas de cultivos verticales frente al cultivo en suelo

DANTHERM (2023), indica que los cultivos verticales presentan varias ventajas frente al cultivo en suelo, especialmente en términos de eficiencia, ahorro de agua y espacio y control del clima. Alguna de estas ventajas se detalla en el cuadro 4:

- Aprovechamiento eficiente del espacio; los cultivos verticales permiten cultivar más plantas en un espacio reducido.
- Mayor productividad por unidad de área
- Menor consumo de agua al utilizar sistemas de riego más eficientes.
- Posibilidad de cultivar en áreas urbanas o con limitaciones de espacio.

**Cuadro 4. Comparación entre la producción en suelo e hidroponía**

cultivos	suelo		Hidroponía	
	Plantas/m <sup>2</sup>	Rendimiento (ton/ha)	Plantas/m <sup>2</sup>	Rendimiento (ton/ha)
Frutilla	5	10 – 12	10 – 16	60 – 80
Papa	4	15 – 20	6 – 8	60 – 70
Tomate	6	30 – 40	2 – 8	150 – 200
Vainita	40	5 – 7	2 – 3	40 – 45

Fuente: INTAGRI (2014)

## 2.11. Condiciones Agro climatológicas del cultivo de fresa

### 2.11.1. Humedad relativa

InfoAgro (2021b), indica que el rango óptimo de humedad relativa oscila entre el 65 y 70%. Si la presencia de humedad es excesiva, favorece la presencia de enfermedades, mientras que, si es deficiente, provoca daños en la producción.

### 2.11.2. Temperatura

Según PROAIN (2020), las fresas prefieren temperaturas óptimas para un crecimiento saludable y una buena producción de frutas. Aquí se puede observar en el cuadro 5 un resumen de las temperaturas ideales para el cultivo de fresa:

**Cuadro 5. Temperaturas para el cultivo de fresa**

<b>Etapas de desarrollo</b>	<b>Temperaturas óptimas</b>
<b>Mejor desarrollo de las raíces</b>	Temperaturas mínimas 8 a 10°C
	Temperatura optima 25°C
	Temperaturas máximas 23 a 27°C
<b>Desarrollo foliar y floral</b>	Temperaturas mínimas 5 a 10°C
	Temperatura optima 23°C
	Temperaturas máximas 27 a 35°C
<b>Maduración de frutos</b>	Temperaturas mínimas 10 a 13°C
	Temperatura optima 21°C
	Temperaturas máximas 18 a 25°C

Fuente: Garcia (2018)

### 2.11.3. Luz

InfoAgro (2021b) indica que, en cuanto a la luz necesitan 12 horas de luz diarias para tener buena producción.

## 2.12. Sistema de riego

INTAGRI (2018), indica que la fresa es un cultivo muy exigente tanto en la cantidad de agua, bien repartida y suficiente a lo largo del cultivo, como en la calidad que presente ésta; presenta gran sensibilidad a la salinidad, no soporta concentraciones de 1 g por litro de agua. Se considera que la planta tiene un consumo hídrico de 400 a 900 mm/año.

Alandia (2005), indica que es bueno mantener un suministro constante y equilibrado de agua es crucial para evitar situaciones de estrés en las plantas. Los niveles de agua necesarios varían según las particularidades del cultivo y la región, pero en términos generales, se estima que una planta en pleno crecimiento y producción necesita alrededor de 6 mm de agua al día.

El mismo autor menciona que los sacos pueden ser irrigados por medio de tuberías con puntos de descarga cada 0,30 m y caudales de 2,9 L/hora/goteo, a una presión de trabajo de 0,7 Kg/m<sup>2</sup>. Los volúmenes de agua aplicados están en función de las circunstancias medio ambientales y de los requerimientos de la planta, de manera que se obtenga la mínima percolación en los orificios de drenaje en la parte inferior del saco.

Cortez (2011), menciona que el sistema de riego en sacos verticales en el cultivo de fresa presenta varias ventajas, como una mayor fructificación y una reducción del daño en el fruto, lo que permite una cosecha más exitosa. Además, el uso de sacos verticales permite aprovechar el espacio aéreo entre el suelo y la cobertura del invernadero, lo que puede optimizar la producción en frutilla. Algunas consideraciones importantes para el sistema de riego en sacos verticales de fresas son:

1. Instalar goteros en cada saco para asegurar un suministro uniforme de agua a las plantas.
2. Programar adecuadamente la frecuencia y duración del riego para mantener la humedad óptima en los sacos.
3. Monitorear regularmente la humedad del sustrato para ajustar el riego según las necesidades de las plantas.
4. Utilizar soluciones nutritivas equilibradas para garantizar un buen crecimiento y desarrollo de las fresas en los sacos verticales.
5. Considerar la calidad del agua utilizada en el riego para evitar problemas de salinidad o acumulación de sales en el sustrato.

### **2.12.1. Tiempo de riego**

Cortez (2011), indica que al saco de plástico el riego y nutrición se efectúa en forma automática por medio de un sistema de riego por goteo desde un depósito central, a través de un micro tubo que va en cada uno de los sacos. El tiempo de riego debe ser de 30 min, día por medio a razón de 4 L por saco.

GroHo (2024), indica que el tiempo de riego para el cultivo de fresa en hidroponía es alrededor de 2 a 5 minutos, con un suministro de hasta 1 l de agua por saco por irrigación. La frecuencia de riego puede variar dependiendo del sistema de riego y las condiciones de cultivo, pero generalmente se realiza varias veces al día para mantener la humedad y los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Es importante tener en cuenta que la calidad del agua y la fertilización también son factores críticos en el cultivo de fresa en hidroponía.

### 2.13. Solución nutritiva

Peada y Torres (2001), indica que la solución nutritiva para hidroponía es una mezcla de nutrientes disueltas en agua que se utilizan para alimentar a las plantas en este sistema de cultivo. La composición y proporción de los nutrientes varía dependiendo del tipo de cultivo, etapa de crecimiento y requerimiento específicos de las plantas. La solución debe ser preparada y analizada periódicamente para asegurar una nutrición adecuada y equilibrada de las plantas.

Existen diversos factores que se debe considerar para un adecuado control y manejo de la solución nutritiva, lo cual repercutirá directamente en la calidad del producto obtenido (Paye, 2015).

- a. **El agua:** Para la preparación de las soluciones nutritivas se puede utilizar agua de pozo, de lluvia bien limpia, purificada, de acueducto urbano, o destilada. El agua de arroyos o de ríos debe asegurar una limpia pureza en lo referente a materiales orgánicos, así como un contenido no muy elevado de sales minerales. En zonas de pocas lluvias se han ido incrementando los Cultivos Hidropónicos como medio para el ahorro de agua, principalmente cuando ésta se obtiene desalinizando agua de mar de pozos muy salobres.
- b. **El Oxígeno:** Una importante condición para el éxito de los Cultivos Hidropónicos es la respiración de las raíces. Estas, al igual que cualquier otro organismo formado por células vivas, necesitan Oxígeno para respirar y este oxígeno les tiene que llegar desde la superficie a través de los poros abiertos del sustrato. La adecuada selección del medio de siembra optimiza el acceso del Oxígeno a cada una de las raíces de la planta.

## 2.14. Requerimientos nutritivos de la fresa

HEROGRA (2023), indica que las fresas son un cultivo exigente en cuanto a la nutrición. Para obtener una producción óptima de fruta de alta calidad, es fundamental proporcionar a las plantas los nutrientes esenciales en las cantidades adecuadas.

Paye (2015), menciona que es así que las soluciones nutritivas contienen son elementos esenciales para la planta que son 16 elementos de macro y micro elementos (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg y S,) (Fe, Cu, Mn, Mo, Cl, B y Zn) respectivamente.

**Cuadro 6. Requerimientos nutricionales para el cultivo de fresa**

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CULTIVO DE FRESA (FRUTILLA)			
ELEMENTO	SIMBOLOGÍA	en ppm	
		Crec. Vegetativo	Florac. y Fructif.
Nitrógeno Total	N	180	170
Fósforo	P	45	50
Potasio	K	260	320
Calcio	Ca	160	170
Magnesio	Mg	50	50
Azufre	S	70	70
Hierro	Fe	2.0	2.5
Boro	B	0.8	1.0
Manganeso	Mn	1.0	1.0
Zinc	Zn	0.2	0.25
Cobre	Cu	0.2	0.25
Molibdeno	Mo	0.08	0.10

Fuente: Rodríguez (2016)

### 2.14.1. Macronutrientes

GRUPOFRAGARIA (2022), indica que los macronutrientes son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las fresas. Estos nutrientes son los siguientes:

- **Nitrógeno (N):** El nitrógeno es esencial para el crecimiento vegetativo de las plantas de fresa. Favorece la producción de hojas, tallos y raíces. La deficiencia de nitrógeno puede provocar un crecimiento lento, hojas pálidas y una producción de fruta reducida.
- **Fósforo (P):** El fósforo es importante para el desarrollo del sistema radicular, la floración y la fructificación. La deficiencia de fósforo puede retrasar la maduración de la fruta y reducir su tamaño y calidad.

- **Potasio (K):** El potasio es esencial para la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la transpiración. La deficiencia de potasio puede provocar hojas con manchas marrones, bordes quemados y una fruta de menor calidad.

#### 2.14.2. Micronutrientes

Morales (2007), indica que los micronutrientes más importantes para el cultivo de fresa son los siguientes elementos:

- **Calcio (Ca):** El calcio es importante para la estructura de la pared celular y la resistencia a las enfermedades. La deficiencia de calcio puede provocar pudrición de la fruta y problemas de almacenamiento.
- **Magnesio (Mg):** El magnesio es un componente esencial de la clorofila y participa en la fotosíntesis. La deficiencia de magnesio puede provocar hojas amarillas y una reducción del crecimiento.
- **Boro (B):** El boro es importante para la polinización, la cuajada de la fruta y el desarrollo de las semillas. La deficiencia de boro puede provocar una mala formación de la fruta y una reducción del rendimiento.
- **Hierro (Fe):** El hierro es esencial para la síntesis de clorofila. La deficiencia de hierro puede provocar hojas amarillas y un crecimiento lento.
- **Zinc (Zn):** El zinc es importante para la síntesis de proteínas y la actividad enzimática. La deficiencia de zinc puede provocar un retraso en el crecimiento, hojas pequeñas y una reducción del rendimiento.

#### 2.15. Automatización

Peada y Torres (2001), indica que la Automatización, es un sistema diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana

El mismo autor indica que el proceso de automatización se debe estructurar de tal manera que las etapas del sistema tengan un orden lógico para que pueda realizar los objetivos a la cual esta designada.

Mayra Murcia Meléndez *et al.* (2023), menciona que el uso de temporizadores en el cultivo hidropónico de fresas es fundamental para controlar y regular la frecuencia y duración de la irrigación, asegurando que las plantas reciban la cantidad adecuada de agua y nutrientes

en el momento preciso. Los temporizadores permiten automatizar el sistema de riego, lo que es esencial para mantener un ambiente óptimo para el crecimiento de las fresas en este tipo de cultivo. Además, el uso de temporizadores en la fertirrigación en sistemas hidropónicos contribuye a la eficiencia en la entrega de nutrientes a las plantas lo que es crucial para maximizar la productividad y la calidad de los cultivos de fresa.

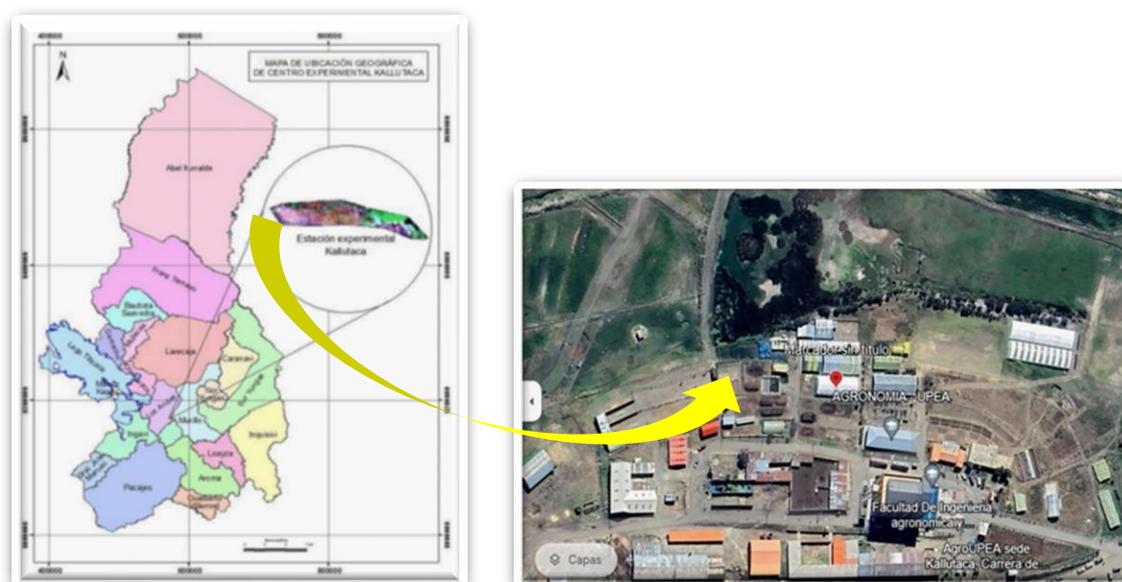
El mismo autor indica que el temporizador permite automatizar el bombeo y la recirculación del agua del sistema hidropónico. Se sugiere que el movimiento del agua sea una hora dos veces al día.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

El presente trabajo se realizó en el Centro Experimental de Kallutaca dependiente de la Universidad Pública de El Alto (UPEA). La estación forma parte de Kallutaca que es una de las 51 comunidades de la segunda sección del municipio de Laja, provincia los Andes del departamento de La Paz, a una distancia de 20 Km. de la ciudad de El Alto.

Geográficamente se encuentra localizada en las siguientes coordenadas: 16°31'25" Latitud Sur y 68°18'31" Longitud Oeste y una altitud de 3900 msnm (Google Earth, 2024).



**Figura 3. Ubicación geográfica del área de investigación (Google Maps, 2024)**

#### 3.2. Características Edafoclimáticas

##### 3.2.1. Clima

La evaporación media se encuentra los máximos valores en los meses de septiembre a febrero con 5 a 5.2 mm como promedio, en los meses de marzo a julio disminuye entre 4.1 a 3.9 mm con una acumulación anual de 55.2 mm (Guarachi, 2011).

El comportamiento de la temperatura media es de 7,1°C, se cuentan con temperaturas extremas mínimas de -10,8 a -11,0°C n los meses de mayo, junio y julio indicando

temperaturas bajo cero. En los meses de noviembre y diciembre se observa comportamiento de temperaturas máximas de 21,6 a 22,3°C (Paye, 2015).

El mismo autor menciona que existe intensa radiación solar durante el día, que contrasta con las bajas temperaturas nocturnas, provocando grandes variaciones térmicas que derivan en diferentes grados de estrés térmico de los cultivos, los mismos que pueden llegar a bajar considerablemente su producción en los días de helada en el invierno (mayo, junio y julio), cabe mencionar que el riesgo de helada se presenta durante todos los meses del año, aun en el verano.

### **3.2.2. Topografía**

La topografía es esencialmente plana, puesto que más de 80 % de su superficie tiene una pendiente menor al 2 %, sin embargo, se debe tener en cuenta que alrededor del 13 % del área municipal tiene una pendiente elevada (Cruz, 2021)

### **3.3. Características del invernadero**

El ambiente protegido o invernadero, es de tipo túnel, con una medida de 30 m de largo y 10 m de ancho, con una altura de 5 m y los costados totalmente cubiertos con el agrofil de 250 micras el cual fue construido con estructurada metálica. La infraestructura ocupa una superficie de 300 m<sup>2</sup>, conformada con una puerta frontal para el acceso de los obreros o investigadores. la superficie utilizada para el presente trabajo de investigación fue de 3m<sup>2</sup>.

### **3.4. Materiales**

#### **3.4.1. Material genético o biológico**

Las plantas utilizadas en el presente estudio fueron adquiridas a raíz desnudo del vecino país Perú del departamento de Lima, provincia Huaral considerando la siguiente distribución: 200 plantas de variedad Monterrey, 200 plantas de variedad San Andrea y 200 plantas de variedad Sabrina teniendo un total de 600 plantas. Estas variedades fueron seleccionados debido a su gran adaptación en diferentes pisos ecológicos y también por su popularidad en el mercado nacional en el siguiente cuadro 7 se puede observar las características de las tres variedades.

**Cuadro 7. Las tres variedades de fresas y sus características**

<i>Variedad</i>	<i>Potencial de producción</i>	<i>Época de producción</i>	<i>Densidad de la plantación</i>	<i>Requerimientos edafológicos</i>	<i>Estación del año</i>
V. Monterrey	intermedio	Diciembre – abril	6 plantas por m <sup>2</sup>	Temperaturas adecuadas 12 °C	Primavera - verano
V. San Andrea	alta	Septiembre -abril	6 – 7 plantas por m <sup>2</sup>	Cualquier clima	Verano - otoño
V. Sabrina	intermedio	Septiembre – abril	6 – 7 plantas por m <sup>2</sup>	Clima templado	Otoño

### 3.4.2. Material de campo

Los materiales que se utilizaron para llevar a cabo la investigación fueron los siguientes:

- Una bomba de 0,5 HP de potencia.
- Una barra de tubo PVC de 1 pulgada.
- Accesorios para la conexión (unión universal, reducción de 1 a ¾, tapón hembra, enlace múltiple, gotero auto compensado 8l/h).
- 10 metros de poli tubo de ¾.
- 20 metros microtubos con 6 milímetros de diámetro.
- Un tanque para la solución con capacidad de 450 litros.
- Un temporizador (timer) manual e interruptor termomagnético.
- Plástico agro film de 250 micras.
- 10 metros de alambre galvanizado.
- Pala para la mezcla de sustratos.
- Marbetes para identificar a las plantas.
- Cinta métrica para medir el poli tubo.
- Libreta de campo.
- pH metro y Conductímetro para medir la solución nutritiva.
- Vernier marca TRUPER (99,00 ± 0,01) milímetros.
- Una balanza de precisión (300,00 ± 0,01) g.
- dos bidones de 10 litros para preparar el concentrado madre A y B.

- un refractómetro de mano para medir el Grados Brix

### 3.4.3. Sustratos

- Cascarilla de arroz
- Arena
- Ladrillo molido

### 3.4.4. Insumos químicos

**Cuadro 8. Sales minerales para preparar los concentrados madre A y B**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>ACIDO</b>
Mult NPK Haifa ( $\text{KNO}_3$ )	Calcium nitrate (nitrato de calcio) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Ácido fosfórico
MAP (fosfato monoamónico) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$		
MULTIMAG (sulfato de magnesio) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$		
FETRILON COMBI 2		
Cloruro de potasio (KCl)		

### 3.4.5. Material de escritorio

- Escritorio
- Computadora
- Calculadora
- Cuaderno de registro y tablero
- Cámara fotográfica
- Marcadores
- Hojas bon

## 3.5. Metodología

### 3.5.1. Desarrollo del ensayo

#### 3.5.1.1. Invernadero

Para la presente investigación se utilizó un invernadero tipo túnel que pertenece a la Universidad Pública de el Alto UPEA, cuyas paredes laterales se conformaron por malla

anti áfido y agrofil blanco lechuzo con el objetivo de disminuir los rayos ultra violetas que ingresa en el invernadero.

Este cuenta con un porcentaje de difusión de luz mayor o igual a 50%. La nave del invernadero tuvo una dimensión de 10 metros de ancho por 30 metros de largo, en su totalidad el invernadero tiene una superficie de 300 metros cuadrados, de los cuales 3 metros cuadrados fueron utilizados en el presente estudio.

### **3.5.1.2. Análisis de agua**

Se llevó a cabo la evaluación físico-química del agua en el laboratorio de calidad ambiental del Instituto de Ecología de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Universidad Mayor de San Andrés, con el fin de obtener los valores de pH y conductividad eléctrica CE requeridos para su utilización en el sistema hidropónico. Este análisis fue beneficioso para la elaboración de la solución nutritiva empleada en el crecimiento de los cultivos (anexo 1).

### **3.5.1.3. El balanceo de sales minerales según el requerimiento del cultivo**

El balanceo de sales minerales se realizó con el programa hydrobuddy según la fase fonológica del cultivo para cada 1000 litros y se utilizó los datos de análisis de agua para tener un buen balanceo y las riquezas de sales minerales según el requerimiento del cultivo.

### **3.5.1.4. Preparación de concentrados de A y B**

Las cantidades de sales minerales para preparar soluciones concentradas madre A y B se describe en los siguientes (anexos 2,3 y 4).

- **Solución A (10 L de agua) (1000L)**

En un bidón de 10 litros de agua se diluyo la siguiente sal mineral; nitrato de calcio que esta con la nomenclatura A1 ya pesado previamente para diluirlo, se agito completamente para obtener la solución concentrada madre A; una vez agitado en el bidón se etiqueto y se conservó en un lugar oscuro y fresco.

- **Solución B (10 L de agua) (1000 L)**

En un bidón de 10 litros de agua se diluyo las siguientes sales minerales que se encuentra con las nomenclaturas; B1, B2, B3, B4 y B5 ya pesados previamente para diluirlos, luego se agito completamente para obtener la solución

concentrada madre B; una vez agitado en el bidón se etiquetó y se conservó en un lugar oscuro y fresco.

### 3.5.1.5. Instalación de sistema de riego

La instalación del sistema de riego en el presente trabajo para el cultivo de fresas implicó varios componentes importantes. Estos fueron, un tanque de almacenamiento de la solución nutritiva con una capacidad de 450 L, una electrobomba de HP 0.5, con un Qmax de 25 l/min que impulsó la solución nutritiva a la parte superior de las columnas, tubería de  $\frac{3}{4}$  para la distribución de la solución nutritiva, microtubos y goteros para inyección de la solución nutritiva que llegó a cada uno de los sacos. Cabe mencionar que cada saco contó con tres microtubos para cada tratamiento específico.

Los riegos fueron automatizados por timer, el cual se activó durante 11 veces en el día con una duración de uno a dos minutos. Esto se programó de acuerdo al requerimiento hídrico por cada planta.

### 3.5.1.6. Programación de timer

La programación de los horarios fue realizada teniendo en cuenta las demandas de agua de cada planta de forma cuidadosa, con el propósito de maximizar la producción y garantizar el suministro óptimo de agua y nutrientes a las fresas en todas las etapas de su crecimiento, adaptando los tiempos de riego según sea necesario y se detalla en el siguiente cuadro 9.

**Cuadro 9. Tiempo de riego**

N°	ENCENDIDO	APAGADO
1.	8:00	8:02
2.	9:02	9:04
3.	10:04	10:06
4.	11:06	11:10
5.	12:10	12:15
6.	13:15	13:20
7.	14:20	14:25
8.	15:25	15:28
9.	16:28	16:30
10.	17:30	17:32
11.	18:32	18:35

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.1.7. Sellado de mangas

Se utilizó una lámina de agrofilm negro de 250 micras, la cual fue recortada en medidas de 0.60 metros de ancho por 3 metros de largo. El sellado se realizó con una plancha eléctrica, lo que resultó en mangas con un diámetro de 0.50 metros y una longitud de 2.70 metros.

### 3.5.1.8. Preparación del sustrato

Se elaboró el sustrato hidropónico combinando las siguientes proporciones: 50% de cascarilla de arroz, 30% de arena de río y 20% de ladrillo molido. Esto se hizo con la finalidad de lograr un sustrato que tuviera una alta capacidad de retención de agua y nutrientes, que fuera ligero y económico.

Camacho *et al.* (2021), indica que se realizó una investigación mezclando los siguientes sustratos 60% de ladrillo molido, 20% de cascarilla de arroz y 20% de fibra de coco para obtener un sustrato de alta densidad aparente, alta capacidad de retención de agua y nutrientes a bajo costo donde se puede observar en la figura 4.

**Figura 4. Preparación de sustrato**



fuentes: Elaboración propia

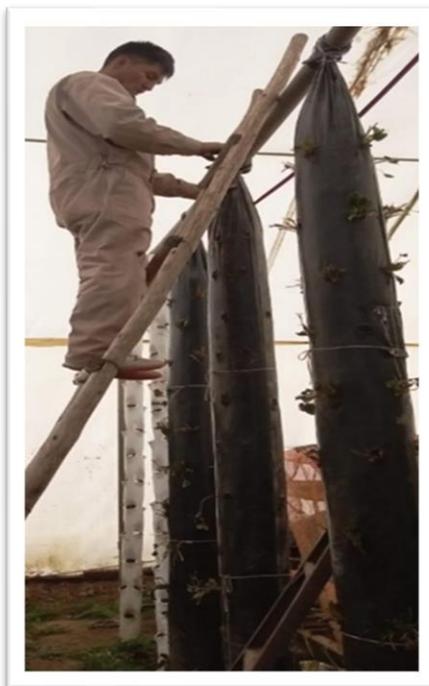
### 3.5.1.9. Armado de arco y colgado de mangas

La estructura del sistema hidropónico vertical presentó una longitud de 8 metros y una altura de 3 metros. Estaba conformada por dos tubos de acero de 2 pulgadas dispuestos

verticalmente, enterrados a una profundidad de 0.20 metros y conectados horizontalmente utilizando el mismo material mediante codos de 2 pulgadas.

Se procedió al llenado de las bolsas con el sustrato preparado anteriormente, estas fueron colgadas y sujetadas con un alambre galvanizado a los tubos de acero, en total tres mangas donde se observa en la figura 5.

**Figura 5. Colgado de mangas**



Fuente: Elaboración propia

#### **3.5.1.10. Distribución de mangas**

La disposición se llevó a cabo siguiendo los objetivos establecidos, con el fin de analizar el desempeño agronómico de las tres variedades de fresa. En cuanto a la instalación de las mangas, se colocaron con una separación de 2 metros entre ellas tal como se ve en la figura 6.

**Figura 6. Distribución de mangas según el diseño**



Fuente: Elaboración propia

#### **3.5.1.11. Apertura de boquetas y trasplante de plantin**

Se realizó la apertura de boquetas circulares en cada manga, para el trasplante del material vegetal, separadas una de otra cada 25 cm (a tres bolillos).

El trasplante se realizó de tres variedades de fresa en cada manga con una separación entre variedades de 0,9 metros como se puede observar en la figura 7.

**Figura 7. Trasplante y apertura de boquetas**



Fuente: Elaboracion propia

### 3.5.1.12. Preparación de solución nutritiva para el cultivo en el tanque

Para preparar las soluciones, se siguieron las siguientes proporciones: 500 ml de la concentración A, 500 ml de la concentración B y 20 ml de ácido fosfórico. Antes de combinar los concentrados, se ajustó el pH del agua a 5.9 para evitar la sedimentación de concentrados en el fondo del tanque. Luego de ajustar el pH, se añadieron los concentrados A y B en un volumen de 450 litros, suficiente para durar de 15 a 18 días antes de requerir una nueva preparación. En cada ciclo de preparación, se controlaban el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva utilizando un medidor de pH/conductividad de la marca WATERPROOF, modelo PCSTestr 35. Se procuraba mantener la conductividad eléctrica de la solución por encima de 1,0 mS cm<sup>-1</sup> y se monitoreaba el pH, el cual debía mantenerse entre 5.8 y 6.2 como se ve en la figura 8.

**Figura 8. Calibración de solución nutritiva para el cultivo en el tanque**



Fuente: Paye (2022)

### 3.5.1.13. Labores culturales

En el cultivo hidropónico de fresas, al igual que en cualquier otro sistema de cultivo, se llevan a cabo una serie de tareas culturales para garantizar un crecimiento saludable de las plantas y una producción óptima. A continuación, se presentan algunas tareas culturales importantes en el cultivo de fresas en hidroponía:

1. **Control de clima:** En la presente investigación se hizo un monitoreo, para mantener un ambiente óptimo para el crecimiento de las plantas. Los cuales se controlaron de temperatura, humedad en el invernadero.
2. **Poda y eliminación de flores y estolones:** Para fomentar la producción de frutos de mayor calidad, se realizó podas de hojas y eliminación de flores tempranas y estolones adicionales. Con el objetivo de que la planta concentre su energía para producir frutos.
3. **Monitoreo de plagas y enfermedades:** Aunque en hidroponía se reducen los riesgos de algunas enfermedades del suelo, aún es posible enfrentar plagas y enfermedades. Se monitoreo las plantas regularmente y se tomaron medidas preventivas, como el uso de insecticidas y fungicidas orgánicos.
4. **Reposición y cambio de solución nutritiva:** Con el tiempo, la solución nutritiva se agota y se acumulan sales. Es por eso se drenó y se reemplazó la solución nutritiva con intervalos regulares esto para mantener un ambiente saludable para las plantas.
5. **Cosecha y postcosecha:** La fresa fue recolectada en su punto de madurez, cuando presentaba un color rojo intenso y una adecuada firmeza. La recolección se llevó a cabo de manera quincenal.
6. **Monitoreo de pH y CE:** el monitoreo de pH se realizó cada semana y así también la conductividad eléctrica con el objetivo de mantener un rango óptimo.

#### **3.5.1.14. Cosecha**

Se seleccionaron 5 plantas por tratamiento para el muestreo, y la primera cosecha se llevó a cabo luego de 3 meses de trasplante. Las cosechas sucesivas se realizaron semanalmente durante el pico máximo de producción y luego cada 15 días, dependiendo de la maduración de los frutos. Se consideró que los frutos estaban listos para ser cosechados cuando toda su superficie presentaba el color rojo característico. En cuanto al rendimiento en fresco, en cada fecha de muestreo se clasificaron los frutos según su tamaño, se contó el número de frutos por planta y se registró el peso de cada uno individualmente utilizando una balanza de la marca NOTEBOOK modelo Series DIGITAL SCALE. También se registraron el diámetro y la longitud de los frutos. Para evaluar la calidad de la fruta, se seleccionó al azar un fruto de cada repetición y se trituró para obtener una pulpa con la que se extrajo el zumo. Se determinó la cantidad de sólidos solubles totales

(Grados Brix) en este zumo utilizando un refractómetro de la marca Milwaukee® modelo MR32ATC a 20° C.

### 3.5.2. Diseño experimental

El diseño que se utilizó fue BCA (Diseño Bloques al Azar), conformado por un total 9 unidades experimental es con 3 tratamientos y 3 repeticiones. Para determinar las diferencias entre los tratamientos en estudio, se utilizó el programa infostat, con una significancia de 5%.

Según Ochoa (2009), el modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + E_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta de la  $ij$ -ésima de unidad experimental.

$\mu$  = media general del rendimiento de variedades de fresa.

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\alpha_i$  = Efecto de  $i$ -ésimo de tratamiento asociado al rendimiento de las variedades de fresa.

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima de unidad experimental.

#### 3.5.2.1. Tratamientos en el estudio

T1 = V. Monterrey

T2 = V. Sabrina

T3 = V. San Andrea

### 3.5.2.2. Croquis del área experimental

T1 = V. Monterrey

T2 = V. Sabrina

T3 = V. San Andrea

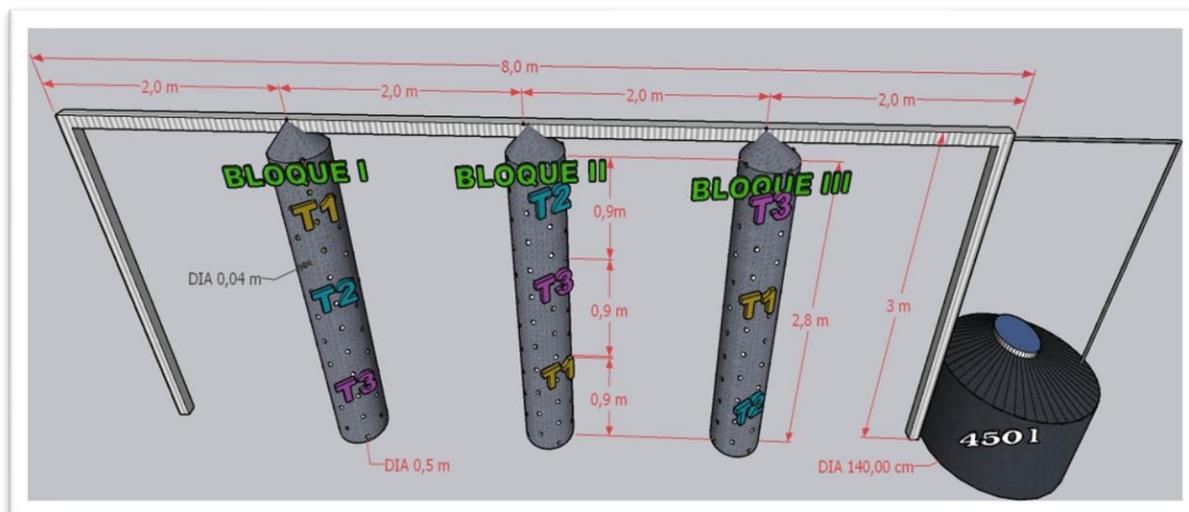


Figura 9. Croquis de área experimental

### 3.5.3. Variables de respuesta

#### 3.5.3.1. Numero de hojas por planta (NHP)

En este parámetro se realizó el seguimiento del conteo de hojas por planta desde la aparición de las primeras hojas después del trasplante hasta la fase de floración, con la finalidad de monitorear el desarrollo de cada variedad como se observa en la figura 10.

Figura 10. Numero de hojas por planta



Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.3.2. Numero de flores (NFL)

En esta variable fue cuantificada el número de flores desde que la planta alcanzó 15 a 20 hojas compuestas o trifoliadas como se observa en la figura 11.

**Figura 11. Numero de flores**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.3. Numero de frutos por planta (NFP)

La cantidad de frutos emitidos en toda la fase de producción de cada planta de frutilla fue cuantificada desde la cosecha hasta la culminación del trabajo de investigación como se observa en la figura 12.

**Figura 12. Numero de frutos por planta**



Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.3.4. Peso de frutos grandes (PFG)

Se clasificó la cantidad de frutos grandes en base a un peso igual o superior a 19.5 gramos por fruto como se observa en la figura 13.

**Figura 13. Peso de frutos grandes**



Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.3.5. Peso de frutos medianos (PFM)

La clasificación del peso de frutos medianos se basó en un rango que va desde menos de 19,5 hasta 10 gramos como se observa en la figura 14.

**Figura 14. Peso de frutos medianos**



Fuente: Elaboracion propia

### 3.5.3.6. Peso de frutos pequeños (PFP)

Los frutos pequeños también se clasificaron según su peso, el cual fue de  $\leq 10$  gramos como se observa en la figura 15.

**Figura 15. Peso de frutos pequeños**

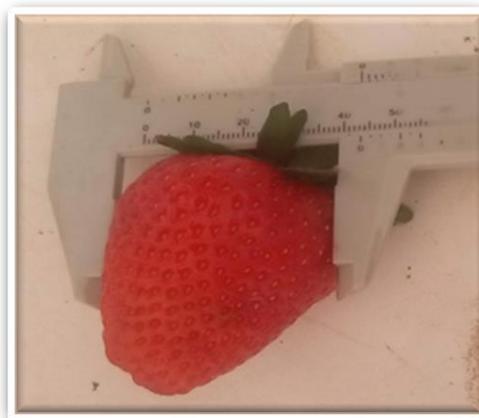


Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.7. Diámetro del fruto (DF)

Se procedió a medir el diámetro de los frutos utilizando un calibrador Vernier, sujetando el fruto por el pedúnculo y midiendo su diámetro máximo en cada tratamiento. Los resultados se registraron en milímetros como se observa en la figura 16.

**Figura 16. Diámetro del fruto**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.8. Longitud del fruto (LF)

Se evaluó después de la cosecha, con la ayuda de un vernier utilizando como punto de referencia la parte superior e inferior de la fruta, de esta forma se pudo determinar el largo de la fresa los resultados se registraron en milímetros como se muestra en la figura 17.

**Figura 17. Longitud del fruto**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.9. Peso del fruto (PF)

En esta variable se pesó los frutos en una balanza precisión los datos fueron expresados en g/fruto como se observa en la figura 18.

**Figura 18. Peso del fruto**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.10. Rendimiento por planta (REP)

Para esta variable, se determinó el peso individual de cada fruto por planta y así obtener un promedio del peso por planta, en cada tratamiento del trabajo al momento de la cosecha como se observa en la figura.

**Figura 19. Rendimiento por planta**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.11. Grados Brix (GB)

Para medir la concentración de azúcares en el fruto, se determinó con un refractómetro, tomando los frutos al azar de cada tratamiento luego se promediaron los valores. Los datos se expresaron en grados brix donde se puede observar en la figura 20.

**Figura 20. Medición de Grados Brix**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.12. Rendimiento por unidad experimental (RUE)

Se determinó el peso total de los frutos de fresa por cada tratamiento y se calculó la producción por número de plantas como se puede observar en la figura 21.

**Figura 21. Rendimiento por unidad experimental**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.4. Relación beneficio costo

Se llevó a cabo un análisis financiero siguiendo la metodología de presupuestos parciales establecida por el Molina (2014), la cual se adaptó a las particularidades de este estudio y se describe en los siguientes apartados:

#### a) Ingreso bruto

Se determinó el ingreso bruto de cada tratamiento al multiplicar el rendimiento ajustado por el precio de venta del producto.

$$IB = R * P$$

Dónde:

IB = Ingreso bruto.

R = Rendimiento.

P = Precio.

#### b) Ingreso neto

El ingreso neto fue calculado restando los costos totales de producción del ingreso bruto obtenido.

$$\mathbf{IN = IB - CP}$$

Dónde:

IN = Ingreso neto.

IB = Ingreso bruto.

CP = Costo de producción.

c) **Relación beneficio costo**

Se llevó a cabo el cálculo comparando el ingreso bruto con los costos de producción, con el fin de realizar una evaluación económica final. Si la relación es menor a 1, se registran pérdidas, mientras que, si es mayor a 1, las actividades económicas resultaron rentables.

$$\mathbf{B/C = IB / CP}$$

Dónde:

B/C = Beneficio costo.

CP = Costo de producción.

IB = Ingreso bruto

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Factores climatológicos

#### 4.1.1. Temperatura dentro del ambiente atemperado

Durante el período de investigación, la temperatura promedio fue de 28 °C, como se representa en la figura 22. En abril, se registraron las temperaturas más bajas, alcanzando los -2.5 °C. Las temperaturas elevadas causaron marchitez en los bordes de las hojas en la parte superior del estudio, mientras que las temperaturas bajas llevaron a la falta de fructificación y al ingreso de las plantas en una fase de reposo de crecimiento.

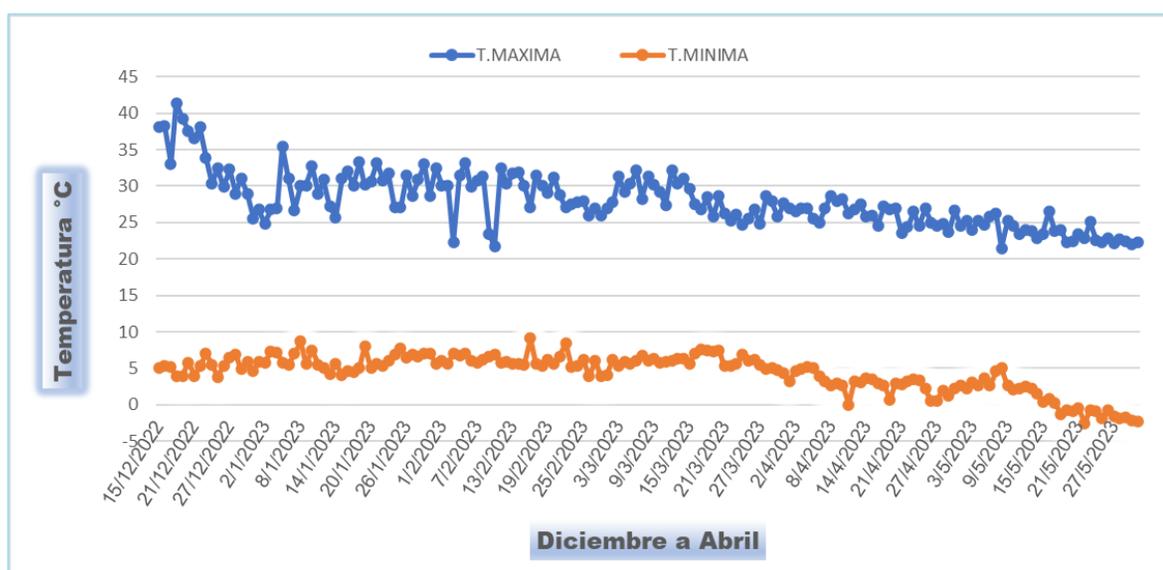


Figura 22. Temperatura del atemperado

#### 4.1.2. Humedad relativa ambiental

En la figura 23 se observan las variaciones de la humedad relativa en el interior del invernadero a lo largo del ciclo de cultivo. Se detectó que la humedad fluctuaba en las primeras horas de la mañana, llegando en ocasiones hasta un 92% según los registros del termohigrómetro. Para disminuir la humedad relativa, se regaba el suelo y se abría la entrada del invernadero para permitir la ventilación, lo que reducía gradualmente la humedad hasta alcanzar un 50% por las tardes. Este manejo permitió que en el presente estudio no se presentaran dificultades relacionadas con la humedad relativa.

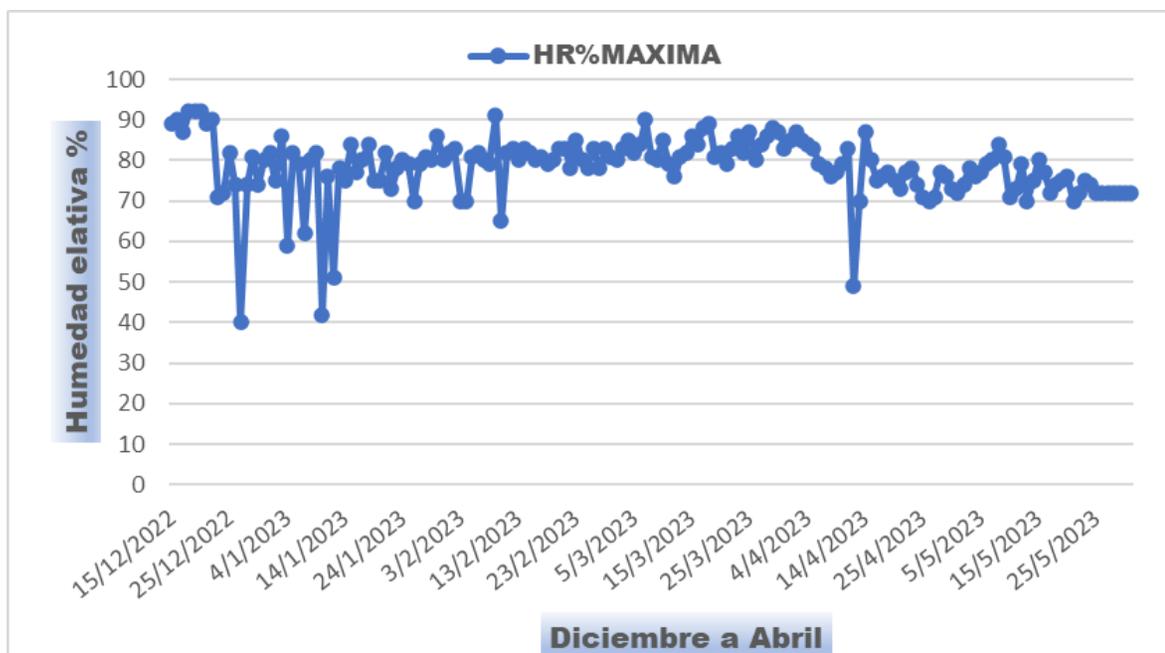


Figura 23. Humedad relativa

#### 4.1.3. Conductividad eléctrica

La figura 24, muestra que la conductividad eléctrica de la solución fluctúa en los rangos de 1000 a 1500 mS/cm, estos valores se encuentran en los rangos recomendados, las variaciones que existe posiblemente se deban a la temperatura del agua, estos datos se registraron en el momento de la preparación de la solución nutritiva, esta solamente tiene una duración aproximadamente de 15 días.

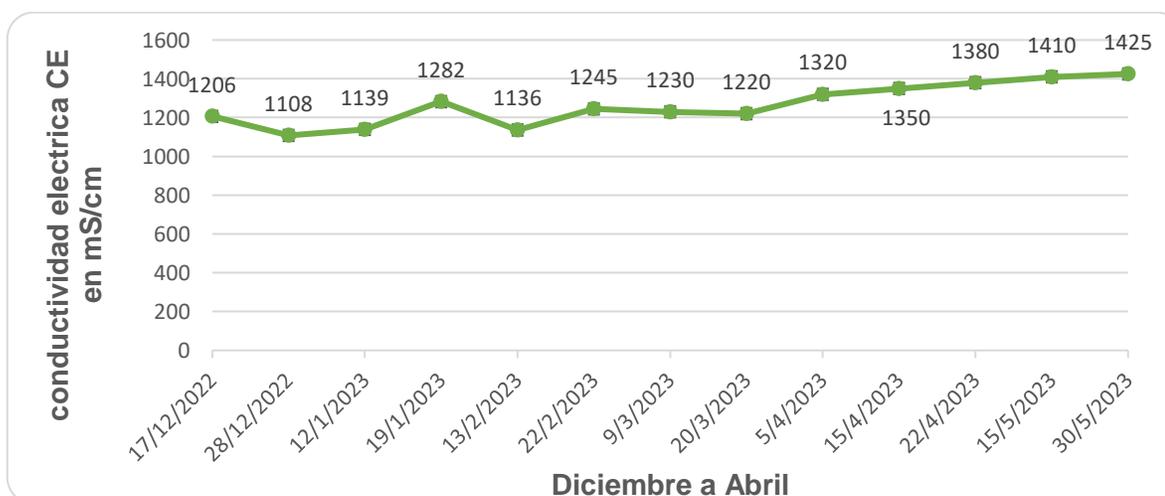


Figura 24. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) se refiere a la habilidad de una solución para conducir electricidad en una determinada área. Se expresa en mS/cm, donde S representa siemens, y proporciona información sobre la concentración de sales disueltas en la solución nutritiva. Es crucial mantener la CE dentro de un intervalo de 1000 a 1500 mS/cm, ya que de lo contrario no se podría afectar la disponibilidad de nutrientes (INTAGRI, 2018).

#### 4.1.4. El pH

El pH se controló mediante el pH-metro, se trató de mantener el valor comprendido entre 5.5 a 6.5. Este intervalo permite la correcta asimilación de los nutrientes presentes en la solución nutritiva, puesto que los valores inferiores pueden causar daños en el sistema radicular y valores más altos disminuyen la asimilación de fósforo y algunos micronutrientes se observa la fluctuación de pH en la figura 25.



**Figura 25. El pH de la solución nutritiva**

El nivel de acidez (pH) influye directamente en la absorción de nutrientes, ya que soluciones con un pH superior a 6.8 reducen la absorción de nitratos ( $\text{NO}_3$ ), sin importar su concentración, y tienen un efecto similar en el ion fosfato. Por otro lado, la disminución del pH limita la absorción de amonio ( $\text{NH}_4$ ) y aumenta la de nitratos, mientras que soluciones con un pH inferior a 4 disminuyen la absorción de potasio (K). Además, aumentar el pH en la solución nutritiva ocasiona la precipitación de iones, como el hierro (Fe), lo que dificulta su absorción adecuada (GroHo, 2024).

El rango ideal de pH para el adecuado desarrollo del cultivo de fresa va de 5.8 a 6.3 según recomendaciones, aunque algunos estudios sugieren un intervalo óptimo de 5.5 a 6.3 (INTAGRI, 2018).

## 4.2. Variables agronómicas

Se consideraron las siguientes variables: cantidad de hojas por planta, cantidad de flores por planta, cantidad de frutos por planta, peso de frutos grandes, peso de frutos medianos, peso de frutos pequeños, diámetro y longitud de los frutos, peso total de los frutos, contenido de azúcar en grados Brix, producción por planta y producción por unidad experimental.

### 4.2.1. Numero de hojas por planta

El análisis de varianza para la variable número de hojas por planta, presentado en el Cuadro 10, indica que no hay diferencias estadísticas significativas tanto para los bloques como para los tratamientos.

**Cuadro 10. Análisis de varianza para el numero de hojas por planta**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Bloques</b>	3,98	2	1,99	0,43	0,6802 NS
<b>Trat</b>	0,97	2	0,48	0,1	0,9041 NS
<b>Error</b>	18,74	4	4,68		
<b>Total</b>	23,69	8			
<b>promedio</b>	<b>27,3</b>				

El promedio general resultante de toda la investigación realizada durante el desarrollo del cultivo es de 27,3.

El promedio de hojas obtenidas en la investigación fue por la fácil absorción y asimilación de nitrógeno, promueve el equilibrio anión-cation en el interior de la planta favoreciendo el crecimiento vegetal en una producción hidropónica.



**Figura 26. Promedios para número de hojas por planta**

Se nota una ligera diferencia en la figura 26 principalmente debido a la temperatura. En la parte superior, donde la temperatura es más alta, se detiene la producción de flores y frutos, pero se favorece el crecimiento y desarrollo de las hojas en tamaño y cantidad.

En el estudio realizado por Condori y Nogales (2023) sobre el comportamiento productivo de dos variedades de frutilla (*Fragaria* sp.) en un sistema de producción hidropónica NFT en el municipio de Viacha, se observó que la variedad Oso Grande produjo un promedio de 26 hojas, mientras que la variedad Sweet Charlie tuvo un promedio de 18 hojas. Esto revela una diferencia de hasta ocho hojas entre las dos variedades. Sin embargo, en la presente investigación, no se observaron diferencias significativas entre las variedades evaluadas.

Las flores se generan a partir de yemas ubicadas en las axilas de las hojas; por lo tanto, cuanto mayor sea el número de hojas en una planta, mayor será la cantidad de flores formadas y, en consecuencia, el rendimiento será superior. Dada la importancia de las hojas, se concluye que cualquier daño a estas afectará tanto el funcionamiento como el rendimiento de la planta (Aguera, 2012).

Al respecto Bedoya (2008), menciona que al realizar cultivos hidropónicos optimizamos la nutrición mineral de las plantas, brindándole a la planta la fácil absorción de todos los elementos minerales en forma y cantidad requerida por la planta. Al tener una optimización de los nutrientes mejora la productividad y un mejor desarrollo de la planta.

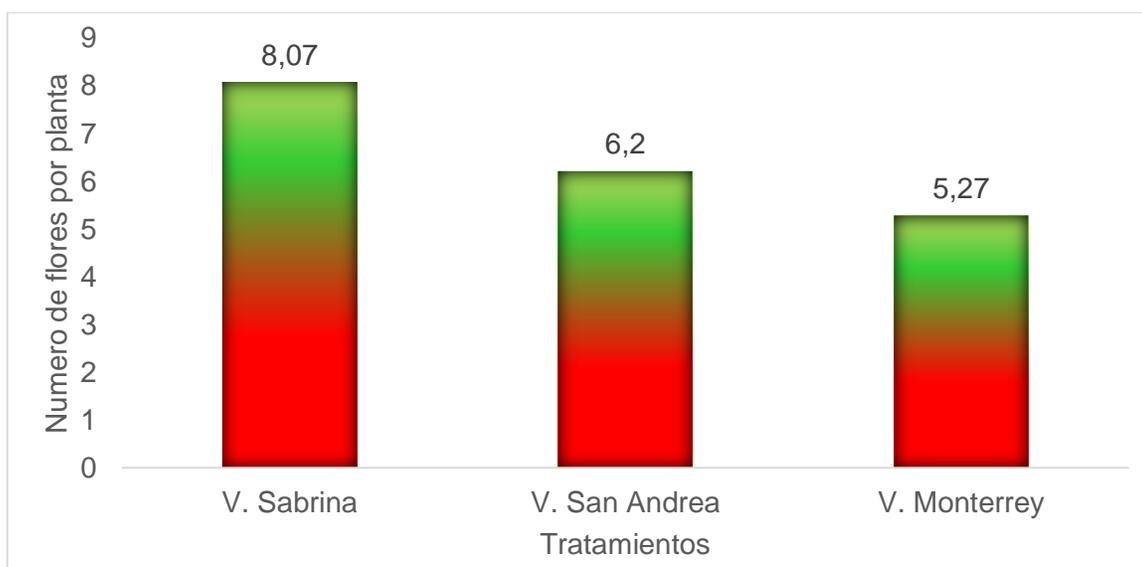
#### 4.2.2. Numero de flores por planta

El análisis de varianza ha proporcionado información valiosa sobre la variabilidad dentro del experimento donde se puede observar en el cuadro 11. La falta de diferencias significativas entre las variedades en cuanto al número de flores indica que, bajo las condiciones establecidas, todas las variedades son comparables en este aspecto. Sin embargo, las diferencias significativas entre bloques resaltan la importancia de controlar mejor las condiciones experimentales para obtener resultados más consistentes y fiables.

**Cuadro 11. Análisis de varianza para número de flores por planta**

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Bloques</b>	16,86	2	8,43	8,28	0,0378 *
<b>Trat</b>	12,2	2	6,1	5,99	0,0626 NS
<b>Error</b>	4,07	4	1,02		
<b>Total</b>	33,13	8			
<b>Promedio</b>	<b>6,51</b>				

promedios entre número de flores muestra en figura 27, que la variedad Sabrina presenta aproximadamente 8 flores por planta, seguida por San Andrea con 6 flores y la variedad Monterrey con 5 flores por planta.



**Figura 27. Promedios para número de flores por planta.**

En la figura 27 se muestra que la variedad Sabrina tuvo una mayor incidencia floral y un número significativo de botones florales en comparación con los otros tratamientos. Esto se debe a que esta variedad contaba con un mayor número de hojas en relación con las demás, según Condori (2023). En un estudio específico sobre el cultivo hidropónico de fresas, se encontró que la variedad Oso Grande tuvo un promedio de 26 flores por planta durante su ciclo productivo. En contraste, la variedad Sweet Charlie presentó un promedio significativamente menor, con solo 9 flores por planta. En comparación, del presente trabajo mostró una superioridad en la incidencia de botones florales, influenciada por la escasa laminación en las partes inferiores.

Posada et al (2007), menciona que se ha observado que el número de flores es mayor cuando existe mayor número de hojas por planta esto se debe a que las hojas son fundamentales para la fotosíntesis y la absorción de nutrientes, lo que a su vez influye directamente en la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo.

Según Joublan y Vergara (2002), la frutilla cultivada en invernadero produce una mayor cantidad de flores, principalmente debido a un aumento en las flores terciarias, ya que cada bráctea culmina en una inflorescencia. Además, se observa un adelanto en la formación de flores en las plantas que se encuentran bajo esta cobertura.

La aireación influye de gran manera en el desarrollo de las plantas, puesto que las raíces necesitan respirar, también ayuda a un buen desarrollo radicular que ayudará a la mejor absorción de nutrientes en la etapa de floración tal como lo menciona FAO (2003).

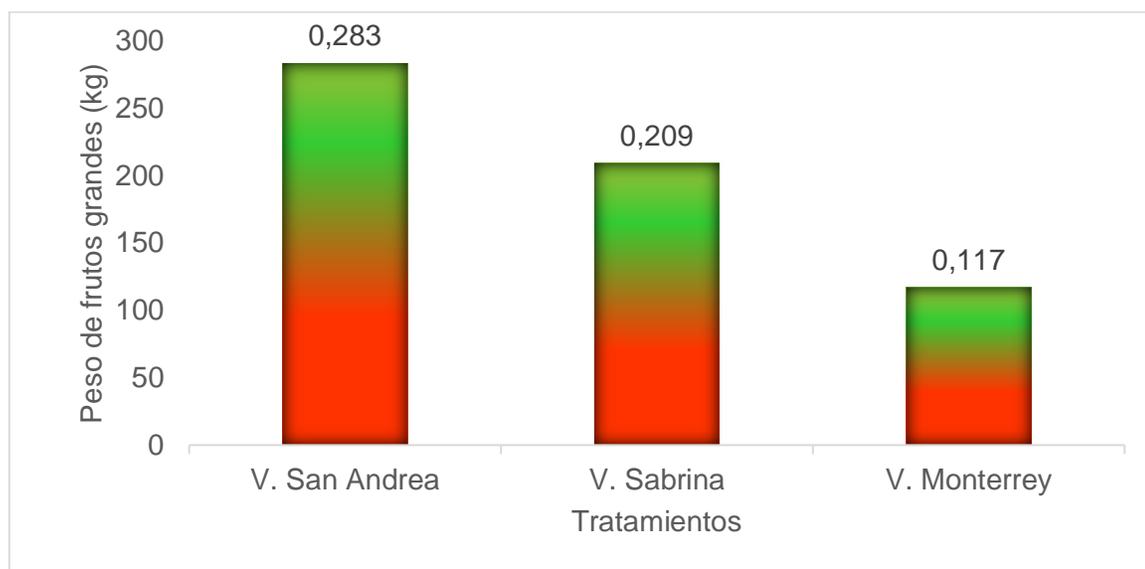
#### 4.2.3. Peso de frutos grandes

Como podemos observar en el análisis de varianza en el cuadro 12 muestra que no existe diferencias estadísticas para los bloques y tampoco para los tratamientos.

**Cuadro 12. Análisis de varianza para el peso de frutos grandes**

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Bloques</b>	75273,5	2	37636,75	5,57	0,0699 NS
<b>Trat</b>	41688,32	2	20844,16	3,08	0,1549 NS
<b>Error</b>	27051,96	4	6762,99		
<b>Total</b>	144013,78	8			
<b>Promedio</b>	<b>27,6</b>				

Los resultados obtenidos mediante promedios de esta variable se observan en la figura 28, resalta a la variedad San Andrea con mayor peso llegando a 0,283 kg, seguido por la variedad Sabrina con un peso de 0,209 kg y la variedad monterrey con 0,117 kg, estos resultados podrían atribuirse a las características genéticas de cada variedad.



**Figura 28. Promedios para el peso de frutos grandes**

La investigación mostró que los frutos grandes de fresa tienen un peso promedio de 28 gramos, con variaciones influenciadas por factores como la variedad de la planta y las condiciones de cultivo. Estos frutos se destacan por tener más pulpa y un sabor más dulce en comparación con los de tamaño estándar. Este peso promedio ofrece información valiosa para productores y consumidores que buscan seleccionar frutos más grandes y de mejor calidad. En años recientes, se encontraron fresas con un peso promedio de 21,5 gramos, lo que indica que los resultados actuales superan los datos registrados en 2023.

Es relevante señalar que el tamaño de las fresas ha experimentado un notable incremento en los últimos años. De acuerdo con información del Grupo S.A, el principal proveedor independiente de fresas en el Reino Unido, el peso promedio de una fresa ha aumentado un 60% en los últimos 12 años, pasando de 13,6 gramos en 2011 a 21,5 gramos en 2023.

#### **4.2.4. Peso de frutos medianos**

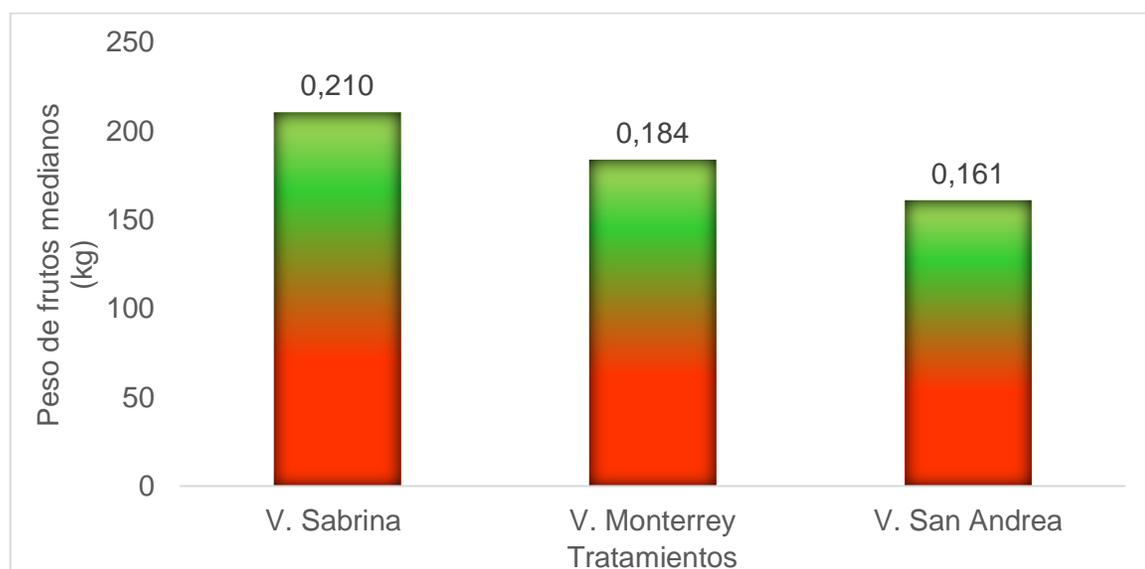
Como podemos observar en el análisis de varianza en el cuadro 13 muestra que no existe diferencias estadísticas para los bloques y tampoco para los tratamientos, aunque el

análisis de varianza no mostró diferencias significativas, los resultados aún proporcionan una base valiosa para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la hidroponía de fresas. Es importante considerar tanto los resultados estadísticos como el contexto práctico al interpretar estos hallazgos.

**Cuadro 13. Análisis de varianza para el peso de frutos medianos**

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Bloques</b>	14627,82	2	7313,91	0,84	0,4945 NS
<b>Trat</b>	3707,9	2	1853,95	0,21	0,8161 NS
<b>Error</b>	34660,6	4	8665,15		
<b>Total</b>	52996,32	8			
<b>Promedio</b>	<b>15,8</b>				

Los resultados obtenidos a través de promedio de esta variable se presentan en la figura 29, donde se destaca que la variedad Sabrina alcanza el mayor peso con 0,210 kg, seguida de la variedad Monterrey con un peso de 0,184 kg y la variedad San Andreas con 0,160 kg. Estos resultados reflejan las diferencias en peso entre cada variedad.



**Figura 29. Promedios para peso de frutos medianos**

De acuerdo con la figura 29, se presenta el análisis de varianza para la variable del peso de los frutos medianos. Aunque no se observan diferencias estadísticamente significativas, existen variaciones entre los tratamientos, tal como se muestra en la figura. Estas

diferencias, que están dentro de un rango aceptable, podrían deberse a las características genéticas propias de cada variedad.

Morales (2012), indica que el peso de los frutos medianos de fresa puede fluctuar según diversos factores, tales como la variedad de la planta, las condiciones de cultivo, el riego, la fertilización y la salud de la planta. Analizar estos factores es esencial para comprender cómo maximizar el peso de los frutos y optimizar la producción de fresas de alta calidad. De acuerdo con el manual de manejo agronómico de la frutilla, un peso promedio es 17 gramos por fruto es un aspecto significativo a tener en cuenta al seleccionar variedades de fresa.

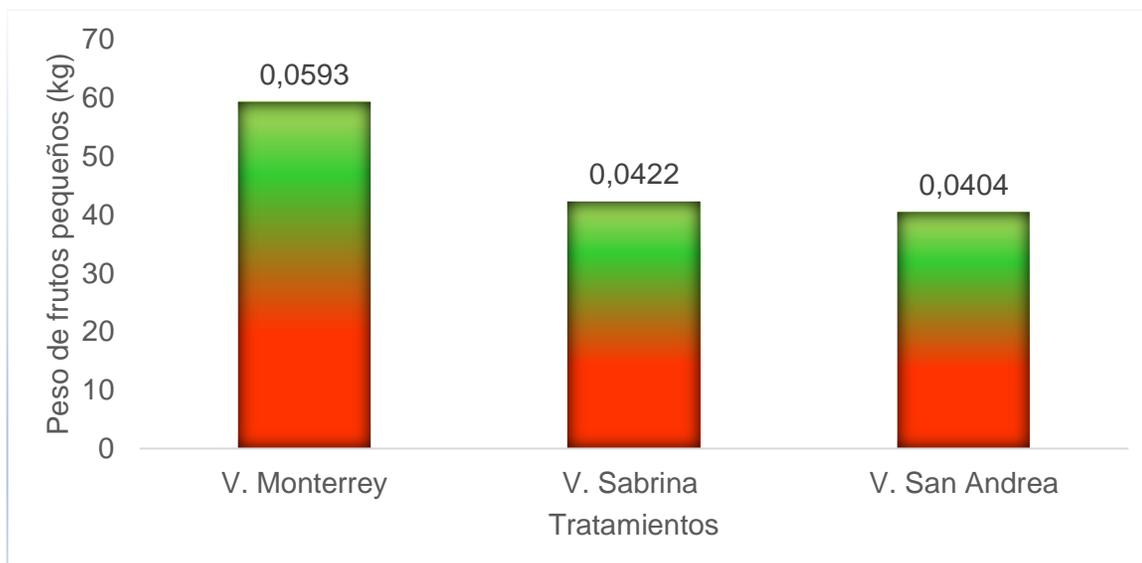
#### 4.2.5. Peso de frutos pequeños

El análisis de varianza de peso de frutos pequeños se observa en el Cuadro 14 donde se puede observar que no existe diferencias significativas entre bloques y tratamientos. El hecho de que no haya diferencias significativas entre bloques y tratamientos sugiere que la solución nutritiva utilizada fue uniforme para los tres tratamientos y cualquier diferencia observada en los pesos de los frutos podría atribuirse a otros factores no controlados en este análisis.

**Cuadro 14. Análisis de varianza para el peso de frutos pequeños**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Bloques</b>	632,44	2	316,22	0,84	0,4949 NS
<b>Trat</b>	651,84	2	325,92	0,87	0,486 NS
<b>Error</b>	1500,42	4	375,11		
<b>Total</b>	2784,71	8			
<b>Promedio</b>	<b>47,3</b>				

Los resultados obtenidos mediante promedios de esta variable se observan en la figura 30, resalta que la variedad Monterrey con mayor peso llegando a 0,059 kg, seguido por la variedad Sabrina con un peso de 0,0422 kg y la variedad San Andrea con 0,0404 kg, estos resultados podrían atribuirse a las características genéticas de cada variedad.



**Figura 30. Promedios para el peso de frutos pequeños**

infoAgro (2022), señala que estas fresas tienen un diámetro inferior a 25 mm. En comparación con las fresas más grandes, suelen ser más dulces y aromáticas, aunque también son más delicadas y tienen una vida útil más reducida. Entre las variedades populares de fresas pequeñas se encuentran la fresa silvestre, la fresa alpina y la fresa de marañón.

#### 4.2.6. Longitud del fruto

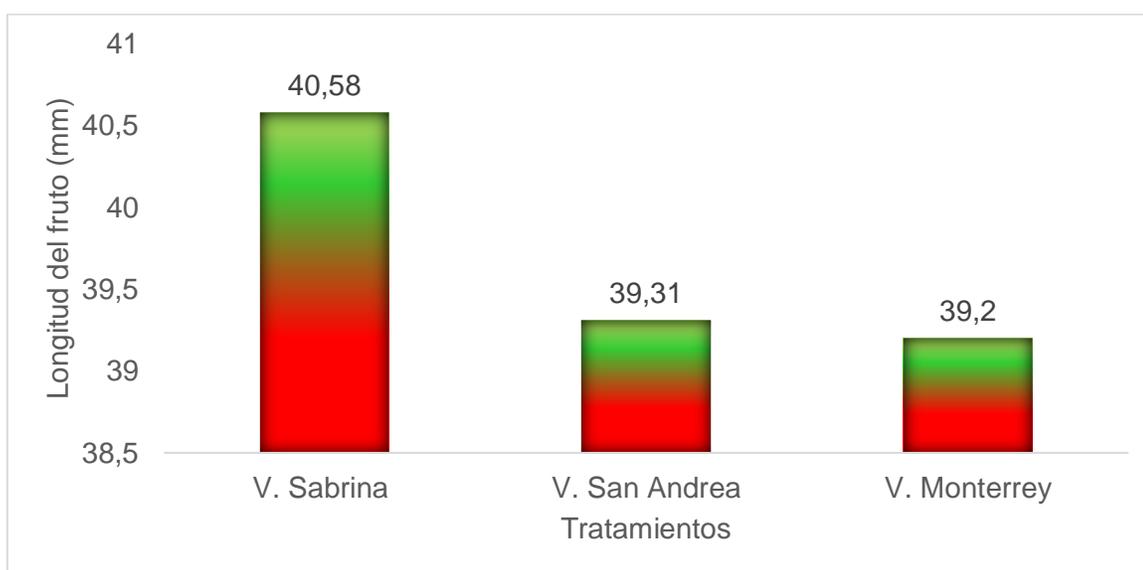
Como podemos observar en el análisis de varianza en el cuadro 15 muestra que no existe diferencias estadísticas para los bloques y tampoco para los tratamientos este se debe a que en la presente investigación solo se utilizó una sola solución nutritiva para los tres tratamientos. El promedio general fue de 39,7 milímetros.

**Cuadro 15. Análisis de varianza de longitud del fruto**

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Bloques</b>	3,41	2	1,7	0,06	0,9401 NS
<b>Trat</b>	3,5	2	1,75	0,06	0,9385 NS
<b>Error</b>	108,58	4	27,15		
<b>Total</b>	115,5	8			
<b>Promedio</b>	<b>39,7</b>				

Los promedios obtenidos para longitud de fruto se pueden observar en la figura 31, donde la variedad Sabrina posee alrededor de 41 milímetros de longitud del fruto seguido por San Andrea que posee 39 milímetros de longitud del fruto y la variedad monterrey 39 milímetros de longitud del fruto esto podría atribuirse a las características genéticas de cada variedad.

Padilla (2013), menciona que el tamaño de la frutilla, no es influido por la proporción de nutrientes o fitohormonas que aporten en el cultivo para incrementar el tamaño del fruto, sino que la variedad, es decir todas las variedades existentes de la frutilla, proporcionan frutos que varían de tamaño y de forma, puede existir frutillas largas y cortas grandes y pequeños.



**Figura 31. Promedios para longitud del fruto**

Con estos resultados, se puede concluir que el tamaño de la fresa está determinado por la variedad. En promedio, la longitud del fruto de la variedad Sabrina fue de 40,58 mm. Por otro lado, las variedades San Andreas y Monterrey mostraron valores similares, con diferencias mínimas entre ellas.

En relación a esto, Apaza (2006) en su estudio sobre el comportamiento agronómico de diferentes variedades de frutilla a diversas densidades de plantación, encontró que la variedad Camarosa presentó un promedio de longitud de fruto de 4.30 cm, seguida de la variedad Sweet Charlie con un promedio de 3.98 cm, y la variedad Pájaro con 3.92 cm de longitud de fruto. Estos resultados indican que la investigación se encuentra dentro de rangos adecuados.

Floquer, F. (1986), menciona que el rendimiento de los frutos de la frutilla se debe al manejo adecuado de las actividades culturales y la selección de la variedad de la frutilla, es decir que existen frutillas para el consumo directo y otras para el procesamiento la longitud del fruto es una característica muy importante que se toma en cuenta en la selección de los frutos.

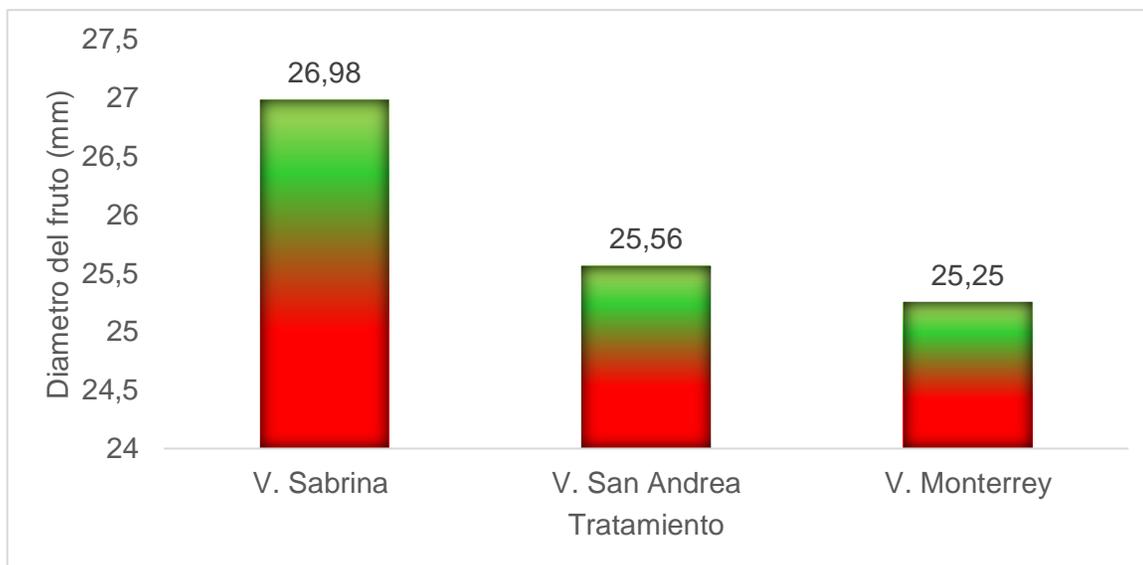
#### 4.2.7. Diámetro del fruto

El análisis de varianza del diámetro de fruto se observa en el cuadro 16, sin embargo, dado que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, este promedio general puede ser más una reflexión de la variabilidad natural y las condiciones generales del experimento que de los efectos específicos de los tratamientos.

**Cuadro 16. Análisis de varianza del diámetro de fruto**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Bloques</b>	5,54	2	2,77	0,67	0,5595 NS
<b>Trat</b>	5,15	2	2,57	0,63	0,5799 NS
<b>Error</b>	16,44	4	4,11		
<b>Total</b>	27,12	8			
<b>Promedio</b>	<b>25,9</b>				

Según promedios para el diámetro de frutos se puede observar en la figura 32, que la variedad Sabrina posee alrededor de 27 milímetros de diámetro de fruto seguido por San Andrea que posee 26 milímetros de diámetro del fruto y la variedad Monterrey 25 milímetros de diámetro de fruto esto podría atribuirse a las características genéticas de cada variedad.



**Figura 32. Promedios para el diámetro del fruto**

En el estudio realizado de producción de frutilla bajo el sistema de cultivos hidropónicos en mangas verticales en el invernadero, se puede observar en la figura 32, en lo cual sobresale la variedad Sabrina, donde obtuvo un promedio de 26,98 mm de diámetro de fruto y las variedades de San Andrea y Monterrey fueron casi similares con un leve diferencias similares a los del presente trabajo.

En el estudio de Ticona (2002) sobre la producción de frutillas utilizando el sistema de cultivos horizontales suspendidos en carpa solar con la variedad Pájaro, se logró un diámetro máximo promedio de 2.66 cm para el fruto y un diámetro mínimo promedio de 2.35 cm. Estos resultados son similares a los obtenidos en el presente trabajo.

Por otra parte, Ramírez (2011) menciona que la disponibilidad de agua, las temperaturas nocturnas y diurnas y la intensidad de la luz están relacionadas con el tamaño del fruto de la fresa.

#### **4.2.8. Numero de frutos por planta**

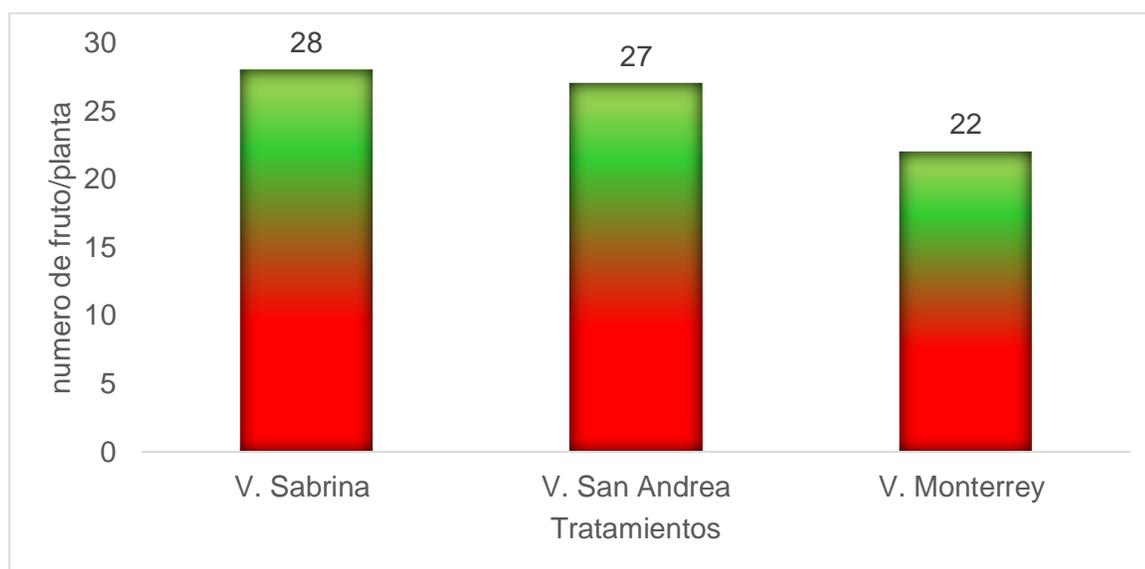
De acuerdo con el análisis de varianza para el numero de frutos por planta se muestra en el cuadro 17, que existe diferencias estadísticas para los bloques y para los tratamientos no existen diferencias significativas por plantas cultivados en el sistema hidropónico bajo condiciones de ambiente atemperado

El promedio general de número de frutos por planta fue de 26 frutos por planta.

**Cuadro 17. Análisis de varianza de numero de frutos por planta**

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Bloques</b>	338	2	169	7,68	0,0427 *
<b>Trat</b>	62	2	31	1,41	0,3442 NS
<b>Error</b>	88	4	22		
<b>Total</b>	488	8			
<b>Promedio</b>	<b>25,7</b>				

Los resultados obtenidos mediante promedios en esta variable se observan en la figura 32, donde se aprecia que la variedad Sabrina fue el mejor en cuanto al número de frutos, seguido por la variedad San Andrea donde brindaron 27 frutos por planta. Siendo inferior la variedad monterrey alcanzo 22 frutos por planta respectivamente.



**Figura 33. Promedios para número de frutos por planta**

En la Figura 33, se observan la comparación de promedios, entre las variedades, en el número de frutos por planta observándose diferencias significativas, entre la variedad Sabrina y la variedad San Andrea obtuvieron 28 y 27 frutos/planta, siendo estadísticamente mayores a la variedad Monterrey donde obtuvo 22 frutos/planta. Las diferencias que existen entre las variedades, se podrían atribuirse a las características genéticas de cada variedad. Apaza ( 2006), en el estudio realizado, del comportamiento agronómico de variedades de frutilla a diferentes densidades de plantación, obtuvo en la variedad San Sabrina el mayor

número de frutos promedio con 20 frutos por planta, siendo similares a los encontrados en el presente trabajo. Asimismo, en la variedad San Andreas encontró con un promedio de 18,6 frutos por planta y en la variedad Sweet Charlie con promedio de 14 frutos por planta.

Martin del Molino Rosón (1981), mencionan que el porcentaje de fructificación está relacionado principalmente con el desarrollo de la corona y de la raíz ya que las reservas acumuladas en estos órganos tienen una incidencia notable en la cantidad de flores que dan fruto es así que un desarrollo óptimo de estos órganos favorece la producción de fruto.

Lo mencionado por este autor del párrafo anterior condice con lo observado en el presente estudio, ya que se observó que las variedades (Sabrina y San Andrea) que presentaron mayor número de flores como se puede observar en la Figura 26, también presentaron mayor número de frutos.

Ruiz, (1993), señala que una alta población significa efecto competitivo entre plantas por luz, agua, nutrientes y espacio físico, contribuyendo que esta competencia se refleja en el tamaño de planta, por efecto el crecimiento del fruto.

Por otra parte, la densidad de plantación alta aumenta la producción por superficie, siempre y cuando no disminuya en forma significativa el tamaño y peso de los frutos en el momento de la recolección como lo indica Samperio (2001).

#### 4.2.9. Peso del fruto

El cuadro 18, muestra datos del análisis de varianza, los cuales muestra la diferencia entre bloques y no hay diferencias entre tratamientos bajo el sistema hidropónico en mangas verticales bajo condiciones de ambiente atemperado.

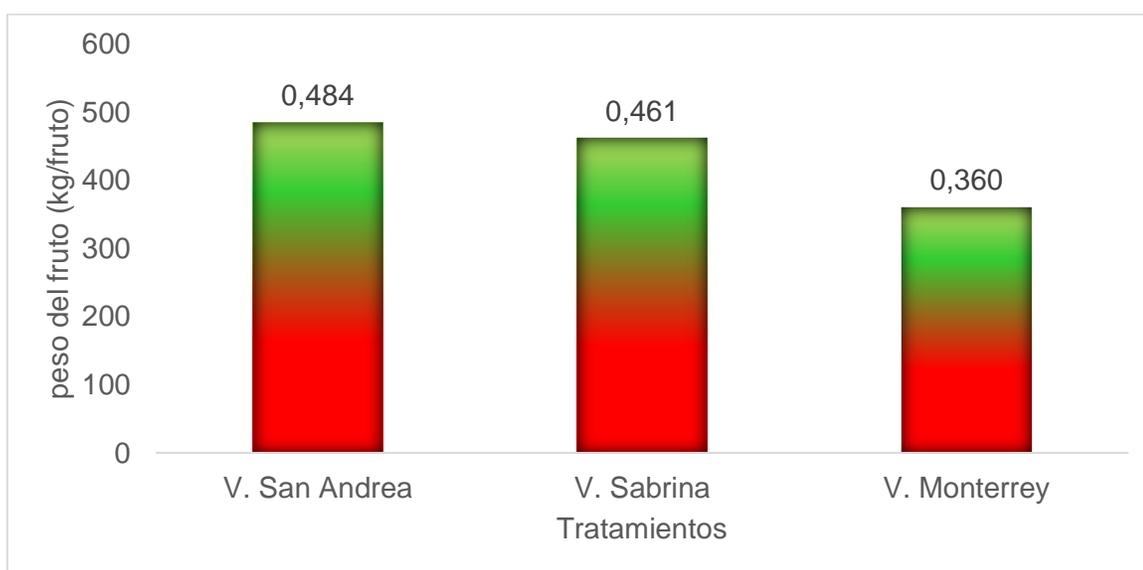
El promedio general de peso del fruto fue 0,433 kg/fruto.

**Cuadro 18. Análisis de varianza de peso del fruto**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Bloques</b>	140528,86	2	70264,43	6,88	0,0508*
<b>Trat</b>	26407,55	2	13203,77	1,29	0,3691 NS
<b>Error</b>	40874,43	4	10218,61		
<b>Total</b>	207810,84	8			
<b>promedio</b>	<b>0,433</b>				

La figura 34 ilustra el peso total de los frutos grandes, medianos y pequeños, donde se puede observar que la variedad San Andreas alcanzó un peso superior de 0,484 kg/frutos en comparación con la variedad Sabrina, que tuvo 0,461 kg/frutos, mientras que la variedad Monterrey presentó un peso inferior en comparación con las otras variedades.

Birgi y Gargaglione (2021) en el estudio realizado, de Producción y calidad de dos variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa Duch*) en hidroponía en Santa Cruz, obtuvo donde la variedad San Andreas alcanzó un peso promedio de 30 g por planta, mientras que la variedad Monterrey obtuvo 20 g por planta, situándose ambos dentro de los rangos establecidos por el estudio realizado.



**Figura 34. Promedios para el peso del fruto**

Villagrán (2001), indica que el peso del fruto de *Fragaria x ananassa* varía entre 20 y 30 gramos durante el pico de producción; sin embargo, estos valores sí coinciden con los obtenidos en este estudio.

#### 4.2.10. Grados Brix

El análisis de varianza para la variable de grados brix en el cuadro 19 muestra que existe diferencias estadísticas para los bloques y para los tratamientos no existen diferencias significativas por plantas cultivados en el sistema hidropónico bajo condiciones de ambiente atemperado.

El promedio del contenido de azúcar del fruto fue de 9,8 grados brix.

**Cuadro 19. Análisis de varianza de grados Brix**

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Bloques</b>	16,89	2	8,44	304	<0,0001**
<b>Trat</b>	0,06	2	0,03	1	0,4444 SN
<b>Error</b>	0,11	4	0,03		
<b>Total</b>	17,06	8			
<b>Promedio (°Brix)</b>	<b>9,8</b>				

Los promedios se pueden observar en la figura 35, la variedad San Andrea y Sabrina son iguales en la dulzura ya que los dos alcanzaron a 9,8 Grados Brix, seguido por la variedad Monterrey alcanzando los 9,7 grados brix respectivamente.



**Figura 35. Promedios para Grados Brix**

En el estudio realizado sobre el "Desarrollo Vegetativo y Productivo de la Frutilla (*Fragaria X Ananassa Duch.*), Utilizando una Cubierta de Agrotexil de Diferentes Densidades" por Joublan y Vergara (2002), se hallaron niveles de dulzura que varían entre 9,52 y 12,71 grados Brix, indicando que el estudio se encuentra dentro del rango apropiado.

Por otro parte Ramírez (2011), menciona que las fresas requieren de altos niveles de potasio para un buen tamaño, sabor, rendimiento y calidad de conservación de la fruta. En

general una conductividad eléctrica (CE) de 2000 a 3000 mS/cm asegura un buen rendimiento y fruta de alta calidad.

#### 4.2.11. Rendimiento por planta

Como podemos observar en el análisis de varianza en el cuadro 20 muestra que existe diferencias estadísticas para los bloques y no existe diferencias estadísticas para los tratamientos. El promedio general fue de 84,1 gramos por planta.

**Cuadro 20. Análisis de varianza para el rendimiento por planta**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Bloques</b>	5697,85	2	2848,92	9,56	0,0299 *
<b>Trat</b>	2009,49	2	1004,74	3,37	0,1386 NS
<b>Error</b>	1191,59	4	297,9		
<b>Total</b>	8898,92	8			
<b>Promedio</b>	<b>84,1</b>				

Los promedios, como se muestra en la figura 35, indica que la variedad San Andrea obtuvo el mayor rendimiento con 0,097 kg/planta. En contraste, la variedad Sabrina alcanzó los 0,092 kg/planta, mientras que la variedad Monterrey tuvo el rendimiento más bajo con 0,063 kg/planta. Estos resultados pueden atribuirse a las diferencias en tamaño y peso de los frutos de cada variedad. La variedad San Andreas, con frutos más grandes y mayor peso, mostró el mejor rendimiento. La variedad Sabrina presentó un mayor número de frutos por planta, pero con menor peso individual. Por otro lado, la variedad Monterrey se ubicó en el último lugar en cuanto a rendimiento debido a la menor cantidad de frutos por planta.



**Figura 36. Promedios para el rendimiento por planta**

En un estudio realizado por Condori (2023), en el municipio de Viacha evaluó el comportamiento productivo de dos variedades de frutilla (*Fragaria sp.*) bajo un sistema de producción hidropónica NFT. Los resultados mostraron que la variedad Oso Grande tuvo un ciclo productivo de 115 días y un rendimiento notable, con un peso promedio de 49.27 gramos por planta, mientras que la variedad Sweet Charlie, con un ciclo de 128 días, presentó un rendimiento inferior, con un peso promedio de 19.10 gramos por planta. Esto indica que el uso de tecnologías hidropónicas puede mejorar significativamente los rendimientos en comparación con métodos tradicionales

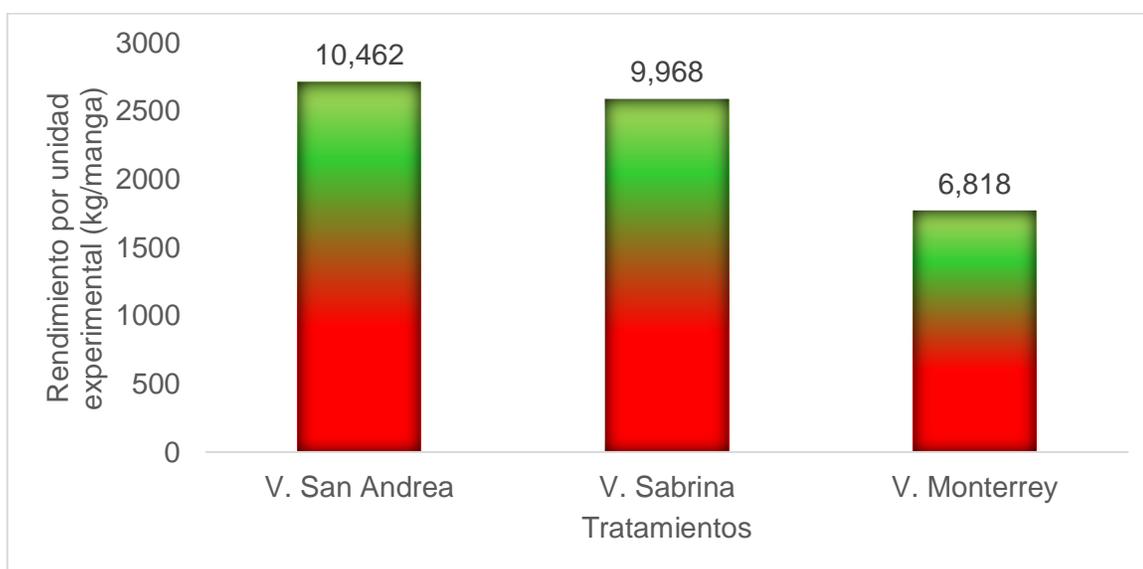
#### 4.2.12. Rendimiento por unidad experimental

Como podemos observar en el análisis de varianza en el cuadro 21 muestra que existe diferencias estadísticas para los bloques y no existe diferencias estadísticas para los tratamientos. El promedio general fue de 2,355 kilogramos en todo el estudio.

**Cuadro 21. Análisis de varianza para el rendimiento de UE**

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
<b>Bloques</b>	4466169,94	2	2233084,97	9,54	0,03
<b>Trat</b>	1576224,24	2	788112,12	3,37	0,1389
<b>Error</b>	936487,14	4	234121,78		
<b>Total</b>	6978881,32	8			
<b>Promedio</b>	<b>2,355</b>				

Los promedios se pueden apreciar en la figura 37, indica que el mayor rendimiento lo tiene la variedad San Andrea que alcanzó los 10,462 kg/manga, en cambio la variedad Sabrina tuvo un alcance 9,968 kg/manga y la variedad Monterrey rindió 6,818 kg/manga este fue el rendimiento más bajo. Estos resultados pueden atribuirse a la diferencia de tamaños de fruto y peso de cada variedad, la prueba más clara de esto es la variedad San Andreas que presentó grandes frutos y su peso fue mayor, seguido por la variedad Sabrina donde tuvo mayor número de frutos por planta, pero con menor peso, por el contrario, la variedad Monterrey tuvo pocos frutos por planta por esta razón se ubica en el último lugar en el rendimiento.



**Figura 37. Promedios para el rendimiento de la unidad experimental**

En el estudio realizado por Careaga (2013), sobre el comportamiento productivo vertical de la frutilla (*fragaria sp.*) en relación a la densidad de siembra en dos tipos de sustrato en ambiente protegido; encontró el rendimiento de frutos de 6,95 kg en el sustrato uno 6,71 kg en el sustrato dos en lo cual el presente estudio supero en los rendimientos.

#### 4.3. Variables económicas

La evaluación económica es considerada de mucha importancia debido a que nos proporciona información económica, tomando en cuenta desde la perspectiva del productor, para poder a dar a conocer los términos de rentabilidad.

#### 4.3.1. Análisis económico del cultivo de fresa

El análisis de rentabilidad económica se llevó a cabo utilizando la relación Beneficio/Costo, un método que compara los beneficios obtenidos con los gastos incurridos durante el proceso de producción. Los costos de producción específicos para cada tratamiento se detallan en el anexo 15.

Para comenzar el análisis económico, se presenta a continuación el cuadro 22, donde se puede observar el rendimiento de la unidad experimental y los gastos incurridos durante el proceso de investigación. En este sentido, se evaluaron las muestras tomadas por tratamientos, considerando el peso de cada fruto para su comercialización en el supermercado, donde se vendió a 20 bs el kilo de fresa. Este cálculo se realizó en función del número de plantas de cada tratamiento, teniendo cada bloque 108 plantas. El tratamiento III (V. San Andrea) obtuvo el mejor rendimiento con 0,097 kg/planta, que al multiplicarse por el número de plantas resultó en 10,462 kg/manga. Seguidamente, el tratamiento II (V. Sabrina) alcanzó un rendimiento de 0,092 kg/planta, que también se multiplicó por el número de plantas del tratamiento donde el resultado fue de 9,968 kg/manga. Finalmente, el tratamiento I (V. Monterrey) logró un rendimiento de 0,062 kg/planta, resultando en 6,818 kg/planta tras multiplicarse por el número de plantas del tratamiento.

**Cuadro 22. Cálculo de costos de producción de fresa**

COSTO DE PRODUCCIÓN (expresados en bolivianos)						
tratamientos	Rendimiento Experimental (kg)	Precio comercial (bs/kg)	Ingreso bruto (R*P)	Costo de producción	Beneficio neto (IB-CP)	Beneficio costo (B/C)
V. Monterrey	190,936	20	3818,72	1618,385	2200,335	2,359
V. Sabrina	279,137	20	5582,74	1695,385	3887,355	3,293
V. San Andrea	292,986	20	5859,72	1695,385	4164,335	3,456

#### **4.3.2. Detalle del costo total de inversión por tratamiento**

En cuanto a los costos de mano de obra, se consideraron todas las labores culturales durante el período de investigación, utilizando un costo por jornal de Bs 100, precio establecido localmente por los agricultores. Para los costos de materiales e inversión, se tuvo en cuenta el costo total de los materiales utilizados, sumando una inversión de Bs 2802,275. A partir de este monto, se calculó el costo total inicial para luego determinar la depreciación anual y, posteriormente, la depreciación aplicable a los cinco meses que duró la investigación. La depreciación de todos los materiales utilizados dejó un saldo de Bs 1722,385 correspondiente a los tres tratamientos, como se detalla en los anexos 15, 16 y 17.

#### **4.3.3. Análisis económico con relación al beneficio costo**

En los anexos 15, 16 y 17 se observa la sumatoria de los costos de inversión generados en toda la investigación, donde se logra ver que el tratamiento I, tuvo menor inversión de Bs. 1618,385 este se debe al costo de los plantines, respecto a los demás tratamientos que obtuvieron una inversión de Bs 1695,385, esto debido a los costos de plantines.

Una vez obtenidos los ingresos y el costo total el análisis de rentabilidad económica se calculó en base a la relación beneficio costo, que es un método que consiste en contrarrestar los beneficios obtenidos o ingresos con los gastos generados durante todo el proceso de producción.

Anteriormente se observa en el cuadro 22 el resumen de los ingresos y el costo de inversión para cada tratamiento, lo que permite determinar el beneficio neto y la relación beneficio costo.

Cabe destacar que después de haber calculado el ingreso y los costos totales que varían, luego se procedió al cálculo del beneficio/costo donde se muestra que los mayores retornos económicos, según la relación beneficio costo, se perciben en el tratamiento III, lo que hace suponer que desde el punto de vista económico el T3 da mejores resultados con Bs. 3,456.

Deduciendo el resultado de beneficio costo el tratamiento III, por cada boliviano invertido  $3,456 - 1 = 2,456$  este recupera y gana Bs. 2,456, el segundo que obtiene un beneficio alto es el tratamiento II aparte de ganar recupera Bs 2,293 y por último el tratamiento I que recupera Bs. 1,359, que también recupera.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y considerando los resultados obtenidos se concluye:

- En análisis de variables agronómicas, en el sistema hidropónico con la aplicación de la solución nutritiva, se mostró muy favorable en el desarrollo de las hojas, altura de planta, mayor número de flores y mayor rendimiento en cuanto al número de frutos después de la evaluación, la variedad Sabrina fue superior. Con respecto al peso de fruto la variedad San Andrea obtuvo frutos grandes y de mayor peso que llegaron a pesar los 40 g en algunos frutos y con un diámetro de 3,5 cm. La variedad Sabrina tuvo frutos medianos entre 7 a 8 frutos por planta mientras tanto la variedad monterrey tuvo de 3 a 5 frutos por planta, con un peso promedio de 25 g por fruto y con un diámetro de 2,8 cm.
- En el rendimiento se hallaron los siguientes resultados de 10,462 kg/manga de la variedad San Andrea, de variedad Sabrina 9,968 kg/manga de variedad monterrey 6,818 kg/manga.
- En cuanto a los Grados Brix, se comprobó que en las tres variedades no tuvo diferencias significativas esto se debe a que la solución nutritiva fue igual para las tres variedades.
- En cuanto a los costos de producción se obtuvo un B/C de 3,456 Bs para la variedad San Andrea lo cual nos demuestra que de cada 1 Bs invertido se gana 2,456 Bs.
- La temperatura dentro del invernadero, ha sido un factor determinante en el crecimiento, desarrollo, floración y fructificación de las plantas de fresa ya que una temperatura demasiado alta o una humedad alta induce al aborto floral, como también a la pudrición de flores y proliferación de enfermedades. Seguimiento del pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva que son características indispensables en el manejo del cultivo hidropónico. Donde su ciclo productivo fue de 120 días bajo el sistema de producción hidropónica en mangas verticales.

## 6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- De acuerdo a los resultados obtenidos de la presente investigación se recomienda a la variedad san Andrea por que obtuvo mejor rendimiento, en el tamaño de frutos con mayor peso y tiene mayor adaptabilidad.
- También se recomienda desarrollar un programa de apoyo y orientación sobre las nuevas variedades de fresa y su adaptabilidad en sistemas hidropónicos dentro de invernaderos. Es fundamental que el tema de la producción de fresas hidropónicas sea abordado en la comunidad para informar sobre su adaptabilidad y productividad en dichos sistemas.
- Por otra parte, se recomienda mayor investigación sobre el manejo y balanceo de nutrientes y su precisión de acuerdo de los requerimientos nutricionales de la fresa, ya que por este tipo de estudios se determinaría el rendimiento en los diferentes pisos ecológicos.
- Investigar nuevas variedades de fresa que muestren una superioridad en los rendimientos, con el objetivo de alcanzar la máxima producción, es una meta tanto para el investigador como para el productor, con el fin de mantener la seguridad alimentaria.
- Investigar la producción de fresas durante el verano para determinar el rendimiento, ya que las condiciones climáticas de esta estación son adecuadas para las necesidades de la fresa.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AgroEs. 2020. Fresa y el fresón, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico. AgroEs.es. Disponible en <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/colifor/353-fresa-y-el-freson-descripcion-morfologia-y-ciclo>
- Agropedia y Fragaria, 2021. Fragaria x ananassa: El origen de la frutilla fresa que hoy cultivamos. Disponible en <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/frutales/el-cultivo-de-la-fresa-o-frutilla>
- Alandia, 2005. Evaluacion de sustratos en la producción vertical de tres variedades de frutilla (*Fragaria sp.*) Tesis Ing. Agronomo. La Paz - Bolivia. UMSA. 15 p.
- Alaro, 2011. Evaluación de tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa duch.*) con aplicación de fertirriego relacionado a las fases fenologicas en tecnica de cultivos verticales en ambiente atemperado. Tesis Ing. Agronomo. Alto – Bolivia UPEA. 21 p.
- Amézquita, 2020. Evaluación del rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa duch.*) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos, bajo sistema hidropónico en mangas verticales. Tesis Ing. Agronomo. AREQUIPA-PERÚ. Universidad Católica de Santa María. 320 p. Disponible en <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0d6a5db0-9b83-4be3-a6be-52ca1a51a9a1/content>
- Apaza, 2006. Comportamiento agronómico de variedades de frutilla (*Fragaria virginiana*) a diferentes densidades de plantación en la provincia sud yungas del departamento de la paz. Tesis Ing. Agronomo. La Paz – Bolivia. UMSA. 114 p.
- Ardila, 2017. Estudio de factibilidad para el cultivo hidropónico de fresa (*Fragaria x ananassa D*), en facatativá cundinamarca. Tesis Ing. Agrónoma. UNAD. 35 p.
- Arredondo, 2015. Evaluación de tres variedades de lechuga (*Lactuca Sativa L.*) cultivadas con la tecnica hidroponica de flujo laminar de nutrientes (nft) en el centro experimental de Cota Cota - La Paz. Tesis Ing. Agronomo. UMSA. 74 p p.
- Bábaro; Sisaro ;Stancanelli y Soto, 2021. Polvo de ladrillo como sustrato para techos verdes extensivos. Scielo. Disponible en [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071938902021000100081&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071938902021000100081&script=sci_arttext)
- Birgi y Gargaglione, 2021. Producción y calidad de dos variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa Duch*) en hidroponía en Santa Cruz CONICET.
- Blanco, 2023. sabrina la reina de la frutilla de 2023. ABC REVISTA. Disponible en <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-revista/2023/06/25/sabrina-la-reina-de-la-frutilla-2023/>
- Briceño y Cochi, 2021. Evaluación de 3 variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa*) en un sistema semi hidropónico, bajo condiciones de invernadero. Tesis ing. Agronomo. Quito. USFQ. 18 p.

- Camacho; Toro y Díaz, 2021. Caracterización de materiales con uso potencial como sustratos en sistemas de cultivo sin suelo. Scielo. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?lng=en&nrm=iso&pid=S012287062021000100019&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?lng=en&nrm=iso&pid=S012287062021000100019&script=sci_arttext&tlng=es)
- Careaga, 2013. Comportamiento productivo vertical de la frutilla (*Fragaria sp.*) en relación a la densidad de siembra en dos tipos de sustrato en ambiente protegido. Tesis Ing. Agronomo. La Paz- Bolivia. UMSA. 83 p.
- Cisne; Moran y Duarte, 2022. Producción orgánica de fresa (*Fragaria sp.*), las sabanas, madriz, nicaragua. Managua, Nicaragua. p. Consultado
- Condori, 2023. Evaluación del comportamiento productivo de dos variedades de frutilla (*Fragaria sp.*), bajo un sistema de producción hidropónica nft, en el municipio de viacha. . Tesis Ing. Agronomo. La Paz – Bolivia. UMSA. 29 p.
- Cortez, 2011. Optimización del área de producción en frutilla (*Fragaria virginiana*) con la utilización de sacos anudados en tacachira provincia los andes. Tesis Ing. Agronomo. La Paz - Bolivia. UMSA. 20 p.
- Cruz, 2021. Efecto de tres dietas en la alimentación de cuyes (*cavia porcellus aperea*) en las etapas de crecimiento y engorde, en el Centro Experimental de Kallutaca La Paz- Bolivia Tesis Lic. Medicina Veterinaria Y Zootecnia. La Paz- Bolivia. UPEA. 82 p.
- CULTIFORT. 2021. Recomendaciones para el cultivo de fresa cultifort.com, España Disponible en <https://www.cultifort.com/recomendaciones-cultivo-fresa-potenciador-color/>
- DANTHERM. 2023. Climatización de cultivos verticales: Optimización del rendimiento y los costes energéticos. Danterm Climate Solutions. Disponible en <https://www.danthermgroup.com/es-es/dantherm/vertical-farming-climate-control-optimising-yields-and-energy-costs>
- Dias, 2023. Determinación del efecto de agrozoil sobre la incidencia de necrosis radical de fresa fragaria x ananassa duch variedad monterrey Tesis Ing. Agronomo. Cevallos. Universidad Técnica De Ambato 23 p.
- FAO. 2003. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. En Manual técnico la huerta hidropónica popular
- FAO. 2024. El techado con agrofilm de carpas tipo semi túnel fue validado para su implementación en Oruro.
- Fernandez, 2015. Producción de frutilla (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico con diferentes proporciones de sustratos y la dosificación de tres concentraciones comerciales de soluciones nutritivas. Tesis Ing. Agronomo. La Paz – Bolivia. UMSA. 19 p.
- Frías, 2012. Propagación y técnicas de cultivo de la Fresa (*Fragaria vesca*). Revista Vinculando. Disponible <https://vinculando.org/mercado/agroindustria/propagacion-y-tecnicas-de-cultivo-de-la-fresa-fragaria-vesca.html>

- FRUTHREE. 2021. tablas nutricionales Disponible en <http://www.fru3.com/tablas-nutricionales.html>
- Garcia, 2018. Evaluación agronómica de la producción vertical del cultivo hidropónico de frutilla (*Fragaria sp.*) con dos densidades en carpa solar en el Centro Experimental de Cota – Cota. Tesis Ing. Agronomo. La Paz - Bolivia UMSA. 155 p.
- Google Earth. 2024. Programa informatica que muestra un globo virtual que permite visualizar multiples cartografia, con base en la fotografia satelital. Disponible en <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>.
- GroHo. 2024. cultivo de fresa en Hidroponía Groho Garden. Disponible en <https://groho.es/post/el-cultivo-de-la-fresa-en-hidroponia>
- GRUPOFRAGARIA. 2022. nutricion vegetal la red global de la industria de la frutilla. Disponible en <https://grupofragaria.com/articulos/calcio-en-la-frutilla-fresa/>
- Guarachi, 2011. Balance hídrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenaje sukakollus. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz - Bolivia. Bolivia UPEA, Kallutaca, . 96 p.
- Guardada, 2022. Tipos de invernaderos y sus características. Lama.
- HEROGRA. 2023. Cultivo de la fresa herogra especiales, España. Disponible en <https://herograespeciales.com/cultivo-de-la-fresa/>
- INE. 2022. roduccion por año agricola, segun el cultivo, 2021 - 2022.
- InfoAgro. 2021a. Principales tipos de invernaderos. [infoagro.com](http://infoagro.com).
- infoAgro. 2022. Calibre de fresas (frutilla) fresón y fruta pequeña. Diámetro de 25 a 55 mm.
- INTAGRI. 2014. Sistemas hidropónicos y soluciones nutritivas para fresas. INTAGRI. 3 4. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/sistema-hidroponicos-soluciones-nutritivas-fresa>
- INTAGRI. 2017. La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. INTAGRI. 2 5. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>
- INTAGRI. 2017. Planta de fresa a raíz desnuda y cepellón. Place Published, 3 p. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/Plantula-de-Fresa-Cepellon-o-Raiz-Desnuda>
- INTAGRI. 2018. Producción Hidropónica de Fresa. Tesis 26. mexico. 6p. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/produccion-hidroponica-de-fresa?p=registro>
- Joublan y Vergara, 2002. Desarrollo vegetativo y productivo de la frutilla (*Fragaria x ananassa duch.*), utilizando una cubierta de agrotexil de diferentes densidades. Agrosur. 31(1):

- Jua, 2021. Evaluación de un sistema semi hidropónico utilizando dos tipos de sustrato frente a un sistema convencional en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (var. Albión) bajo condiciones de invernadero. Tesis Ingeniero agrónomo. Quito. USFQ. 24 p.
- Kirschbaum, 2021. Características botánicas, fisiología, tipos de variedades y de plantas. INTA.
- Kumar y Mishra, 2023. Nutrient Management for Growth, Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria x ananassa*) in Vertical Hydroponics System. International Journal of Environment and Climate Change. Disponible en <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102629>.
- Leod; Águila y Cárcamo 2020. Arquitectura de la planta de frutilla. INIA. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/5033/Informativo%20INIA%20N%C2%B0%2097?isAllowed=y&sequence=1>
- LLAHUEN. 2021. Ficha técnica variedad monterrey. Disponible en [https://www.llahuen.com/\\_files/ugd/2b09de\\_ccbaa507d7f24d4194525ed635772a3b.pdf](https://www.llahuen.com/_files/ugd/2b09de_ccbaa507d7f24d4194525ed635772a3b.pdf)
- López, 2001. Las ventajas de la utilización del plástico en los invernaderos. . Expo –Agro.
- Murcia; Alvarenga y Pineda, 2023. Validación del rendimiento productivo de tilapias (*Oreochromis sp*), tomate (*Lycopersicon esculentum L.*) y chile dulce (*Capsicum annum L.*) en un sistema acuapónico. . Tesis Ingeniero agrónomo. CIUDAD UNIVERSITARIA. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR 1p.
- Molina, 2014. formulacion y evaluacion de proyectos. La Paz - Bolivia, 262 p.
- Molina y Coarite, 2014. Aportes en el Año Internacional de la Agricultura Familiar: Bolivia: centro de origen y diversidad de innumerables cultivos. FOBOMADE. 1 Disponible en <https://fobomade.org.bo/soberania-alimentaria/aportes-en-el-ano-internacional-de-la-agricultura-familiar-bolivia-centro-de-origen-y-diversidad-de-innumerables-cultivos/>
- Morales, 2012. Cosecha y postcosecha INIA. 13(1):
- Nutricion, 2017. Fresas, saborea sus beneficios.
- Padilla, 2013. Efecto de biol como fertilizante foliar a diferentes niveles en la produccion del cultivo de frutilla (*Fragaria x annanasa*) en el centro experimental de Cota Cota. Tesis Ingeniero agronomo. La Paz- Bolivia UMSA. 128 p.
- Paye, 2015. Evaluación del comportamiento productivo de tomate (*lycopersicon esculentum mill*) a diferentes niveles de nitrógeno con ferirriego y su efecto residual en los frutos comerciales. Tesis Maestría. La Paz - Bolivia. UMSA. 112 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6844/TM-2180.pdf>
- Peada y Torres, 2001. La Solución Nutritiva, Nutrientes Comerciales, Formulas completas. Soluciones nutritivas y uso del temporizador en cultivos hidropónicos. INIA Disponible en <http://www.drcalederonlabs.com/Hidroponicos/Soluciones1.html>

- Pérez y Díaz, 2019 La agricultura vertical como estrategia para garantizar la seguridad alimentaria en terminos de abastecimiento y calidad de productos en el municipio de gachetá cundinamarca. Gachetá Cundinamarca. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). 15 p.
- Portugal; Chávez; López; García; Valencia y Hernández., 2019. Manual de producción de fresa en bolis de fibra de coco bajo invernadero. Disponible en <https://planificacionfesaragon.com/sites/default/files/manuales/Manual%20de%20Producci%C3%B3n%20de%20Fresa%20280519.pdf>
- Preciado, 2023. Agricultura Vertical Cultivando el Futuro de la Alimentación. Disponible en <https://es.linkedin.com/pulse/agricultura-vertical-cultivando-el-futuro-de-la-miller-preciado>
- PROAIN. 2020. Producción de fresa, requerimientos de clima y suelo. PROAIN. Disponible en <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/produccion-de-fresa-requerimientos-de-clima-y-suelo>
- PROPLANTAS. 2021. Ficha tecnica de variedad san andrea. Disponible en [https://www.proplantas.com/plantas-de-fresa/pdf/ficha\\_san\\_andreas.pdf](https://www.proplantas.com/plantas-de-fresa/pdf/ficha_san_andreas.pdf)
- Ramirez, 2011. Evaluación del comportamiento agronómico de la frutilla (*Fragaria x ananassa duch.*) en cultivos verticales bajo dos densidades de plantación y tres niveles de humus de lombriz en la estación experimental de cota cota. Tesis Ing. Agronomo. La Paz - Bolivia. UMSA. Disponible en <http://agrisave.com/biblioteca/agricola/CULTIVO%20DE%LA%20FRUTILLA%20%FRESA.pdf>.
- Rivas, 2017. Evaluación del comportamiento agronómico de la frutilla (*Fragaria x ananassa duch.*) en cultivos verticales bajo dos densidades de plantación y tres niveles de humus de lombriz en la estación experimental de cota cota. Tesis Ing. Agrónomo. La Paz – Bolivia. UMSA. 24 p.
- Rodríguez, 2016. requerimiento nutricional para la fresa. Peru Universidad Agraria La Molina.
- Sela, G. 2024. Sistemas hidropónicos. Disponible en <https://cropaia.com/es/blog/sistemas-hidroponicos/>
- Tarquino, 2018. Evaluación agronómica de la producción vertical del cultivo hidropónico de frutilla (*fragaria sp.*) con dos densidades en carpa solar en el centro experimental de cota – cota. La Paz – Bolivia. UMSA.
- VERDEGEN. 2017. Tipos de sistemas hidropónicos para cultivar. GENERACION verde. Disponible en <https://generacionverde.com/blog/hidroponia/tipos-de-sistemas-hidroponicos/>
- Zaragoza, 2013. “Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa*) Bajo Invernadero” Tesis Maestro en ciencias en agroplasticultura. Saltillo, Coahuila, México. . CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA 30 p.

**8. ANEXO**

## Anexo 1. Analisis fisico - quimica del agua

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 71/21

Página 1 de 1

### INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 71/21

Cliente:	UPEA - AGRONOMÍA
Solicitante:	Ing. Victor Paye Huaranca
Dirección del cliente:	Nardín Rivas, Nro. 850
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Kallutaca
	Provincia: Los Andes
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Pozo -1, Horti
Responsable del muestreo:	Ing. Victor Paye Huaranca
Fecha de muestreo:	13 de agosto de 2021
Hora de muestreo:	11:30
Fecha de recepción de la muestra:	16 de agosto de 2021
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 16 al 30 de agosto, 2021
Caracterización de la muestra:	Agua de Pozo
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella Pet
Código LCA:	71 - 1
Código original :	P-1 Agua de Pozo

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	P-1 Agua de Pozo 71 - 1
Alcalinidad total	EPA 310.1	mg CaCO <sub>3</sub> /l	5,0	43
Acidez	EPA 305.1	mg CaCO <sub>3</sub> /l	2,0	< 2,0
Bicarbonatos	EPA 310.1	mg/l	6,0	43
Boro	AZOMETINA -H	mg/l	0,040	0,043
Calcio	EPA 215.1	mg/l	0,32	11
Carbonatos	EPA 310.1	mg/l	3,0	< 3,0
Cloruros	SM-4500-Cl--B	mg Cl/l	0,020	2,3
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	µS/cm	1,0	162
Dureza total	SM 2340 - B	mg CaCO <sub>3</sub> /l	1,0	50
Fósforo soluble	EPA 365.2	P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/l	0,010	< 0,010
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	5,5
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	0,77
pH	EPA 150.1		1 - 14	6,7
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	2,8
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	12
Sulfatos	SM 4500-SO4=E	mg/l	1,0	29
Cobre	EPA 220.2	mg/l	0,050	< 0,0050
Hierro	EPA 236.2	mg/l	0,050	0,27
Manganeso	EPA 243.2	mg/l	0,020	< 0,020
Niquel	EPA 249.1	mg/l	0,040	< 0,040
Cinc	EPA 289.2	mg/l	0,038	< 0,038

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)

EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 30 de Agosto de 2021

  
Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental

JCH/LCA



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf/Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

## Anexo 2. Balanceo de sales minerales para etapa de inicial

Tipo de cultivo: Fresa

Fase fenológica del cultivo: etapa inicial

Adecuados para aguas: CE=1.0 mS/cm

Formulación para: 1000 L

SALES MINERALES DE GRUPO A			
	FORMULA	GRAMOS	NOMENCLATURA
Nitrato de calcio	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	176	A1
SALES MINERALES DE GRUPO B			
	FORMULA	GRAMOS	NOMENCLATURA
Fetrilon combi	combi	30	B1
Mult NPK Haifa (nitrato de potasio)	KNO <sub>3</sub>	180	B2
MAP Haifa (fosfato monoamónico)	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	85	B3
MULTIMAG (sulfato de magnesio)	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	200	B4
Cloruro de potasio	KCl	74	B5

## Anexo 3. Balanceo de sales minerales para etapa de floración

Tipo de cultivo: Fresa

Fase fenológica del cultivo: etapa de floración

Adecuados para aguas: CE=1.2 mS/cm

Formulación para: 1000 L

SALES MINERALES DE GRUPO A			
	FORMULA	GRAMOS	NOMENCLATURA
Nitrato de calcio	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	318	A1
SALES MINERALES DE GRUPO B			
	FORMULA	GRAMOS	NOMENCLATURA
Fetrilon combi	combi	25	B1
Mult NPK Haifa (nitrato de potasio)	KNO <sub>3</sub>	400	B2
MAP Haifa (fosfato monoamónico)	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	60	B3
MULTIMAG (sulfato de magnesio)	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	280	B4
Cloruro de potasio	KCl	70	B5

#### Anexo 4. Balanceo de sales minerales para etapa de fructificación

Tipo de cultivo: Fresa

Fase fenológica del cultivo: etapa de fructificación

Adecuados para aguas: CE=1.5 mS/cm

Formulación para: 1000 L.

SALES MINERALES			
DE GRUPO A	FORMULA	GRAMOS	NOMENCLATURA
Nitrato de calcio	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	420	A1
SALES MINERALES			
DE GRUPO B	FORMULA	GRAMOS	NOMENCLATURA
Fetrilon combi	combi	20	B1
Mult NPK Haifa (nitrato de potasio)	KNO <sub>3</sub>	360	B2
MAP Haifa (fosfato monoamónico)	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	74.6	B3
MULTIMAG (sulfato de magnesio)	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	355	B4
Cloruro de potasio	KCl	192.6	B5

#### Anexo 5. Los promedios de los variables de respuesta

BLOQUES	TRAT	NHP9	NFL4	PFG	PFM	PFP	DF	LF	NFP	PF	GR	REP	RUE
I	T1	29,8	6,6	208,1	110,7	74	26,80	41,26	25	392,8	8	78,6	2199,7
I	T2	28,6	10,8	295	253,4	63,3	25,22	38,06	38	611,7	8	122,3	3425,5
I	T3	25,6	7,8	474,1	234,5	40	25,64	40,56	37	748,6	8	149,7	4192,2
II	T3	28,2	4,4	297,8	99,1	22,6	27,98	44,71	23	419,5	10	83,9	2349,2
II	T1	26,8	4	67,8	319,6	51	25,26	37,50	23	438,4	10	61,2	1714,2
II	T2	27,4	7,2	166,1	257,1	47,4	27,49	38,64	30	470,6	10	94,1	2635,4
III	T2	27	6,2	165,7	120,6	16	28,24	45,03	16	302,3	11,5	60,5	1692,9
III	T3	28,2	6,4	78,1	148,5	58,6	23,05	32,67	21	285,2	11,5	57,0	1597,1
III	T1	24	5,2	74,9	120,4	52,9	23,68	38,84	18	248,2	11	49,6	1389,9

## Anexo 6. Plantines para la investigación



## Anexo 7. Instalación de sistema riego y timer



Instalación de timer



Instalación de bomba de  
agua

**Anexo 8. Sales minerales utilizados en la presente investigación**



Multi-npk

Fosfato monoamónico

Nitrato de potasio



Sulfato de magnesio

**Anexo 9. Preparación del sustrato y colgado de mangas**



Mezcla del sustrato

Llenado de manga

Distribución de mangas

Colgado de mangas

### Anexo 10. Trasplante y etapa vegetativa de la fresa



Abertura de las boquetas

Plantacion

Desarrollo de la planta de una semana



Desarrollo de la planta de dos semanas



Desarrollo de los plantines de cuatro semanas

**Anexo 11. Muestreo de plantas en la unidad experimental**

Muestra de la  
1<sup>ra</sup> semana

Muestra de la  
3<sup>ra</sup> semana

Muestra de la 4<sup>ta</sup>  
semana

**Anexo 12. Etapa de floración y fructificación**

Primeros frutos

Fructificación

Últimos frutos de la  
investigación

### Anexo 13. Conductividad eléctrica y pH de la solución nutritiva



Medición de CE



Medición de pH

### Anexo 14. Enraizador y concentración madre A y B



## Anexo 15. Gastos para el tratamiento I (V. Monterrey)

Tratamiento I						
1.	INSUMOS	Unidades	Costo Unitario	cantidad	total (Bs)	TOTAL
	V. Monterrey		0,4	200	80,00	<b>606,225</b>
	Mult NPK Haifa (KNO3)	kg	20	2	40,00	
	MAP (fosfato monoamónico)	kg	23	2	46,00	
	MULTIMAG (sulfato de magnesio)	kg	13	2	26,00	
	Calcium nitrate (nitrato de calcio)	kg	16	2	32,00	
	FETRILON COMBI 23	g	0,6	75	45,00	
	Cloruro de potasio (KCl)	kg	20	2	40,00	
	Ácido fosfórico	ml	0,05	1000	50,00	
	arena	kg	1	45	45,00	
	cascarilla de arroz	kg	1,5	75	112,5	
	ladrillo molido	kg	1	30	30,00	
	agua	m3	1,75	2,7	4,73	
	electricidad	kw/h	1	55	55,00	
2.	<b>MATERIALES DE TRABAJO</b>					<b>depreciación</b>
	Costo de la carpa	m2	80	3	240,00	240,00
	pH metro y conductímetro		470	1	470,00	195,8
	bomba de impulsión		280	1	280,00	23,333
	timer		180	1	180,00	18,75
	tanque de 450		380	1	380,00	31,667
	manga		8	4,5	36,00	15
	microtubos		1,6	10	16,00	6,67
	politubos flexible 3/4		0,9	13	11,7	1,6
	goteros		1,9	9	17,1	1,43
	Tubo PVC 1pulg		9	1,25	11,25	0,94
	Codos de PVC		3	1	3,00	0,25
	Acople de PVC		5	1	5,00	0,42
	Reductor de PVC		4	1	4,00	0,33
	Tapones		2	1	2,00	0,17
	balanza		190	1	190,00	15,8
	vernier		90	1	90,00	7,5
	alambre galvanizado		30	1	30,00	2,5
	<b>TOTAL</b>				<b>1966,05</b>	<b>562,16</b>
3.	<b>MANEJO DE LA INVESTIGACION</b>					<b>TOTAL</b>
	Preparación del sustrato				100,00	<b>450,00</b>
	Trasplante				50,00	
	labores culturales				200,00	
	cosecha				100,00	
	<b>TOTAL</b>					<b>1618,385</b>

## Anexo 16. Gastos para el tratamiento II (V. Sabrina)

Tratamiento II						
1.	INSUMOS	Unidades	Costo Unitario	cantidad	total (Bs)	TOTAL
	V.Sabrina		0,5	200	107,00	633,225
	Mult NPK Haifa (KNO3)	kg	20	2	40,00	
	MAP (fosfato monoamónico)	kg	23	2	46,00	
	MULTIMAG (sulfato de magnesio)	kg	13	2	26,00	
	Calciun nitrate (nitrato de calcio)	kg	16	2	32,00	
	FETRILON COMBI 23	g	0,6	75	45,00	
	Cloruro de potasio (KCl)	kg	20	2	40,00	
	Ácido fosfórico	ml	0,05	1000	50,00	
	arena	kg	1	45	45,00	
	cascarilla de arroz	kg	1,5	75	112,5	
	ladrillo molido	kg	1	30	30,00	
	agua	m3	1,75	2,7	4,73	
	electricidad	kw/h	1	55	55,00	
2.	<b>MATERIALES DE TRABAJO</b>					<b>depreciación</b>
	Costo de la carpa	m2	80	3	240,00	240,00
	pH metro y conductímetro		470	1	470,00	195,8
	bomba de impulsión		280	1	280,00	23,333
	timer		180	1	180,00	18,75
	tanque de 450		380	1	380,00	31,667
	manga		8	4,5	36,00	15
	microtubos		1,6	10	16,00	6,67
	politubos flexible 3/4		0,9	13	11,7	1,6
	goteros		1,9	9	17,1	1,43
	Tube PVC 1pulg		9	1,25	11,25	0,94
	Codos de PVC		3	1	3,00	0,25
	Acople de PVC		5	1	5,00	0,42
	Reductor de PVC		4	1	4,00	0,33
	Tapones		2	1	2,00	0,17
	balanza		190	1	190,00	15,8
	vernier		90	1	90,00	7,5
	alambre galvanizado		30	1	30,00	2,5
	<b>TOTAL</b>				1966,05	562,16
3.	<b>MANEJO DE LA INVESTIGACION</b>					<b>TOTAL</b>
	Preparación del sustrato				100,00	500,00
	Trasplante				50,00	
	labores culturales				250,00	
	cosecha				100,00	
	<b>TOTAL</b>					<b>1695,385</b>

## Anexo 17. Gastos para el tratamiento III (V. San Andrea)

Tratamiento III					
1. INSUMOS	Unidades	Costo Unitario	cantidad	total (Bs)	TOTAL
V. San Andrea		0,5	200	107,00	633,225
Mult NPK Haifa (KNO3)	kg	20	2	40,00	
MAP (fosfato monoamónico)	kg	23	2	46,00	
MULTIMAG (sulfato de magnesio)	kg	13	2	26,00	
Calcium nitrate (nitrato de calcio)	kg	16	2	32,00	
FETRILON COMBI 23	g	0,6	75	45,00	
Cloruro de potasio (KCl)	kg	20	2	40,00	
Ácido fosfórico	ml	0,05	1000	50,00	
arena	kg	1	45	45,00	
cascarilla de arroz	kg	1,5	75	112,5	
ladrillo molido	kg	1	30	30,00	
agua	m3	1,75	2,7	4,73	
electricidad	kw/h	1	55	55,00	
<b>2. MATERIALES DE TRABAJO</b>					<b>depreciación</b>
Costo de la carpa	m2	80	3	240,00	240
pH metro y conductímetro		470	1	470,00	195,8
bomba de impulsión		280	1	280,00	23,333
timer		180	1	180,00	18,75
tanque de 450		380	1	380,00	31,667
manga		8	4,5	36,00	15
microtubos		1,6	10	16,00	6,67
politubos flexible 3/4		0,9	13	11,7	1,6
goteros		1,9	9	17,1	1,43
Tubo PVC 1pulg		9	1,25	11,25	0,94
Codos de PVC		3	1	3,00	0,25
Acople de PVC		5	1	5,00	0,42
Reductor de PVC		4	1	4,00	0,33
Tapones		2	1	2,00	0,17
balanza			1	190,00	15,8
vernier		90	1	90,00	7,5
alambre galvanizado		30	1	30,00	2,5
<b>TOTAL</b>				<b>1966,05</b>	<b>562,16</b>
<b>3. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN</b>					<b>TOTAL</b>
Preparación del sustrato				100,00	500,00
Trasplante				50,00	
labores culturales				250,00	
cosecha				100,00	
<b>TOTAL</b>					<b>1695,385</b>