

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS

AGRONÓMICOS Y FORESTALES



TESIS

Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera de Negocios Agronómicos y Forestales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Agronomía

PRESENTADO POR:

Aguilar Velasque Leydi Marliz

ASESORA:

Dra. Adelfa Yzarra Aguilar

CO-ASESOR:

Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides

HUANTA – AYACUCHO

2026

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis_Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo

AUTOR

Leydi Marliz Aguilar Velasque

RECuento DE PALABRAS

22928 Words

RECuento DE CARACTERES

127671 Characters

RECuento DE PÁGINAS

101 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

10.3MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 7, 2026 10:47 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 7, 2026 10:52 AM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Firmado digitalmente por
HINOJOSA
BENAVIDES Rene
Antonio FAU
20574653798 soft
Fecha: 2026.08.07
12:02:21 -05'00'



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y
FORESTALES**

En la ciudad de Huanta, en el auditorio de Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en el Jr. Miguel Lazón N° 370 – cinco esquinas, a los 14 días del mes de agosto de 2026, siendo las 11:00 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Genaro Mario Condori Ramos

Dr. Reynaldo Sucari León

Dr. Adelfa Yzarra Aguilar

Dra. Doris Quispe Condori

Miembro Titular 1 (Presidente)

Miembro titular 2

Miembro titular 3

Miembro Suplente

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 124-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis de la **Bach. Leydi Marliz Aguilar Velasque**, con la tesis titulada: **"Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo"**, asesorado por la Dra. Adelfa Yzarra Aguilar y coasesorado por el Dr. René Antonio Hinojosa Benavides, para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones:

Ninguna......

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por la tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	()
Aprobado Muy Bueno	()
Aprobado Excelente	☒

Con la calificación de *Dieciocho* (18)

Siendo las *12:18*.. se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

Dr. Genaro Mario Condori Ramos
Miembro Titular 1 (Presidente)

Dr. Reynaldo Sucari León
Miembro Titular 2

Dra. Adelfa Yzarra Aguilar
Miembro Titular 3

**Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa variedad
Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo**

TESISTA

Bach. Leydi Marliz Aguilar Velasque

ASESORA

Dra. Adelfa Yzarra Aguilar

CIP N° 74713

CO-ASESOR

Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides

CIP N° 74510

Dedicatoria

A Dios, por acompañarme en cada paso de mi formación y darme la fortaleza necesaria para continuar aun en los momentos más difíciles.

A mis padres, quienes han sido el pilar más importante en mi vida, por todo el esfuerzo, comprensión y apoyo brindado durante mi etapa universitaria.

A mi familia, por el apoyo incondicional, la confianza y la motivación brindada a lo largo de mi formación profesional. Su esfuerzo, comprensión y palabras de aliento fueron esenciales para superar cada dificultad y continuar avanzando con responsabilidad y perseverancia hacia el cumplimiento de mis objetivos.

.

Agradecimiento

A mis asesores de tesis, por su orientación constante, paciencia y apoyo académico durante el desarrollo de esta investigación. Sus conocimientos, recomendaciones y experiencia profesional fueron fundamentales para fortalecer el contenido y la calidad del presente trabajo.

A mis docentes, quienes contribuyeron significativamente en mi formación académica y profesional mediante sus enseñanzas, experiencias y valores compartidos durante mi etapa universitaria.

A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en un ambiente de aprendizaje y crecimiento académico.

RESUMEN

La fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) variedad Sabrina destaca por su productividad y calidad comercial, la cual depende en gran medida de sustrato empleado durante el cultivo. La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de cinco sustratos sobre los parámetros de calidad de la fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones, correspondientes a T1, testigo (tierra agrícola de la zona de estudio 100 %); T2, cascarilla de arroz 100 %; T3, cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %; T4, cascarilla de arroz 70 % + fibra de coco 30 %; T5, fibra de coco 70 % + cascarilla de arroz 30 %; y T6, fibra de coco 100 %; evaluándose las variables de acidez titulable (%), firmeza, pH e índice de madurez de los frutos de fresa var. Sabrina. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA) con un 95 % de confianza y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). Los resultados mostraron que T3 presentó los mayores valores de acidez titulable, firmeza y pH, con 0,84 %, 1,60 y 3,68, respectivamente, mientras que T5 alcanzó el mayor índice de madurez con 17,15. Se concluye que los sustratos evaluados influyeron significativamente en los parámetros de calidad de los frutos de fresa variedad Sabrina, destacando en acidez titulable, firmeza y pH, mientras que T5 presentó el mayor índice de madurez.

Palabras clave: *Fragaria* × *ananassa*, acidez titulable, firmeza, pH, índice de madurez, maceta.

ABSTRACT

The 'Sabrina' strawberry variety (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) is notable for its productivity and commercial quality, which depend largely on the substrate used during cultivation. This study aimed to determine the effect of five substrates on the quality parameters of the 'Sabrina' strawberry variety grown in pots under a greenhouse structure in Luricocha. A completely randomized design (CRD) was employed with six treatments and four replicates: T1, control (100% local agricultural soil); T2, 100% rice husks; T3, 50% rice husks + 50% coconut fiber; T4, 70% rice husks + 30% coconut fiber; T5, 70% coconut fiber + 30% rice husks; and T6, 100% coconut fiber. The variables evaluated were titratable acidity (%), firmness, pH, and maturity index of the 'Sabrina' strawberry fruits. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) at a 95% confidence level, and mean comparisons were performed using Tukey's test ($\alpha = 0.05$). The results showed that T3 exhibited the highest values for titratable acidity, firmness, and pH (0.84%, 1.60, and 3.68, respectively), while T5 achieved the highest maturity index (17.15). It is concluded that the evaluated substrates significantly influenced the quality parameters of 'Sabrina' strawberry fruits; T3 stood out in terms of titratable acidity, firmness, and pH, whereas T5 showed the highest maturity index.

Keywords: *Fragaria* × *ananassa*, titratable acidity, firmness, pH, ripeness index, pot.

ÍNDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	19
CAPITULO I.....	21
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
1.1 Planteamiento del Problema	21
1.2 Formulación del problema	23
1.2.1. Problema general.....	23
1.2.1. Problemas específicos	23
1.3 Objetivos.....	24
1.3.1. Objetivo general	24
1.3.2. Objetivos específicos.....	24
1.4 Justificación e importancia	24
1.4.1 Justificación.....	24
1.4.2. Importancia	26
1.5 Hipótesis	27
1.5.1 Hipótesis general	27
1.5.2 Hipótesis específicas	27
1.6 Variables	28
1.7 Operacionalización de variables	29
CAPITULO II.....	31

MARCO TEÓRICO	31
2.1. Antecedentes de la investigación.....	31
2.1.1. Internacionales.....	31
2.1.2. Nacionales	35
2.1.3. Local	36
2.2. Bases teóricas.....	37
2.2.1. Origen e importancia del cultivo de fresa.....	37
2.2.2. Importancia económica.....	38
2.2.3. Taxonomía de la fresa.....	39
2.2.4. Características botánicas de la fresa	40
2.2.5. Características edafoclimáticas del cultivo.....	40
2.2.6. Manejo agronómico de la fresa en condiciones controladas	41
2.2.7. Producción de fresas en macetas	42
2.2.8. Uso de fitotoldos en cultivos hortícolas	42
2.2.9. Variedad Sabrina	43
2.2.10. Sustratos agrícolas	44
2.2.11. Parámetros de calidad del fruto de la fresa.....	47
2.2.11.1. Acidez titulable.....	48
2.2.11.2. Firmeza del fruto	49
2.2.11.3. pH del fruto.....	49
2.2.11.4. Índice de madurez.....	49
2.2.12. Factores que influyen en la calidad del fruto.....	50
2.2.13. Influencia de los sustratos en la calidad del fruto.....	50
2.3. Definición de términos.....	51
CAPITULO III	53
METODOLOGÍA.....	53
3.1. Tipo y nivel de investigación	53

3.1.1. Enfoque de investigación.....	53
3.1.2. Tipo de investigación.....	53
3.1.3. Nivel de investigación	53
3.1.4. Diseño de investigación.....	53
3.1.5. Grilla experimental	54
3.1.6. Características del área experimental	54
3.1.7. Análisis estadístico de datos	55
3.2. Ámbito temporal y espacial	55
3.2.1. Temporal.....	55
3.2.2. Espacial.....	56
3.3. Población y muestra	57
3.3.1. Población	57
3.3.2. Muestra	57
3.3.3. Muestreo	57
3.4. Técnicas de recolección de datos	58
3.4.1. Instrumentos	58
3.5. Materiales y equipos	58
3.5.1. Materiales de laboratorio	58
3.5.2. Equipos e instrumentos	58
3.5.3. Reactivos.....	59
3.6. Recolección de datos en gabinete	59
3.7. Procedimientos.....	61
3.7.1. Elección del área experimental	61
3.7.2. Preparación del área experimental	61
3.7.3. Preparación de las macetas	61
3.7.4. Siembra de plántulas de fresa.....	62
3.8. Labores culturales	62

3.9. Análisis de datos	64
CAPÍTULO IV	65
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1 Resultados.....	65
4.2 Discusión	85
CAPÍTULO V.....	88
CONCLUSIONES.....	88
CAPÍTULO VI	89
RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	29
Tabla 2 <i>Clasificación taxonómica de la fresa (Fragaria × ananassa Duch.).....</i>	39
Tabla 3 <i>Parámetros de calidad de la fresa según autores</i>	48
Tabla 4 <i>Distribución aleatoria de los tratamientos.....</i>	54
Tabla 5 <i>Distribución de los tratamientos</i>	54
Tabla 6 <i>Dosis para cada tratamiento en la evaluación de sustratos para fresa</i>	62
Tabla 7 <i>Datos consolidados: prueba de comparación de medias (tukey 5%) para los cuatro parámetros de calidad en fresa var. Sabrina</i>	65
Tabla 8 <i>Matriz de decisión para el productor de Luricocha.....</i>	67
Tabla 9 <i>Descriptivos de la acidez titulable de frutos de fresa var. Sabrina.....</i>	68
Tabla 10 <i>Análisis de varianza para la acidez titulable de frutos de fresa var. Sabrina</i>	70
Tabla 11 <i>Comparación de medias de Tukey para la acidez titulable de frutos de fresa var. Sabrina</i>	71
Tabla 12 <i>Descriptivos de la firmeza de frutos de fresa según tratamiento</i>	72
Tabla 13 <i>Análisis de varianza para la firmeza de frutos de fresa</i>	74
Tabla 14 <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para la firmeza de frutos de fresa</i>	75
Tabla 15 <i>Descriptivos del pH de frutos de fresa según tratamiento</i>	76
Tabla 16 <i>Análisis de varianza para el pH de frutos de fresa</i>	78
Tabla 17 <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para el pH de frutos de fresa</i>	79
Tabla 18 <i>Descriptivos del índice de madurez de frutos de fresa</i>	80
Tabla 19 <i>Análisis de varianza para el índice de madurez de frutos de fresa</i>	82
Tabla 20 <i>Prueba de comparación de medias Tukey para índice de madurez de frutos de fresa</i>	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación del centro poblado de Intay – Luricocha</i>	57
Figura 2 <i>Distribución de la acidez titulable de frutos de fresa var. Sabrina</i>	69
Figura 3 <i>Resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable de acidez titulable</i>	71
Figura 4 <i>Distribución de la firmeza de frutos de fresa var. Sabrina.....</i>	73
Figura 5 <i>Resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable firmeza de frutos de fresa</i>	75
Figura 6 <i>Distribución del pH de frutos de fresa var. Sabrina.....</i>	77
Figura 7 <i>Comparación de medias tukey para pH de frutos de fresa.....</i>	79
Figura 8 <i>Distribución del índice de madurez de frutos de fresa var. Sabrina</i>	81
Figura 9 <i>Comparación de medias Tukey para índice de madurez de frutos de fresa</i>	84

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Matriz de consistencia</i>	96
Anexo 2 <i>Cronograma de actividades</i>	97
Anexo 3 <i>Ficha de recolección de datos</i>	98
Anexo 4 <i>Ficha de recolección de datos para acidez titulable</i>	99
Anexo 5 <i>Ficha de recolección de datos para índice de madurez</i>	100
Anexo 6 <i>Ficha de recolección de datos para Firmeza</i>	101
Anexo 7 <i>Fichas de recolección de datos de pH</i>	102
Anexo 8 <i>Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas</i>	103

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 <i>Acondicionamiento del área experimental</i>	104
Fotografía 2 <i>Perforación y pintado de las macetas</i>	104
Fotografía 3 <i>Pintado de las macetas</i>	105
Fotografía 4 <i>Adecuación de sustratos en las macetas.....</i>	105
Fotografía 5 <i>Distribución aleatoria de las unidades experimentales</i>	106
Fotografía 6 <i>Siembra de plántulas de fresa variedad Sabrina.....</i>	106
Fotografía 7 <i>Identificación de los tratamientos experimentales</i>	107
Fotografía 8 <i>Riego de las plantas de fresa</i>	107
Fotografía 9 <i>Inicio de la floración</i>	108
Fotografía 10 <i>Monitoreo continuo de la formación y maduración de los primeros frutos</i>	108
Fotografía 11 <i>Formación de los primeros frutos</i>	109
Fotografía 12 <i>Maduración de los frutos.....</i>	109
Fotografía 13 <i>Recolección de las muestras.....</i>	110
Fotografía 14 <i>Evaluación del peso de los frutos</i>	110
Fotografía 15 <i>Evaluación del diámetro del fruto</i>	111
Fotografía 16 <i>Determinación de la acidez titulable.....</i>	111
Fotografía 17 <i>Evaluación de la firmeza del fruto</i>	112
Fotografía 18 <i>Determinación del pH y sólidos solubles (°Brix)</i>	112
Fotografía 19 <i>Muestras de los frutos para la evaluación del índice de madurez</i>	113
Fotografía 20 <i>Cálculo del índice de madurez</i>	113

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria × ananassa* Duch) es uno de los cultivos frutícolas de mayor importancia económica y comercial a nivel mundial debido a la creciente demanda de frutos frescos con características sensoriales y nutricionales de alta calidad (Ramírez & Villa, 2024). Su consumo se ha incrementado por su contenido de compuestos bioactivos, vitaminas, antioxidantes y atributos organolépticos que la convierten en un producto de amplio valor para el mercado fresco y la agroindustria. Además, su producción representa una alternativa rentable para pequeños y medianos productores debido a su rápida respuesta productiva y elevada aceptación comercial (Nachtigall et al., 2024).

Últimamente, los sistemas de producción protegida han adquirido mayor relevancia debido a la necesidad de reducir los efectos de las variaciones climáticas y optimizar el uso de los recursos agrícolas (Palomino & Quispe, 2024). El cultivo bajo fitotoldo permite generar condiciones más estables de temperatura, humedad y protección frente a factores externos que afectan el crecimiento y productividad del cultivo. Asimismo, esta tecnología favorece un mejor manejo agronómico y contribuye a incrementar la eficiencia del sistema productivo y la calidad de los frutos obtenidos (Acuña & Fischer; 2023).

Dentro de los sistemas de producción en condiciones controladas, el sustrato constituye un componente esencial porque actúa como soporte del sistema radicular y regula la disponibilidad de agua, aire y nutrientes. Las propiedades físicas y químicas del sustrato influyen directamente sobre el crecimiento de las plantas y sobre variables asociadas a la calidad del fruto (Orozco, 2023). Diversos estudios reportan que materiales como fibra de coco, cascarilla de arroz y mezclas orgánicas presentan características favorables para el desarrollo de cultivos de fresa en sistemas sin suelo y producción en contenedores (Guerrero, 2017; Cerero et al., 2023).

La calidad del fruto de la fresa se evalúa mediante parámetros físicos y químicos que determinan su aceptación comercial y comportamiento poscosecha. Entre los principales indicadores destacan la acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez, variables relacionadas con el sabor, textura y estado fisiológico del fruto. Estas características pueden modificarse por factores ambientales, nutricionales y por las condiciones del medio de cultivo utilizado (Ramírez & Villa, 2024). Estudios recientes indican que el tipo de sustrato puede influir significativamente sobre la expresión de estos parámetros y, en consecuencia, sobre la calidad final del producto (Escalante & Huamani, 2025; López & Sánchez, 2018).

Encontrándonos en un mundo donde el desafío actual para la agricultura mundial es proporcionar alimentos a una población en crecimiento, en un contexto de degradación ambiental y desigualdad económica (Yzarra et al., 2021); retos para las cadenas agro-productivas que se enmarcan en la eficiencia, no solo desde los costos sino también desde la capacidad de adaptación a los cambios del entorno (Vergara et al., 2022); y donde la sustentabilidad refleja prosperidad económica sostenible en el tiempo, con calidad de vida, protegiendo paralelamente los sistemas naturales del planeta (Hinojosa et al., 2019).

En el distrito de Luricocha, provincia de Huanta, el cultivo de fresa representa una alternativa productiva para los agricultores; sin embargo, existe limitada información científica relacionada con el comportamiento de la variedad Sabrina bajo condiciones de macetas y fitotoldo empleando diferentes sustratos. En este contexto, la presente investigación titulada “Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo” busca generar información técnica que contribuya a identificar alternativas de manejo que permitan mejorar la calidad del fruto y fortalecer sistemas de producción sostenibles adaptados a las condiciones locales.

Finalmente, la presente tesis se encuentra estructurada en 6 capítulos. El Capítulo I comprende el planteamiento del problema, la formulación del problema general y de los problemas específicos, el objetivo general y los específicos, la justificación e importancia de la investigación, la hipótesis general y las hipótesis específicos, la identificación de las variables independiente y dependiente, así como la operacionalización de las variables. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, el cual incluye los antecedentes de investigación a nivel internacional, nacional y local, las bases teóricas relacionadas al cultivo de fresa (*Fragaria × ananassa* Duch) y los sustratos, además de la definición de los términos utilizados en la investigación. El Capítulo III corresponde a la metodología de la investigación, donde se describe el tipo, nivel y diseño de investigación, el ámbito temporal y espacial, la población y muestra, los tratamientos evaluados, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, los materiales, equipos e insumos empleados, el procedimiento experimental, las variables evaluadas y el análisis estadístico realizado. El Capítulo IV presenta los resultados y discusión; el Capítulo V expone las conclusiones. Finalmente, el Capítulo VI las recomendaciones.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

El cultivo de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) representa una de las actividades hortícolas con mayor proyección económica debido a la creciente demanda de frutos frescos con adecuada calidad organoléptica, firmeza y características fisicoquímicas requeridas por el mercado y la agroindustria (Ariza et al., 2021). Los principales países productores de fresa, como España, China, México y Brasil, han incrementado su producción mediante sistemas de cultivo protegido, entre ellos los invernaderos y otras estructuras similares, para responder a la creciente demanda de frutos con alta calidad comercial. No obstante, diversos estudios muestran que la calidad del fruto depende, en gran medida, del sustrato utilizado, debido a su influencia sobre la disponibilidad de agua y nutrientes y el desarrollo radicular. Así, en China, Tang et al. (2024) evaluaron distintos sustratos con capacidad de retención de agua y fertilizantes, encontrando diferencias significativas en el crecimiento, el rendimiento y la calidad de la fresa. De manera similar, Signorini et al. (2023) reportaron en Brasil que los sustratos elaborados con cascarilla de arroz mejoraron el desarrollo del cultivo y la calidad comercial del fruto, lo que evidencia la importancia de evaluar estos materiales en diferentes condiciones de producción.

Asimismo, diversos estudios indican que los sustratos influyen sobre parámetros de calidad como la acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez, variables que determinan la aceptación comercial, conservación y valor nutricional de la fresa (Diel et al., 2018). Para McKean (2019) sostiene que el manejo adecuado del sustrato en cultivos sin suelo influye directamente en la disponibilidad de nutrientes y en los parámetros de calidad de la fresa.

En el contexto peruano, el cultivo de fresa ha adquirido mayor importancia por las condiciones agroclimáticas que favorecen su producción en diversas regiones del país. En este contexto, el uso de ambientes protegidos, como fitotoldos e invernaderos, junto con el cultivo en macetas y el empleo de distintos sustratos, ha permitido mejorar la productividad, disminuir los efectos de las variaciones climáticas y optimizar el uso del

agua. En Huaral, Huasasquiche et al. (2024) encontraron que la incorporación de tecnologías sostenibles y prácticas de manejo mejoró el desarrollo vegetativo y la calidad del cultivo de fresa.

Asimismo, Portuguez Mautua et al. (2025) determinaron que la combinación adecuada entre el nivel de fertirriego y el tipo de sustrato mejoró significativamente el pH, la acidez, los sólidos solubles, el contenido de vitamina C y otras características comerciales del fruto. Estos resultados evidencian la influencia del medio de crecimiento sobre la calidad fisicoquímica y comercial de la fresa. Pese a estos avances, aún existe limitada evidencia sobre el comportamiento de distintos sustratos en sistemas de cultivo protegido, particularmente bajo fitotoldos y en diversas zonas productoras del país, lo que justifica el desarrollo de investigaciones en condiciones locales.

En el contexto local el distrito de Luricocha, provincia de Huanta, el cultivo de fresa representa una importante fuente de ingresos para los pequeños productores, favorecido por las condiciones agroecológicas de la zona. Como parte del proceso de modernización, algunos agricultores han incorporado fitotoldos y el cultivo en macetas para reducir los efectos de las variaciones climáticas y mejorar la productividad. De manera paralela, las instituciones del sector agrario desarrollan actividades de capacitación orientadas al manejo sostenible de los recursos productivos y al mejoramiento de la fertilidad del suelo, con el fin de fortalecer la competitividad de la agricultura local. Sin embargo, en Luricocha-Huanta existe escasa información relacionada con la evaluación comparativa de sustratos bajo condiciones de macetas y fitotoldo para la producción de fresa variedad Sabrina.

La problemática identificada tiene las principales causas como la poca evidencia científica que compare el comportamiento de diferentes sustratos bajo las condiciones agroclimáticas de Luricocha; la elección del sustrato que continúa basándose, en muchos casos, en la experiencia de los productores y no en criterios técnicos sustentados en sus propiedades físicas y químicas; limitada adopción de alternativas que optimicen el uso del agua y los nutrientes para mejorar la calidad fisicoquímica del fruto.

Como consecuencias principales los productores pueden utilizar sustratos que no reúnen las condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo de fresa; puede afectar la calidad fisicoquímica de los frutos, reflejada en atributos como la firmeza, la acidez

titulable, el pH y el índice de madurez, lo que reduce su valor comercial, la vida útil poscosecha y la rentabilidad del cultivo. Asimismo, la limitada información técnica disponible dificulta la toma de decisiones sustentadas en evidencia y restringe la adopción de prácticas de producción más eficientes y sostenibles.

Con base en esta problemática, la presente investigación se delimitó en evaluar la influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad: acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez en fresa variedad Sabrina cultivada en macetas bajo fitotoldo en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta. Los resultados permitirán generar información técnica y científica que contribuya a mejorar la calidad del fruto, optimizar los sistemas de producción y promover prácticas agrícolas sostenibles adaptadas a las condiciones locales.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de sustratos sobre parámetros de calidad en fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha?

1.2.1. Problemas específicos

- ¿De qué manera influye la aplicación de cinco sustratos sobre la acidez titulable de los frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho?
- ¿De qué manera influye la aplicación de cinco sustratos sobre la firmeza de los frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho?
- ¿De qué manera influye la aplicación de cinco sustratos sobre el pH de los frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho?
- ¿De qué manera influye la aplicación de cinco sustratos sobre el índice de madurez de los frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho?

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de cinco sustratos sobre los parámetros de calidad de la fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre la acidez titulable de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho.
- Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre la firmeza de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho.
- Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el pH, de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho.
- Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el índice de madurez de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación

- a) **Teórica:** La presente investigación tiene una justificación teórica porque permitirá identificar los sustratos más adecuados para mejorar la calidad de los frutos de fresa variedad Sabrina cultivada en macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta, generando información útil para los productores dedicados a este cultivo. Los resultados contribuirán a optimizar el manejo agronómico mediante la selección de medios de cultivo que favorezcan mejores características de calidad como acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez, permitiendo incrementar la eficiencia productiva y reducir pérdidas durante la cosecha y poscosecha.

- b) Práctica:** La investigación servirá como referencia técnica para la implementación de sistemas de producción protegida más eficientes y sostenibles, adaptados a las condiciones agrícolas de la zona.
- c) Metodológica:** La presente investigación se justifica metodológicamente porque empleará procedimientos técnicos y métodos experimentales orientados a evaluar de manera objetiva la influencia de cinco sustratos sobre los parámetros de calidad de la fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo. La aplicación de un diseño experimental permitirá comparar el comportamiento de los tratamientos mediante la medición de variables como acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez, garantizando resultados confiables y verificables. Asimismo, la metodología propuesta facilitará la obtención de información cuantitativa relevante para futuras investigaciones.
- d) Económica:** La producción de fresa representa una alternativa agrícola con importante potencial económico debido al incremento sostenido de su consumo en mercados locales y especializados. No obstante, la rentabilidad del cultivo depende en gran medida de la calidad comercial de los frutos, especialmente de características como la firmeza y el equilibrio de acidez, las cuales influyen directamente en la aceptación del consumidor y en el valor de comercialización. En ese sentido, la evaluación de diferentes sustratos permitirá identificar medios de cultivo que favorezcan una mejor calidad del fruto y un manejo más eficiente de los recursos productivos en sistemas bajo fitotoldo. Asimismo, el empleo de sustratos con mejores propiedades físicas y químicas puede disminuir gastos asociados al uso excesivo de fertilizantes y al manejo de pérdidas postcosecha. Del mismo modo, la obtención de frutos con mayor uniformidad y mejor conservación contribuirá a mejorar los ingresos económicos de los productores de Luricocha-Huanta, fortaleciendo la sostenibilidad y competitividad del cultivo de fresa en la zona.
- e) Ambiental:** La utilización de sustratos con características adecuadas en el cultivo de fresa puede favorecer un manejo agrícola más responsable con el entorno, debido a que permite optimizar el aprovechamiento del agua y de los nutrientes durante el proceso productivo; mientras que, el empleo de materiales orgánicos o reutilizables como componentes del sustrato contribuye a disminuir

la acumulación de residuos y a reducir la presión sobre los recursos naturales, ya que, un medio de cultivo equilibrado puede limitar la incidencia de problemas fitosanitarios y disminuir la aplicación excesiva de productos químicos que deterioran la calidad del suelo y las fuentes de agua (Guerrero, 2017). En ese contexto, la investigación busca promover estrategias de producción sostenibles que integren eficiencia productiva, conservación ambiental y aprovechamiento racional de los recursos agrícolas.

- f) Social:** La investigación contribuye a la mejora de la calidad de vida de los productores agrícolas, ya que la información promueve prácticas agrícolas más sostenibles y accesibles, contribuyendo al bienestar social y a la estabilidad económica de las familias productoras, ya que la identificación de sustratos que favorezcan una mejor calidad del fruto permitirá a los productores de fresa mejorar sus capacidades productivas para obtener cosechas con mayor valor comercial y mejores oportunidades de comercialización en Luricocha-Huanta.
- g) Científica:** La generación de nuevos conocimientos permite fortalecer el desarrollo tecnológico y la modernización de los sistemas de producción agrícola, favoreciendo la aplicación de prácticas más eficientes y sostenibles en el cultivo de fresa. Aunque diversos estudios señalan que las propiedades físicas y químicas del sustrato influyen en la absorción de nutrientes, crecimiento vegetal y calidad del fruto, aún existe limitada información relacionada con la respuesta de la fresa bajo condiciones de macetas, siendo importante la identificación de diferentes sustratos sobre parámetros de calidad, de tal manera que, los resultados permitirán ampliar el conocimiento agronómico sobre sistemas de cultivo protegido y servirán como base referencial para futuras investigaciones orientadas al manejo poscosecha y mejora de la calidad de frutos de fresa.

1.4.2. Importancia

La presente investigación reviste importancia porque contribuirá al fortalecimiento del conocimiento técnico sobre el manejo de sustratos en el cultivo de fresa variedad Sabrina bajo condiciones de fitotoldo, permitiendo identificar alternativas que favorezcan la calidad del fruto y la eficiencia productiva. En los sistemas de producción intensiva, la calidad fisicoquímica de la fresa depende en

gran medida de las condiciones del medio de cultivo, debido a que el sustrato influye en la disponibilidad de agua, nutrientes y aireación para el desarrollo de la planta. Al respecto, Capocasa et al. (2016) señalan que el manejo adecuado del sustrato mejora el comportamiento agronómico y la calidad comercial. Asimismo, Cerero et al. (2023) mencionan que el uso de tecnologías de producción en macetas constituye una alternativa eficiente para optimizar recursos y mejorar la productividad agrícola en zonas andinas.

De igual manera, la investigación permitirá generar información científica adaptada a las condiciones agroclimáticas de Luricocha-Huanta, donde existe escasa evidencia sobre la producción de fresa variedad Sabrina en sistemas bajo fitotoldo. Los resultados servirán como referencia para productores, estudiantes e investigadores interesados en mejorar los sistemas de cultivo protegido mediante prácticas más sostenibles y eficientes. Además, según Lucero (2023) la evaluación de parámetros de calidad como firmeza, pH y acidez resulta fundamental para incrementar la competitividad de los frutos destinados al mercado fresco y reducir pérdidas durante la poscosecha. En ese sentido, el estudio contribuirá al fortalecimiento de la producción local de fresa y al desarrollo de tecnologías agrícolas aplicables a la región.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre los parámetros de calidad de frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta.

1.5.2 Hipótesis específicas

- La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre la acidez titulable de los frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta.
- La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre la firmeza de los frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta.

- La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre el pH de los frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta.
- La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre el índice de madurez de los frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta.

1.6 Variables

Variable independiente: sustratos

Dimensiones:

- Propiedades físicas
- Propiedades químicas
- Propiedades biológicas

Variable dependiente: parámetros de calidad

Dimensiones:

- Acidez titulable
- Firmeza
- pH
- índice de madurez

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala
Sustrato		Textura (tamaño de partícula)	Gruesa (arenosa) > 2 mm Alta aireación, baja retención de agua. Media (franca) 0.05 - 2 mm Equilibrio entre retención de agua y drenaje. Fina (arcillosa o turba) < 0.05 mm Alta retención de agua, poca aireación.
		Porosidad total (espacios vacíos)	Menos de 40% → Baja porosidad, riesgo de compactación y asfixia radicular. 40 - 60% → Rango óptimo para cultivos en maceta. Más de 60% → Exceso de porosidad, drenaje rápido con poca retención de agua.
		Capacidad de retención de agua (%)	Menos de 30% → Baja retención de agua, riesgo de deshidratación. 30 - 70% → Rango óptimo para fresas en maceta. Más de 70% → Exceso de retención, puede causar problemas de drenaje y enfermedades radiculares.
	Propiedades químicas	pH	< a 5.0 → Sustrato ácido, puede limitar la disponibilidad de nutrientes como fósforo, calcio y magnesio. 5.5 - 6.5 → Rango óptimo para fresas, favorece la absorción equilibrada de nutrientes. > a 7.0 → Sustrato alcalino, puede reducir la disponibilidad de hierro, zinc y manganeso.
		Conductividad eléctrica	< a 0.5 dS/m → Bajo nivel de sales, posible deficiencia de nutrientes. 0.5 - 1.5 dS/m → Nivel óptimo para fresas, favorece la absorción de nutrientes sin afectar el crecimiento. > a 2.0 dS/m → Exceso de sales, puede causar estrés osmótico y afectar la calidad del fruto.
		Contenido de nutrientes (mg/kg)	N Nivel óptimo → 100-300 P Nivel óptimo → 10-30 K Nivel óptimo → 150-300

Propiedades biológicas	Materia orgánica (compuestos orgánicos)	< a 2% → Bajo contenido de MO, poca retención de humedad y nutrientes. 2 - 5% → Nivel óptimo para la mayoría de cultivos en maceta. > a 5% → Alto contenido de MO, puede afectar la aireación y favorecer la compactación.
	Ausencia de patógenos	Presencia de patógenos → Sustrato no apto, riesgo de enfermedades. Ausencia de patógenos → Sustrato adecuado para el cultivo.
	Actividad biológica	Baja actividad biológica → Menos de 10 mg CO ₂ /g sustrato/hora. Actividad óptima → 10 - 40 mg CO ₂ /g sustrato/hora. Exceso de actividad → Más de 40 mg CO ₂ /g sustrato/hora (puede indicar descomposición excesiva de materia orgánica)
		.
Parámetros de calidad de fruto	Acidez titulable	Porcentaje > a 1.0% → Fruto muy ácido. 0.6 - 1.0% → Nivel de acidez adecuado para fresas con buen sabor y estabilidad poscosecha. < a 0.6% → Fruto con poca acidez, lo que reduce su intensidad de sabor y afecta la percepción del dulzor.
	Firmeza	Newtons (N) o gramos-fuerza (g·f) > a 1.5 N (150 g·f) → Fruto firme, buena calidad poscosecha. 1.0 - 1.5 N (100 - 150 g·f) → Firmeza comercial aceptable. < a 1.0 N (100 g·f) → Fruto blando, más susceptible a daño mecánico y deterioro.
	pH	Nivel de acidez < a 3.2 → Fruto muy ácido. 3.2 - 3.8 → pH óptimo para fresas de buena calidad. > a 3.8 → Fruto con menor acidez
	Índice de madurez	Índice < a 8 → Fruto inmaduro 8 - 14 → Madurez comercial > a 14 → Fruto sobremaduro

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Miranda (2009) desarrolló en México la tesis titulada “Sustratos y manejo nutrimental en la producción y calidad de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)”, cuyo objetivo fue determinar el sustrato más adecuado para la producción y calidad de fresa cultivada en invernadero. La metodología correspondió a una investigación experimental bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×5 y diez repeticiones, en la que se evaluaron dos cultivares (Roxana y Japonesa), cinco tratamientos conformados por tezontle y diferentes mezclas con fibra de coco, Cosmo peat y Promix, combinados con dos concentraciones de solución nutritiva. Se analizaron variables relacionadas con la calidad del fruto, entre ellas la acidez titulable y el pH. Los resultados mostraron que la acidez titulable no presentó diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, el cultivar Japonesa registró el mayor porcentaje de acidez (0,13 %). Asimismo, la mezcla de tezontle con Cosmo peat presentó el mayor valor de pH (3,76), mientras que el cultivar Japonesa alcanzó un pH de 3,77, superior al obtenido por el cultivar Roxana (3,64). Se concluyó que el tipo de sustrato y el manejo nutrimental influyeron en determinados atributos fisicoquímicos de la calidad del fruto, constituyendo factores relevantes para optimizar la producción de fresa bajo condiciones de invernadero.

Guerrero (2017) desarrolló en Colombia la tesis titulada “Evaluación de sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y sus mezclas bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) en una zona del municipio de Pasto”, con el objetivo de evaluar alternativas de sustratos que permitieran mejorar la producción y la calidad de la fresa variedad Albión. La metodología consistió en una investigación experimental con diseño completamente al azar, conformada por seis tratamientos y cuatro repeticiones, donde se evaluaron fibra de coco, cascarilla de arroz y diferentes mezclas de ambos sustratos, además de un testigo en suelo con cobertura plástica. Se analizaron variables agronómicas, físicas y químicas del fruto, tales como peso, diámetro, longitud, sólidos solubles, acidez titulable, pH, índice de madurez y firmeza,

así como propiedades físicas y químicas de los sustratos y un análisis económico de rentabilidad. Los resultados evidenciaron que el tratamiento con suelo presentó el mayor rendimiento; sin embargo, el tratamiento con 100 % cascarilla de arroz obtuvo los mejores valores en grados Brix, firmeza, acidez titulable y pH. Además, los sustratos experimentaron modificaciones en sus propiedades físicas y químicas durante el desarrollo del cultivo, mientras que los tratamientos con mezcla 50 % cascarilla de arroz y 50 % fibra de coco, así como el tratamiento con 100 % cascarilla de arroz, registraron la mayor rentabilidad económica. Se concluyó que las características físicas y químicas del sustrato influyeron significativamente en la calidad del fruto y en la rentabilidad del cultivo, demostrando que las mezclas de cascarilla de arroz y fibra de coco constituyen alternativas viables para sistemas hidropónicos de producción de fresa.

Guerrero et al. (2021) publicaron en Colombia el artículo científico titulado “Evaluación de variables físicas y químicas de sustratos orgánicos en un sistema hidropónico para fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)”, cuyo objetivo fue evaluar las propiedades físicas y químicas de la fibra de coco, la cascarilla de arroz y sus diferentes combinaciones empleadas como sustratos para la producción de fresa variedad Albión en un sistema hidropónico. La metodología comprendió una investigación experimental con seis tratamientos y cuatro repeticiones, en la que se compararon mezclas de cascarilla de arroz y fibra de coco, además de un tratamiento testigo en suelo con cobertura plástica. Se determinaron variables relacionadas con las propiedades físicas y químicas de los sustratos, incluyendo densidad aparente, densidad real, humedad gravimétrica, granulometría, pH y conductividad eléctrica, realizando evaluaciones al inicio y al final del experimento. Los resultados demostraron que el monitoreo continuo de las propiedades del sustrato permitió identificar cambios importantes durante el desarrollo del cultivo; asimismo, se observó que los sustratos con elevada proporción de partículas finas, alta conductividad eléctrica y mayor densidad aparente presentaron mayor riesgo de compactación y salinización, condiciones que afectan negativamente el crecimiento de las plantas de fresa. Se concluyó que la evaluación periódica de las propiedades físicas y químicas de los sustratos constituye una práctica indispensable para garantizar un adecuado desarrollo del cultivo y mantener la calidad del sistema hidropónico de producción.

Cerero (2023) desarrolló en Oaxaca, México, la tesis titulada “Producción de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) en sistemas hidropónicos bajo invernadero en

Zaachila, Oaxaca”, cuyo objetivo fue evaluar tres sistemas de producción hidropónica (vertical, piramidal y horizontal) utilizando cuatro mezclas de sustratos para determinar su efecto sobre el comportamiento agronómico, el rendimiento y la calidad del fruto de fresa. La metodología correspondió a una investigación experimental bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial incompleto 3×4 , conformado por once tratamientos y cuatro repeticiones, donde se evaluaron las mezclas fibra de coco + turba + perlita (2:1:1), fibra de coco, fibra de coco + perlita (1:1) y olote, considerando variables como biomasa, número de hojas, volumen radicular y área foliar. Los resultados evidenciaron que el sistema horizontal con la mezcla de fibra de coco, turba y perlita obtuvo diferencias estadísticas significativas, alcanzando los mayores valores en biomasa, número de hojas, volumen de raíz y área foliar, atribuidos a condiciones ambientales favorables relacionadas con la disponibilidad de luz, temperatura, agua y nutrientes. Se concluyó que la interacción entre el sistema hidropónico y la composición del sustrato influye significativamente en el desarrollo vegetativo del cultivo de fresa, siendo la combinación de fibra de coco, turba y perlita una alternativa eficiente para mejorar el desempeño agronómico bajo condiciones de invernadero.

Orozco (2023) desarrolló en Ecuador la tesis titulada “Efecto de tres bioabonos en el rendimiento del cultivo preestablecido de fresa (*Fragaria* × *ananassa* D.) variedad Albion”, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de tres bioabonos sobre el rendimiento del cultivo de fresa variedad Albión. La metodología consistió en una investigación experimental bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), conformada por cuatro tratamientos, incluido un testigo, y cuatro repeticiones. Se utilizaron sesenta plantas por tratamiento, seleccionándose diez plantas al azar para evaluar variables como rendimiento por planta, área foliar, grados Brix y análisis económico mediante la relación beneficio-costos. Los resultados mostraron que el tratamiento BL alcanzó el mayor rendimiento promedio (0,10 kg por planta), el mayor desarrollo del área foliar (45,90 cm²), el contenido más alto de sólidos solubles (9,42 °Brix) y una rentabilidad del 66 %, evidenciando un mejor comportamiento respecto a los demás tratamientos. Se concluyó que la aplicación del bioabono BL favoreció significativamente el rendimiento y la calidad de la fresa variedad Albión, constituyéndose en una alternativa agronómica para incrementar la productividad del cultivo.

García y Cruz (2023) publicaron en México el artículo científico titulado “Evaluation effects of alternative substrates for soilless cultivation of strawberry

(*Fragaria* × *ananassa*)”, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de diferentes sustratos alternativos al suelo sobre el cultivo de fresa variedad Festival en sistemas sin suelo. La metodología comprendió una investigación experimental en la que se evaluaron cuatro tratamientos: fibra de coco, roca volcánica (tezontle), una mezcla de fibra de coco y tezontle en proporción 1:1 y un tratamiento con suelo como testigo. Se analizaron variables relacionadas con el número de frutos por planta, peso del fruto, tamaño del fruto y contenido de sólidos solubles (°Brix). Los resultados indicaron que el contenido de sólidos solubles no presentó diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, la roca volcánica sola y su combinación con fibra de coco registraron los mejores resultados en número de frutos, peso y tamaño del fruto, atributos de gran importancia para la comercialización. Se concluyó que la roca volcánica, utilizada sola o combinada con fibra de coco, constituye un sustrato promisorio para la producción de fresa en sistemas sin suelo debido a su bajo costo y su efecto favorable sobre la calidad comercial del fruto, aunque recomendaron profundizar investigaciones relacionadas con el manejo de la fertilización y el riego.

Nachtigall et al. (2024) publicaron en Brasil el artículo científico titulado “Production of strawberry cultivars in a closed system of growing on substrate with transplants of different origins”, cuyo objetivo fue evaluar el comportamiento productivo de trasplantes de fresa producidos en condiciones locales e importados a raíz desnuda cultivados en un sistema cerrado sobre sustratos de cascarilla de arroz carbonizada y cascarilla de arroz carbonizada con 20 % de compost orgánico. La metodología correspondió a una investigación experimental con arreglo factorial en la que se evaluaron tres factores: tipo de sustrato, cultivar ('Camarosa' y 'San Andreas') y origen del trasplante (local e importado), considerando variables relacionadas con el número y peso de frutos producidos por planta. Los resultados demostraron que los trasplantes producidos localmente presentaron un mayor número de frutos, mientras que los trasplantes importados alcanzaron un mayor peso fresco promedio por fruto. Asimismo, el cultivar 'San Andreas' obtenido mediante estolones producidos localmente registró una producción de 732,9 g por planta, superando al material importado. Se concluyó que la producción local de trasplantes constituye una alternativa técnicamente viable para incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo de fresa en sistemas cerrados sobre sustrato, especialmente cuando se utilizan cultivares con alta capacidad productiva.

2.1.2. Nacionales

Palomino y Quispe (2024) desarrollaron en Cusco la tesis titulada “Abonamiento con lixiviados orgánicos y dosis de micronutrientes en producción acolchada de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) en Huaran–Calca–Cusco”, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de diferentes formas de abonamiento con lixiviados orgánicos y dosis de micronutrientes sobre la producción del cultivo de fresa. La metodología correspondió a una investigación experimental bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial $2A \times 3B \times 3C$, conformado por 18 tratamientos, cuatro repeticiones y 72 unidades experimentales. Se evaluaron dos formas de aplicación del abonamiento (vía radicular y vía foliar), tres tipos de lixiviados orgánicos (estiércol de vacuno, cuy y aves de corral) y diferentes dosis de micronutrientes. El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación múltiple de Tukey. Los resultados evidenciaron que la aplicación al suelo de lixiviado de estiércol de vacuno combinado con 1 mL de solución nutritiva B por litro de agua obtuvo el mayor peso promedio del fruto (14,81 g) y la mayor longitud del fruto (3,89 cm). Asimismo, la aplicación de lixiviado de estiércol de cuy más 4 mL de solución nutritiva B por litro de agua registró el mayor peso por planta (88,53 g), mayor rendimiento por parcela (0,886 kg), mayor número de frutos por planta (6,80) y mayor longitud de raíz (17,52 cm). Se concluyó que la aplicación de lixiviados orgánicos combinados con dosis adecuadas de micronutrientes mejoró significativamente el rendimiento y el comportamiento agronómico del cultivo de fresa, constituyéndose en una alternativa eficiente para incrementar la productividad en las condiciones evaluadas.

Inocente (2024) desarrolló en Huaura, Lima, la tesis titulada “Efecto comparativo de bioestimulantes en el rendimiento de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) variedad Sabrina bajo condiciones de Huaura”, cuyo objetivo fue determinar el efecto comparativo de diferentes bioestimulantes sobre el rendimiento de la fresa variedad Sabrina. La metodología consistió en una investigación experimental bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), conformada por cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron como tratamientos L-cisteína, aminoácidos (Orgabiol), extracto de *Ascophyllum nodosum* (Phylgreen) y un testigo con agua, considerando variables como porcentaje de sólidos solubles, altura de planta, número de frutos, peso de frutos por planta y rendimiento total. El análisis de los datos se realizó mediante análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey al 5 % de

significancia. Los resultados mostraron que el tratamiento con L-cisteína obtuvo el mayor contenido de sólidos solubles (9,1 %), mayor altura de planta a los 120 días después del trasplante (26,8 cm), mayor peso de frutos por planta (1,208 kg) y el rendimiento más alto (67,1 t ha⁻¹). Además, los tratamientos con L-cisteína y extracto de *Ascophyllum nodosum* registraron el mayor número de frutos por planta. Se concluyó que la aplicación de L-cisteína a una dosis de 0,5 L ha⁻¹ produjo un efecto significativo sobre el rendimiento del cultivo de fresa variedad Sabrina, mejorando las principales variables productivas bajo las condiciones de Huaura.

Carpio (2020), en Arequipa, desarrolló la tesis titulada Evaluación del rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cv. Camarosa con diferentes combinaciones de sustratos bajo sistema hidropónico en mangas verticales, con el objetivo de evaluar el efecto de distintas combinaciones de sustratos sobre el rendimiento y las características físicas y químicas del fruto. La investigación se realizó en el fundo "La Banda", perteneciente a la Universidad Católica de Santa María, y empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con seis tratamientos, cuatro repeticiones y 24 unidades experimentales. Se evaluaron variables de crecimiento vegetativo, componentes del rendimiento, calidad del fruto, propiedades físicas y químicas de los sustratos, así como el rendimiento y la clasificación comercial de la producción. Los resultados mostraron que el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) presentó el mejor crecimiento vegetativo, mayor rendimiento y mejores características comerciales de los frutos. En cuanto a la calidad fisicoquímica, el tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) registró la mayor firmeza, mientras que el tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) alcanzó la mejor relación entre sólidos solubles y acidez titulable. Asimismo, el tratamiento T6 presentó valores favorables de conductividad eléctrica y porosidad de aireación, asociados a un mejor comportamiento agronómico del cultivo. Se concluyó que la composición del sustrato influye significativamente en el crecimiento, el rendimiento y la calidad de la fresa, siendo la mezcla de 60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina la alternativa más eficiente para el sistema hidropónico evaluado.

2.1.3. Local

Huarancca (2024), en Huamanga, desarrolló la tesis titulada Efecto de los microorganismos eficientes (EM-1) en el rendimiento de fresa (*Fragaria* × *ananassa*

Duch.), con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes concentraciones de microorganismos eficientes (EM-1) sobre el rendimiento de la variedad San Andreas en condiciones de vivero, durante el año 2023. La investigación correspondió a un enfoque experimental y utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), conformado por cinco tratamientos, tres repeticiones y una muestra de 150 plantas. Para el análisis estadístico se aplicaron la prueba de normalidad y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para muestras independientes. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos en variables relacionadas con el crecimiento vegetativo y el rendimiento del cultivo. El tratamiento T4, correspondiente a la concentración de 10 % de EM-1, registró los mejores resultados, con un promedio de 11,47 frutos por planta, una longitud de fruto de 4,29 cm, un peso promedio de 27,01 g por fruto y un rendimiento de 309,73 g por planta. Se concluyó que la aplicación de microorganismos eficientes (EM-1) influye significativamente en el rendimiento del cultivo de fresa, siendo la concentración del 10 % la que alcanzó el mejor desempeño productivo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Origen e importancia del cultivo de fresa

La fresa es una especie hortícola originada a partir del cruzamiento entre *Fragaria chiloensis*, procedente de América del Sur, y *Fragaria virginiana*, originaria de América del Norte, híbrido desarrollado en Europa durante el siglo XVIII (Acuña & Fischer, 2024). Desde entonces, este cultivo se ha expandido ampliamente a nivel mundial debido a su elevada aceptación comercial, agradable sabor, aroma y alto valor nutricional; pertenece a la familia Rosaceae y se caracteriza por su adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas, especialmente en sistemas de producción intensiva y agricultura protegida, donde el desarrollo de nuevas variedades ha permitido mejorar características relacionadas con productividad, calidad de fruto y resistencia a factores ambientales (Domini, 2012). Este cultivo representa una actividad agrícola de gran importancia económica y social en diversos países, debido a la creciente demanda en mercados nacionales e internacionales.

Martinez et al. (2023) señalan que la fresa constituye uno de los cultivos de berries más comercializados en el mundo, destacándose por su valor en la industria alimentaria y su aporte a la generación de ingresos para pequeños y medianos productores. Además,

los frutos de fresa poseen alto contenido de vitamina C, compuestos antioxidantes, minerales y compuestos fenólicos beneficiosos para la salud humana (Pineda, 2025).

2.2.2. Importancia económica

El cultivo de fresa se ha consolidado como una de las actividades hortícolas de mayor valor económico debido a la alta demanda de frutos frescos en mercados locales, nacionales e internacionales. Su rentabilidad se relaciona con la rápida recuperación de la inversión, la posibilidad de obtener varias cosechas durante el año y el elevado valor comercial de los frutos con características de calidad adecuadas. Según Alvarado (2018), la producción mundial de fresa mantiene un crecimiento constante debido al incremento del consumo de alimentos saludables y al desarrollo de sistemas de producción tecnificada orientados a mejorar el rendimiento y la calidad del fruto. En ese contexto, la producción de fresa bajo condiciones protegidas representa una alternativa eficiente para incrementar la productividad y reducir pérdidas ocasionadas por factores climáticos y fitosanitarios (Garcés, 2022).

La fresa genera importantes oportunidades económicas para pequeños y medianos productores, debido a que requiere mano de obra permanente en actividades de instalación, manejo, cosecha y comercialización. En regiones agrícolas donde existen limitaciones de superficie cultivable, el uso de macetas permite optimizar el espacio y mejorar el aprovechamiento de recursos, incrementando la rentabilidad por unidad de área. Al respecto, Quintero (2021) menciona que la calidad del fruto influye directamente en el precio de venta del cultivo, especialmente cuando se destina al mercado fresco. La implementación de tecnologías relacionadas con el manejo de sustratos puede contribuir a disminuir costos de producción y mejorar la eficiencia en el uso del agua y fertilizantes (Ramírez & Villa, 2024).

En el contexto de Luricocha-Huanta, el cultivo de fresa constituye una alternativa productiva con potencial de crecimiento económico para las familias agricultoras, debido a las condiciones climáticas favorables para su desarrollo. La mejora de parámetros de calidad como firmeza, acidez y madurez puede favorecer una mayor aceptación comercial y ampliar las oportunidades de acceso a mercados más competitivos. Por ello, la evaluación de sustratos adecuados representa una estrategia

importante para fortalecer la sostenibilidad económica del cultivo y contribuir al desarrollo agrícola de la zona (Vilca, 2025).

2.2.3. Taxonomía de la fresa

La fresa es una especie frutícola perteneciente a la familia Rosaceae, considerada una de las familias botánicas de mayor importancia económica dentro de los cultivos hortofrutícolas (Grados, 2024). El género *Fragaria* comprende diversas especies distribuidas principalmente en regiones templadas del mundo; sin embargo, la especie cultivada comercialmente corresponde a *Fragaria* × *ananassa* Duch., originada a partir de la hibridación natural entre *Fragaria chiloensis* y *Fragaria virginiana* (Domini, 2012). Este híbrido se caracteriza por presentar frutos de mayor tamaño, mejor sabor y elevada capacidad de adaptación a diferentes sistemas de producción.

Desde el punto de vista botánico, la fresa es una planta herbácea perenne que desarrolla un sistema radicular superficial y presenta crecimiento estolonífero, permitiendo su propagación vegetativa. Además, posee hojas trifoliadas, flores hermafroditas y frutos de tipo poliaquenio, donde los aquenios se encuentran distribuidos sobre un receptáculo carnosocomestible (Cerón, 2020). La clasificación taxonómica de la fresa permite identificar sus características genéticas y agronómicas, facilitando el manejo técnico del cultivo y el desarrollo de investigaciones relacionadas con producción, calidad y mejoramiento varietal (Cayambe, 2018). Evidenciándose en la Tabla 2 la clasificación taxonómica de la fresa.

Tabla 2

Clasificación taxonómica de la fresa (Fragaria × ananassa Duch.)

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	<i>Fragaria</i>
Especie	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.

Categoría taxonómica	Clasificación
Variedad	Sabrina

Nota. Adaptado de Grados (2024).

2.2.4. Características botánicas de la fresa

La fresa es una planta herbácea perenne de porte bajo perteneciente a la familia Rosaceae, caracterizada por presentar un sistema radicular fasciculado y superficial que facilita la absorción rápida de agua y nutrientes en sistemas de cultivo tecnificado (Escalante & Huamani, 2025). La planta desarrolla una corona corta de la cual emergen hojas trifoliadas con bordes dentados y pecíolos alargados; además, produce estolones que permiten su propagación vegetativa y favorecen la formación de nuevas plantas. Sus flores son hermafroditas, generalmente de color blanco, agrupadas en inflorescencias, y posteriormente originan un receptáculo carnoso comestible conocido comúnmente como fruto, mientras que los verdaderos frutos corresponden a pequeños aquenios ubicados en la superficie externa. Según Acuña & Fischer (2024), las características morfológicas y fisiológicas de la fresa influyen directamente en su adaptación a diferentes condiciones ambientales y sistemas de producción protegida. Asimismo, Arias et al. (2022) mencionan que el desarrollo vegetativo de la planta depende del manejo agronómico, disponibilidad de nutrientes y condiciones del sustrato. Del mismo modo, Domini (2012) señala que la fresa presenta elevada capacidad de adaptación en sistemas intensivos, destacándose por su rápido crecimiento, producción escalonada y calidad comercial de los frutos.

2.2.5. Características edafoclimáticas del cultivo

El cultivo de fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.) presenta mejor adaptación en zonas de clima templado a templado-frío, donde las temperaturas moderadas favorecen el crecimiento vegetativo, floración y desarrollo adecuado de los frutos. Las temperaturas óptimas para el cultivo oscilan entre 15 °C y 25 °C; valores superiores pueden acelerar la maduración y disminuir la firmeza del fruto, mientras que temperaturas bajas afectan la actividad fisiológica y reducen la productividad. Asimismo, la fresa requiere buena exposición a la radiación solar, adecuada ventilación y humedad relativa moderada para disminuir la incidencia de enfermedades fungosas y mejorar la calidad comercial del fruto (Guaqueta, 2019). En sistemas bajo fitotoldo,

estas condiciones pueden ser reguladas para optimizar el desarrollo del cultivo y reducir el impacto de factores climáticos adversos.

Desde el punto de vista edáfico, la fresa se desarrolla favorablemente en suelos o sustratos de textura franca o franco arenosa, con buena capacidad de drenaje, adecuada aireación y alto contenido de materia orgánica (Arias et al., 2022). El sistema radicular de la planta es superficial y sensible al exceso de humedad, por lo que requiere medios de cultivo que mantengan equilibrio entre retención de agua y oxigenación radicular. Según Quispe (2025), el pH ideal para el cultivo se encuentra entre 5.5 y 6.5, rango que favorece la disponibilidad de nutrientes esenciales y mejora el crecimiento de la planta. Asimismo, Pozo (2025) mencionan que la conductividad eléctrica del sustrato debe mantenerse en niveles moderados para evitar problemas de salinidad que afecten la absorción de agua y nutrientes.

Por otro lado, el manejo adecuado de las condiciones edafoclimáticas influye directamente en parámetros de calidad como firmeza, acidez y contenido de sólidos solubles de los frutos; se reporta también que, los sistemas de producción protegida permiten mejorar el rendimiento y reducir pérdidas ocasionadas por lluvias intensas, heladas y variaciones térmicas. Ramírez & Villa (2024) señalan que el empleo de sustratos con adecuadas propiedades físicas y químicas favorece el desarrollo radicular y la productividad en cultivos de fresa establecidos en macetas. Del mismo modo, Escalante (2025), en estudios realizados en Ecuador, destacan que el uso de ambientes protegidos mejora la uniformidad y calidad de los frutos destinados al mercado.

2.2.6. Manejo agronómico de la fresa en condiciones controladas

El manejo agronómico de la fresa en condiciones controladas se basa en la aplicación de técnicas que permitan optimizar el crecimiento vegetativo, la producción y la calidad del fruto mediante el control del ambiente de cultivo (Casbis, 2021). En sistemas bajo fitotoldo o invernadero, el uso de sustratos adecuados, manejo eficiente del riego y fertirrigación, así como el control de temperatura y humedad relativa, favorecen un mejor desarrollo radicular y reducen la incidencia de enfermedades que afectan la productividad del cultivo. Según Lucero (2023), el empleo de sustratos con adecuadas propiedades físicas y químicas influye significativamente en la calidad y rendimiento de frutos de fresa cultivados en ambientes protegidos. Asimismo, Duran et

al. (2024) reportan que el manejo de sistemas sin suelo mejora parámetros de calidad como firmeza, contenido de sólidos solubles y uniformidad del fruto, debido a una mayor disponibilidad de agua y nutrientes. Del mismo modo, Escalante & Huamani (2025), en investigaciones desarrolladas bajo condiciones controladas en Perú, señala que prácticas como la eliminación de estolones, monitoreo fitosanitario y manejo adecuado de la nutrición permiten incrementar la eficiencia productiva y obtener frutos con mejores características comerciales. Por ello, el manejo agronómico en sistemas protegidos constituye una alternativa tecnológica importante para mejorar la sostenibilidad y competitividad del cultivo de fresa (Cerero et al., 2023).

2.2.7. Producción de fresas en macetas

La producción de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) en macetas representa una alternativa eficiente dentro de los sistemas de agricultura protegida, debido a que permite un mejor control del agua, nutrientes y condiciones sanitarias del cultivo, favoreciendo el desarrollo uniforme de las plantas y la obtención de frutos de mayor calidad comercial. Este sistema de producción facilita el manejo del espacio en áreas con limitada disponibilidad de suelo agrícola y contribuye a reducir problemas asociados a enfermedades radicales y compactación del suelo. Según Guzhñay (2024), los sistemas de cultivo en contenedores favorecen la adaptación de la fresa a ambientes controlados y permiten optimizar el manejo agronómico en diferentes condiciones climáticas de Sudamérica. Asimismo, Toledo (2025) mencionan que el uso de sustratos en macetas mejora la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, incrementando parámetros relacionados con productividad y calidad del fruto. Del mismo modo, Fuentes et al. (2016), en investigaciones desarrolladas en Perú, reportó que el cultivo de fresa en recipientes bajo ambientes protegidos permitió obtener frutos con mejores características de firmeza, uniformidad y rendimiento, constituyéndose en una alternativa sostenible para pequeños productores.

2.2.8. Uso de fitotoldos en cultivos hortícolas

El uso de fitotoldos en cultivos hortícolas constituye una tecnología de producción protegida que permite modificar y controlar parcialmente las condiciones ambientales para favorecer el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas. Estos sistemas ayudan a disminuir el impacto de factores climáticos adversos como lluvias intensas,

heladas, vientos fuertes y radiación excesiva, creando un microclima más estable que mejora la eficiencia productiva y la calidad de los cultivos hortícolas. Asimismo, el empleo de fitotoldos contribuye a reducir la incidencia de plagas y enfermedades, optimizando el uso del agua y fertilizantes mediante un manejo más controlado del cultivo. Según Quispe (2025), los sistemas de producción protegida incrementan la productividad y permiten obtener productos de mejor calidad comercial en zonas altoandinas. Del mismo modo, Cerero (2023) señalan que los fitotoldos favorecen el desarrollo de cultivos hortícolas al mantener condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa, especialmente en regiones con variabilidad climática. Además, Escalante & Huamani (2025), en investigaciones desarrolladas en Bolivia, reportaron que el uso de ambientes protegidos mejora la sostenibilidad agrícola y reduce pérdidas productivas ocasionadas por condiciones ambientales desfavorables.

2.2.9. Variedad Sabrina

La variedad Sabrina de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) es ampliamente cultivada en sistemas de producción protegida debido a sus características agronómicas y comerciales favorables. Se distingue por presentar plantas vigorosas, de crecimiento equilibrado y buena adaptación a diferentes condiciones ambientales, especialmente en cultivos bajo fitotoldo e invernadero. Sus frutos son de tamaño grande a mediano, forma cónica uniforme y color rojo brillante, atributos que favorecen su aceptación en el mercado fresco. Asimismo, esta variedad se caracteriza por producir frutos con adecuada firmeza, buen contenido de sólidos solubles y equilibrio entre dulzor y acidez, cualidades importantes para la comercialización y conservación poscosecha. Según Fischer et al. (2018), la variedad Sabrina presenta buen comportamiento productivo en sistemas intensivos y destaca por su capacidad de mantener la calidad del fruto durante la cosecha y transporte. Del mismo modo, López & Sánchez (2018) señalan que esta variedad muestra adaptación favorable en sistemas de cultivo en sustrato, debido a su eficiencia en absorción de nutrientes y producción constante de frutos de calidad comercial. En ese contexto, la variedad Sabrina representa una alternativa adecuada para investigaciones relacionadas con manejo de sustratos y calidad de frutos en sistemas de producción protegida.

2.2.10. Sustratos agrícolas

Los sustratos son materiales orgánicos, inorgánicos o mezclas de ambos utilizados como medio de crecimiento para las plantas, cuya función principal es proporcionar soporte físico al sistema radicular y favorecer la disponibilidad de agua, aire y nutrientes necesarios para el desarrollo vegetal. En sistemas de producción intensiva y cultivos en macetas, los sustratos cumplen un papel fundamental debido a que influyen directamente en el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos hortícolas. Un sustrato adecuado debe presentar propiedades físicas favorables como buena aireación, capacidad de retención de humedad, porosidad y drenaje eficiente, además de características químicas relacionadas con pH, conductividad eléctrica y disponibilidad de nutrientes esenciales. Según Ghita (2025), las propiedades del sustrato determinan el equilibrio hídrico y nutricional de la planta, afectando el desarrollo radicular y la productividad del cultivo. Asimismo, Lucho & Ramirez (2025) mencionan que la selección de sustratos adecuados permite optimizar el manejo agronómico en sistemas sin suelo. Del mismo modo, Pérez et al. (2025) señala que el uso de sustratos agrícolas en cultivos protegidos contribuye a mejorar la eficiencia en el uso del agua y fertilizantes, favoreciendo sistemas de producción más sostenibles y tecnificados.

2.2.10.1. Importancia de los sustratos

Los sustratos agrícolas desempeñan un papel esencial en los sistemas de producción hortícola debido a que proporcionan soporte físico a las raíces y regulan la disponibilidad de agua, aire y nutrientes necesarios para el desarrollo adecuado de las plantas. En cultivos establecidos en macetas y bajo condiciones protegidas, las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato influyen directamente en el crecimiento radicular, productividad y calidad de los frutos, especialmente en especies sensibles como la fresa. Un sustrato con adecuada porosidad, capacidad de retención de humedad y equilibrio nutricional favorece el desarrollo de plantas más vigorosas y reduce problemas relacionados con compactación, exceso de humedad y enfermedades radiculares. Según Guita (2025), la selección adecuada del sustrato permite optimizar el aprovechamiento del agua y nutrientes, incrementando la eficiencia productiva del cultivo. Asimismo, Cerero (2023) señala que el uso de sustratos en sistemas de producción protegida facilita el manejo agronómico y mejora

las condiciones de crecimiento de las plantas, contribuyendo a la obtención de frutos con mejores características comerciales y mayor calidad pos cosecha.

2.2.10.2. Función de los sustratos

Los sustratos agrícolas cumplen funciones esenciales en los sistemas modernos de producción hortícola, debido a que proporcionan el soporte físico para el desarrollo radicular y regulan la disponibilidad de agua, oxígeno y nutrientes requeridos por las plantas. En cultivos establecidos en macetas y ambientes protegidos, el sustrato influye directamente en el crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad de los frutos, ya que sus propiedades físicas y químicas determinan el equilibrio entre retención de humedad, aireación y disponibilidad nutricional. Según Escalante & Huamani (2025), los sustratos adecuados favorecen un mejor desarrollo radicular y optimizan la eficiencia en el uso del agua y fertilizantes en sistemas de producción intensiva. Asimismo, Cerero et al. (2023) señalan que la selección apropiada de sustratos contribuye a mejorar la productividad agrícola y reducir problemas fitosanitarios asociados a compactación y exceso de humedad. Del mismo modo, Guita (2025) mencionan que los sustratos agrícolas cumplen una función importante en la sostenibilidad de los sistemas hortícolas, debido a que permiten disminuir el impacto ambiental mediante el uso eficiente de recursos y materiales alternativos en la producción protegida.

2.2.10.3. Fibra de coco

La fibra de coco es un sustrato orgánico proveniente del mesocarpio del fruto del cocotero (*Cocos nucifera*), utilizado ampliamente en sistemas de producción hortícola por sus propiedades físicas favorables para el desarrollo de las plantas. Este material se caracteriza por presentar elevada capacidad de retención de agua, adecuada porosidad y buena aireación, permitiendo un crecimiento radicular más eficiente y una mejor absorción de nutrientes. Según Santos (2020), la fibra de coco constituye una alternativa sostenible en cultivos sin suelo debido a su estabilidad y capacidad para mejorar el manejo hídrico en sistemas protegidos. Asimismo, Bianchi et al. (2023) señalan que este sustrato favorece la producción agrícola intensiva y contribuye a reducir problemas de compactación y exceso de humedad en cultivos establecidos en macetas.

a) Propiedades físicas de la fibra del coco

La fibra de coco es un sustrato orgánico ampliamente utilizado en la agricultura moderna debido a sus favorables propiedades físicas para el desarrollo vegetal. Según Bianchi et al. (2023), la fibra de coco presenta alta capacidad de retención de humedad, adecuada porosidad y buena aireación, características que favorecen el crecimiento radicular y la absorción eficiente de nutrientes en cultivos hortícolas. Asimismo, Ruvalcaba & Salcedo (2024) señalan que este sustrato posee baja densidad aparente y elevada estabilidad física, permitiendo mantener un adecuado equilibrio entre agua y oxígeno en la zona radicular, lo cual mejora las condiciones de desarrollo de las plantas en sistemas de cultivo.

b) Propiedades químicas de la fibra de coco

La fibra de coco es considerada un sustrato agrícola con propiedades químicas favorables para el desarrollo de cultivos hortícolas en sistemas protegidos. Según García & Cruz (2023), este sustrato presenta adecuada capacidad de intercambio catiónico, permitiendo retener y liberar nutrientes esenciales para las plantas de manera eficiente. Asimismo, los autores señalan que la fibra de coco posee un pH ligeramente ácido a neutro y baja salinidad, condiciones que favorecen la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento radicular. Por otro lado, Bianchi Álvarez et al. (2023) mencionan que la composición química de la fibra de coco contiene lignina y celulosa en proporciones elevadas, lo que contribuye a su estabilidad y lenta degradación en sistemas de cultivo sin suelo. Además, destacan que este material presenta buena capacidad para almacenar nutrientes y mantener equilibrio químico en el medio de cultivo.

2.2.10.4. Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es un sustrato agrícola utilizado en sistemas de producción protegida debido a sus propiedades físicas y químicas favorables para el crecimiento de las plantas. Según Fuentes (2016), la cascarilla de arroz presenta elevada porosidad, baja densidad aparente y buena capacidad de aireación, características que favorecen el drenaje y el adecuado desarrollo radicular en cultivos hortícolas. Asimismo, este material posee propiedades químicas adecuadas, como

baja salinidad y pH moderadamente estable, lo que contribuye a mejorar la disponibilidad de nutrientes y mantener equilibrio en el medio de cultivo.

a) Propiedades físicas de la cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es un sustrato orgánico utilizado en sistemas agrícolas por sus propiedades físicas favorables para el desarrollo vegetal. Según Fuentes (2025), presenta alta porosidad y baja densidad aparente, favoreciendo la aireación y drenaje radicular. Asimismo, Solórzano & Talavera (2025) señalan que este material evita la compactación y mantiene condiciones adecuadas de humedad y oxigenación para el crecimiento de las plantas.

b) Propiedades químicas de la cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz presenta propiedades químicas favorables para su uso como sustrato agrícola. Se caracteriza por tener una baja salinidad y un pH moderadamente estable, condiciones que favorecen la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Asimismo, la cascarilla de arroz contiene compuestos orgánicos y minerales que contribuyen al equilibrio químico del medio de cultivo y mejoran el desarrollo vegetal en sistemas sin suelo (Abad et al., 2005).

2.2.11. Parámetros de calidad del fruto de la fresa

Según López & Sánchez (2018), parámetros como firmeza, sólidos solubles, acidez titulable y pH son indicadores fundamentales para evaluar la calidad de los frutos de fresa, debido a que determinan el sabor, textura y estado de madurez. Asimismo, Alvarado et al. (2020) señalan que la calidad fisicoquímica de la fresa depende de las condiciones de cultivo, manejo agronómico y tipo de sustrato utilizado, factores que influyen directamente sobre el equilibrio entre azúcares y acidez, así como en la conservación y aceptación del fruto en el mercado. Los parámetros de calidad son indicadores utilizados para evaluar las características físicas y químicas del fruto, las cuales determinan su aceptación comercial y vida poscosecha. Según López & Sánchez (2018), variables como firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH e índice de madurez permiten determinar el estado de desarrollo y calidad organoléptica del fruto.

Asimismo, Franco et al. (2018) señalan que estos parámetros están relacionados con la textura, sabor, conservación y valor nutricional de la fresa.

La Tabla 3 muestra la descripción e importancia de los parámetros de calidad de los frutos de fresa, aseverada por diferentes autores.

Tabla 3

Parámetros de calidad de la fresa según autores

Parámetro de calidad	Descripción	Importancia en la calidad del fruto	Autor
Firmeza	Resistencia del fruto a la deformación o presión mecánica.	Determina la resistencia al transporte y vida poscosecha.	Franco et al. (2018)
Sólidos solubles totales (°Brix)	Concentración de azúcares presentes en el fruto.	Influye en el sabor y aceptación comercial.	López & Sánchez (2018)
Acidez titulable	Cantidad de ácidos orgánicos presentes en el fruto.	Define el equilibrio entre dulzor y acidez.	Pérez et al. (2017)
Ph	Nivel de acidez o alcalinidad del jugo del fruto.	Relacionado con estabilidad química y conservación.	Alvarado et al. (2020)
Índice de madurez	Relación entre sólidos solubles y acidez titulable.	Permite determinar el estado óptimo de cosecha.	Fischer et al. (2018)
Color del fruto	Intensidad y uniformidad de la coloración roja.	Afecta la apariencia y aceptación del consumidor.	González & Matas (2018)
Peso del fruto	Masa individual del fruto cosechado.	Relacionado con rendimiento y calidad comercial.	Martínez et al. (2018)
Vida poscosecha	Tiempo de conservación del fruto sin deterioro.	Determina capacidad de comercialización y almacenamiento.	Franco et al. (2018)

Nota. La Tabla presenta los principales parámetros utilizados para evaluar la calidad física, química y comercial del fruto de fresa, considerando variables relacionadas con sabor, textura, conservación y estado de madurez.

2.2.11.1. Acidez titulable

La acidez titulable es uno de los principales parámetros de calidad utilizados para evaluar el sabor y estado de madurez del fruto de fresa. Según López & Sánchez (2018), este parámetro representa la concentración de ácidos orgánicos presentes en el fruto, los cuales influyen directamente en el equilibrio entre dulzor y acidez, determinando la aceptación sensorial del consumidor. Asimismo, Pérez et al. (2017)

señalan que la acidez titulable está relacionada con la calidad fisicoquímica y vida poscosecha de la fresa, debido a que valores adecuados contribuyen a mantener el sabor característico y estabilidad del fruto durante su conservación.

2.2.11.2. Firmeza del fruto

La firmeza es un parámetro físico clave que determina su resistencia al manejo, transporte y almacenamiento, influyendo directamente en su calidad comercial. Según Pérez et al. (2017), en fresa la firmeza está asociada a la integridad de la pared celular y al contenido de pectinas, las cuales disminuyen durante la maduración, provocando el ablandamiento del fruto. Asimismo, Alvarado & Mendoza (2020) señala que la firmeza en (*Fragaria × ananassa Duch.*) es un criterio fundamental de selección varietal, debido a que variedades más firmes presentan mayor vida poscosecha y mejor comportamiento en la cadena de comercialización.

2.2.11.3. pH del fruto

El pH es un indicador químico que refleja la acidez del jugo y está estrechamente relacionado con su sabor y calidad organoléptica. Según Alvarado & Mendoza (2020), el pH en la fresa varía según la variedad y condiciones de cultivo, influyendo en el equilibrio entre dulzor y acidez característico del fruto. De igual manera, López & Sánchez (2018) indican que el pH en (*Fragaria × ananassa Duch.*) está asociado con la concentración de ácidos orgánicos, los cuales determinan la intensidad del sabor y la aceptación del consumidor.

2.2.11.4. Índice de madurez

El índice de madurez en fresa se define como la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable, y es un indicador esencial para determinar el punto óptimo de cosecha. Según López & Sánchez (2018), este índice refleja el equilibrio entre azúcares y ácidos orgánicos, lo que define el sabor característico del fruto. Asimismo, Fischer et al. (2018) señalan que en (*Fragaria × ananassa Duch.*) el índice de madurez es un parámetro determinante en la calidad poscosecha, ya que influye en la aceptabilidad del consumidor y en la vida útil del fruto.

2.2.12. Factores que influyen en la calidad del fruto

La calidad del fruto de la fresa está influenciada principalmente por las condiciones de manejo agronómico durante su desarrollo. El tipo de sustrato, el riego y la fertilización determinan la disponibilidad de agua y nutrientes, lo cual impacta directamente en parámetros como firmeza, pH y sólidos solubles. Según Gonzáles & Matas (2018), un manejo adecuado del cultivo permite obtener frutos con mejor sabor, textura y vida poscosecha. Asimismo, López y Sánchez (2018) señala que el equilibrio nutricional es clave para lograr frutos uniformes y de alta calidad comercial. La temperatura, humedad relativa y radiación solar influyen en el crecimiento y maduración del fruto de fresa. Según Fuentes (2025), las condiciones climáticas afectan la acumulación de azúcares y ácidos orgánicos, modificando el sabor y calidad organoléptica. Además, Pérez et al. (2017) indican que el estrés ambiental puede alterar la firmeza y reducir la vida poscosecha del fruto.

2.2.13. Influencia de los sustratos en la calidad del fruto

Los sustratos agrícolas influyen de manera directa en la calidad del fruto de fresa, ya que determinan el suministro de agua, aireación y disponibilidad de nutrientes en la zona radicular. Un sustrato con buenas propiedades físicas y químicas favorece el desarrollo equilibrado de la planta, lo que se refleja en frutos con mayor firmeza, mejor sabor y adecuados niveles de sólidos solubles. Según García & Cruz (2023), la composición del sustrato en sistemas sin suelo es clave para regular el crecimiento y la eficiencia nutricional del cultivo. Asimismo, Santos et al. (2020) señalan que las características del medio de cultivo influyen directamente en la productividad y calidad del fruto en especies hortícolas como la fresa. De igual manera, el tipo de sustrato puede modificar parámetros fisicoquímicos importantes del fruto, como el pH, la acidez titulable y el índice de madurez. Materiales como la fibra de coco o la cascarilla de arroz mejoran la retención de humedad y el equilibrio aire-agua, favoreciendo una mejor absorción de nutrientes. Según Bianchi et al. (2023), los sustratos en cultivo sin suelo permiten optimizar el manejo del fertirriego, lo que se traduce en frutos de mayor calidad comercial. Asimismo, Valencia & Caldon (2021) indica que las propiedades del sustrato afectan el crecimiento radicular y, en consecuencia, la calidad organoléptica del fruto. En conjunto, los sustratos influyen significativamente en la calidad final de la fresa.

2.3. Definición de términos

- a) **Sustrato:** es el medio de crecimiento donde se desarrolla el sistema radicular de las plantas. Su función es proporcionar soporte físico y favorecer la disponibilidad de agua, aire y nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Sus propiedades físicas, químicas y biológicas influyen en el desarrollo de las plantas y en la calidad de los frutos obtenidos (Tang et al., 2024).
- b) **Fitotoldo:** es una estructura de cultivo protegido que crea un microclima favorable para el desarrollo de los cultivos al reducir los efectos de factores climáticos adversos, como las bajas temperaturas, las lluvias intensas, el granizo y las heladas. Su uso contribuye a mejorar el crecimiento de las plantas, la productividad y la estabilidad de la producción agrícola.
- c) **Acidez titulable:** corresponde a la cantidad de ácidos orgánicos presentes en un fruto y se determina mediante un procedimiento de titulación química. Este parámetro constituye uno de los principales indicadores de calidad, debido a que influye en el sabor, la aceptación del consumidor y el estado de madurez del fruto (Pérez et al., 2017).
- d) **Firmeza:** es una propiedad física del fruto que mide su resistencia a la deformación o a la penetración. Este atributo se utiliza como indicador de la calidad comercial, la resistencia al transporte y la conservación durante el almacenamiento poscosecha.
- e) **pH:** es un indicador del grado de acidez o alcalinidad del jugo del fruto, determinado por la actividad de los iones hidrógeno (H^+). Este parámetro forma parte de la evaluación de la calidad fisicoquímica de la fresa, ya que influye en su estabilidad, conservación y aceptación comercial (Alvarado & Mendoza, 2020).
- f) **Índice de madurez:** es un indicador de la calidad del fruto que se obtiene a partir de la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable. Este parámetro permite establecer el estado de madurez fisiológica, determinar el momento adecuado de cosecha y estimar la calidad organoléptica de la fruta.
- g) **Producción bajo cultivo protegido:** consiste en el desarrollo de cultivos dentro de estructuras diseñadas para modificar las condiciones ambientales y generar un microclima más favorable para el crecimiento de las plantas. Este sistema contribuye

a mejorar la eficiencia en el uso del agua, reducir los efectos de las condiciones climáticas adversas y favorecer la productividad agrícola.

- h) Fibra de coco:** es un sustrato orgánico proveniente del mesocarpio del fruto del cocotero (*Cocos nucifera*), utilizado ampliamente en sistemas de producción hortícola por sus propiedades físicas favorables para el desarrollo de las plantas, (Santos, 2020).
- i) Cascarilla de arroz:** es un sustrato agrícola utilizado en sistemas de producción protegida debido a sus propiedades físicas y químicas favorables para el crecimiento de las plantas (Fuentes ,2025).
- j) Firmeza del fruto:** es un parámetro físico clave que determina su resistencia al manejo, transporte y almacenamiento, influyendo directamente en su calidad comercial (Pérez et al, 2017).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Enfoque de investigación

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la medición y análisis de datos numéricos obtenidos de los parámetros de calidad del fruto de fresa (*Fragaria × ananassa Duch.*), tales como acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez. Estos datos son analizados mediante procesamientos estadísticos para evaluar el efecto de los tratamientos aplicados. (Apaico Huamani, 2024; Lopera-Jaramillo et al., 2023). El enfoque cuantitativo se basa en la medición de variables y el análisis estadístico para probar hipótesis.

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que está orientada a la solución de un problema práctico como es la evaluación de la influencia de diferentes sustratos en la calidad del fruto de fresa (*Fragaria × ananassa Duch.*), generando conocimientos que pueden ser utilizados en la producción agrícola (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.1.3. Nivel de investigación

El presente estudio es de nivel explicativo/experimental, debido a que se manipula intencionalmente la variable independiente (tipos de sustrato) para evaluar su efecto sobre las variables dependientes, como la acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez del fruto de fresa (*Fragaria × ananassa Duch.*). Este nivel permite establecer relaciones de causa y efecto entre las variables en condiciones controladas (Hernández et al., 2014).

3.1.4. Diseño de investigación

La investigación se desarrolló bajo el diseño completamente al azar (DCA), en el cual las unidades experimentales fueron asignadas aleatoriamente a los tratamientos.

3.1.5. Grilla experimental

Tabla 4

Distribución aleatoria de los tratamientos

Clave	Tipos de Sustratos	%
T ₁	Testigo (tierra agrícola de zona de estudio)	100
T ₂	Cascarilla de arroz	100
T ₃	Cascarilla de arroz + Fibra de coco	50 – 50
T ₄	Cascarilla de arroz + Fibra de coco	70 – 30
T ₅	Fibra de coco + Cascarilla de arroz	70 – 30
T ₆	Fibra de coco	100

Nota. Este diseño permitió la asignación aleatoria de las plantas de fresa a los diferentes tipos de sustrato bajo condiciones de maceta.

Tabla 5

Distribución de los tratamientos

TRATAMIENTOS					
T ₁	T ₂	T ₆	T ₃	T ₄	T ₅
T ₄	T ₁	T ₆	T ₅	T ₂	T ₃
T ₁	T ₅	T ₂	T ₄	T ₆	T ₃
T ₂	T ₅	T ₆	T ₄	T ₃	T ₁

Nota. El experimento se estableció con 6 tratamientos (T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ y T₆) y 4 repeticiones por tratamiento.

3.1.6. Características del área experimental

El experimento se realizó en condiciones de maceta en el centro poblado de Intay, distrito de Luricocha y provincia Huanta, en un entorno que favoreció el óptimo establecimiento, crecimiento y desarrollo del cultivo de fresa variedad Sabrina (*Fragaria × ananassa* Duch.). El ensayo se condujo considerando un distanciamiento adecuado entre plantas y una distribución homogénea de las unidades experimentales acorde al DCA.

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por plantas individuales establecidas en macetas, haciendo un total de 24 unidades

experimentales. Para la evaluación de los parámetros de calidad del fruto, se utilizaron los frutos de fresa como unidad de análisis, considerándose una muestra de 96 frutos recolectadas en estado de madurez comercial, los cuales fueron sometidos a análisis, físico-químicos en laboratorio. Las principales características del área experimental se presentan de la siguiente manera: Número de plantas/maceta: 1; Número de plantas a evaluar: 24; Número de tratamientos: 6; Número de repeticiones:

3.1.7. Análisis estadístico de datos

En la presente investigación se aplicó una metodología basada en la estadística descriptiva e inferencial, con el propósito de analizar e interpretar los datos obtenidos de los parámetros de calidad del fruto de fresa. El procesamiento de datos se realizó con el apoyo del programa estadístico Infostat usando herramientas de Excel.

El efecto de los tratamientos se midió mediante el modelo aditivo lineal para un (DCA), que se expresa generalmente como:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado de la variable en el i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición

μ = Media general experimento

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento ($i = 1,2,3,4,5,6$), que representa la desviación respecto a la media general

ε_{ij} = Error experimental aleatorio asociado a cada observación, el cual recoge las variaciones no controladas durante el experimento.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Temporal

El presente trabajo de investigación se ejecutó en 8 meses (224 días), iniciando en el mes de febrero del año 2025 hasta el mes octubre de 2025, culminado el análisis de los 4 parámetros (acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez del fruto). La investigación se desarrolló en dos fases: en la fase I, se desarrolló el trabajo

en campo, y en la fase II se realizó la cosecha, análisis de los 4 parámetros, así como el procesamiento, análisis e interpretación de los datos obtenidos en gabinete.

3.2.2. Espacial

La presente investigación se desarrolló en Intay, distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho, Perú, en un ambiente controlado destinado a la conducción del cultivo en maceta bajo fitotoldo. El lugar de estudio presenta condiciones agroclimáticas propias de la zona interandina, con temperaturas promedio que oscilan entre 18 y 22°C, favorables para el desarrollo del cultivo de fresa (*Fragaria × ananassa Duch*).

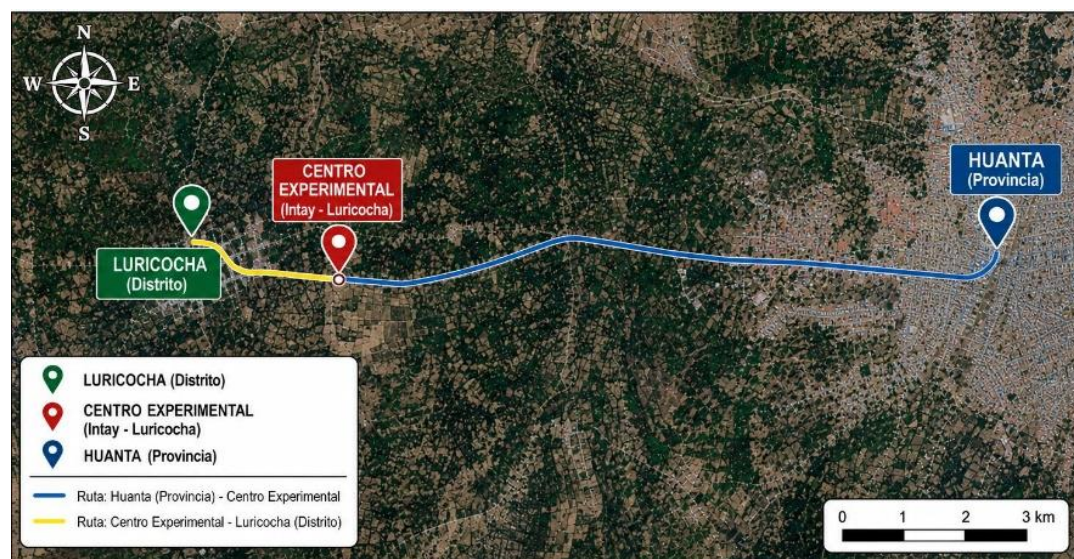
Localización:

- Ubicación política
- Región: Ayacucho
- Provincia: Huanta
- Distrito: Luricocha – Intay
- Ubicación geográfica
- Altitud: 2 683 m s.n.m.
- Latitud: 12°56'24" de latitud Sur
- Longitud: 74°14'52" de longitud Oeste

La Figura 1 muestra el ambiente destinado a la conducción del experimento del cultivo de fresa en maceta bajo fitotoldo, en el centro poblado de Intay, distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho, Perú.

Figura 1

Ubicación del centro poblado de Intay – Luricocha



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Las unidades experimentales estuvieron conformadas por 24 unidades experimentales de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch).

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 96 frutos de fresa recolectados en estado de madurez comercial, provenientes de cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.

3.3.3. Muestreo

La evaluación se efectuó sobre la totalidad de las unidades experimentales consideradas en el diseño experimental; por ello, no fue necesario aplicar un procedimiento de muestreo.

3.4. Técnicas de recolección de datos

La recolección de los datos se realizó mediante observación directa, utilizando procedimientos experimentales y métodos fisicoquímicos e instrumentales de laboratorio para evaluar los parámetros de calidad del fruto.

3.4.1. Instrumentos

Para el desarrollo del experimento se utilizaron materiales, equipos e instrumentos necesarios para la instalación del ensayo, el manejo agronómico del cultivo y la evaluación de las variables agronómicas, productivas y fisicoquímicas de la fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.). Su empleo permitió asegurar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos.

3.5. Materiales y equipos

3.5.1. Materiales de laboratorio

- Vasos precipitación
- Probetas
- Varilla de vidrio
- Papel absorbente - Gasa
- Mortero
- Pipeta graduada
- Matraz Erlenmeyer
- Frascos de vidrio

3.5.2. Equipos e instrumentos

- Balanza analítica – digital
- Refractómetro
- pH – metro (medidor digital)
- Penetro metro digital
- Vernier
- Agitador magnético

3.5.3. Reactivos

- Agua destilada
- Hidróxido de sodio(NaOH)
- Fenolftaleína
- Azul de timol

3.6. Recolección de datos en gabinete

Los datos obtenidos durante la fase experimental fueron organizados en Microsoft Excel y procesadas en SPSS, lo que permitió elaborar tablas y gráficos estadísticos para el análisis de los cuatro parámetros de calidad evaluados.

a) Acidez titulable

La acidez titulable se determinó mediante extracción de 4 a 5 fresas se trituraron en un mortero luego se envolvió gasa doble, con la misma se procedió a exprimir para extraer el zumo. Luego, este se depositó en un vaso de precipitado de 100 ml. Se toma una alícuota de 10 mL del jugo y se diluye con 50 mL de agua destilada. Se añade 3 a 5 gotas de fenolftaleína como indicador. Se llena la bureta con la solución estandarizada. Se titula con NaOH 0.1 N hasta que la muestra alcance un pH de 8.2 (cambio de color a rosado tenue). Se calcula la acidez en función del volumen de NaOH consumido y el peso de la muestra, expresando el resultado como % de ácido cítrico equivalente. Se repitieron los pasos 4 a 6 veces para asegurar la precisión.

Fórmula:

$$\%AT = \frac{0.064 * N_{NaOH} * Gasto}{gr.muestra} * 100$$

b) Índice de madurez

Refleja el estado de desarrollo del fruto y su calidad para el consumo. Un índice de madurez óptimo debe situarse entre 8 y 14, dependiendo del mercado objetivo y la variedad. Técnica: Relación entre Sólidos Solubles Totales (°Brix) y Acidez Titulable. Calculando con la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{SST(^{\circ}Brix)}{AT(\% \text{ ácido cítrico})}$$

El índice de madurez se determinó con la Medición de Sólidos Solubles Totales (SST): Se extrae el jugo del fruto y se mide con un refractómetro digital o manual, registrando el valor en °Brix. Medición de Acidez Titulable (AT): Se determina por titulación con NaOH, como se explicó anteriormente. Cálculo del Índice de Madurez: Se divide el valor de SST entre el valor de AT.

c) pH

Para determinar el Ph. Se obtiene el jugo del fruto mediante extracción manual. Se calibra el pH-metro con soluciones buffer (pH 4.0 y 7.0) antes de la medición. Se sumerge el electrodo del pH-metro en el jugo y se registra la lectura estable. Se repite la medición en varias muestras para obtener un valor promedio.

d) Firmeza

Para determinar la firmeza se mide la textura del fruto, que es un indicador de frescura. Técnica. - Medición con penetró metro digital o de mano para el Procedimiento Se seleccionaron frutos representativos de cada tratamiento. Se utiliza un penetró metro con puntas de 3-5 mm de diámetro (adecuado para fresas). Se mide la fuerza necesaria (en Newtons o libras) para penetrar la pulpa hasta una profundidad de aproximadamente 5 mm. Se realizan al menos tres mediciones por fruto (zona ecuatorial) y se obtiene el promedio.

La fórmula básica de la Ley de Hooke es:

$$F = k \times \Delta x$$

Donde:

F = fuerza aplicada (en newton, N)

k = constante de elasticidad o firmeza del resorte (en N/m)

Δx = elongación o deformación del resorte (en metros, m)

Para sacar k, despejas la fórmula así: $k = F / \Delta$

3.7. Procedimientos

3.7.1. Elección del área experimental

El área experimental se ubicó en la azotea de una vivienda del sector Intay, distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho. La selección del lugar se realizó el 10 de enero de 2025, considerando criterios de accesibilidad, disponibilidad de espacio y condiciones adecuadas para el establecimiento y manejo del cultivo de fresa (*Fragaria × ananassa Duch.*) en macetas bajo fitotoldo.

3.7.2. Preparación del área experimental

Para la preparación del área experimental, se procedió a la implementación de un fitotoldo. El trabajo se efectuó el 2 y 4 de febrero de 2025. La estructura principal se construyó utilizando palos de bambú (*Bambusa vulgaris*) como columnas y soportes, los cuales fueron fijadas mediante alambres y clavos para asegurar su estabilidad sobre esa estructura se procedió al tendido e instalación de una malla Rachel, empleando alambres adicionales para otorgar el soporte necesario y contrarrestar el efecto de las corrientes de viento.

3.7.3. Preparación de las macetas

La preparación de las unidades experimentales se efectuó el 10 de febrero de 2025 utilizando baldes de plásticos con capacidad de 20 L como unidades del cultivo, los cuales fueron rotulados de acuerdo de los tratamientos establecidos. El acondicionamiento incluyó el pintado externo de los baldes, asimismo, se realizaron perforaciones en la base para garantizar un adecuado drenaje para luego colocar una capa de basal de piedras pequeñas para mejorar la aireación y drenaje del agua. Las unidades experimentales fueron distribuidas dentro del fitotoldo bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) manteniendo distancia uniforme entre macetas para asegurar condiciones homogéneas de microclima, facilitar el manejo agronómico y optimizar la recolección de datos.

3.7.4. Siembra de plántulas de fresa

La siembra se realizó el 15 de febrero de 2025, mediante el trasplante de plántulas de fresa variedad Sabrina seleccionadas por su uniformidad y vigor. Para llenado de los maceteros se utilizaron sustratos a base de fibra de coco y cascarilla de arroz, los cuales fueron combinados en diferentes proporciones de acuerdo con los tratamientos establecidos. Los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 tuvieron $0.14m^3$ de tierra agrícola.

La *Tabla 6* muestra el porcentaje de sustrato y dosis utilizados para cada tratamiento.

Tabla 6

Dosis para cada tratamiento en la evaluación de sustratos para fresa

Clave	Tipos de Sustratos	%	Dosis
T ₁	Testigo (tierra agrícola de zona de estudio)	100	
T ₂	Cascarilla de arroz	100	$0.010m^3$
T ₃	Cascarilla de arroz + Fibra de coco	50 – 50	$0.005m^3$ - $0.005m^3$
T ₄	Cascarilla de arroz + Fibra de coco	70 – 30	$0.007m^3$ - $0.003m^3$
T ₅	Fibra de coco + Cascarilla de arroz	70 – 30	$0.007m^3$ - $0.003m^3$
T ₆	Fibra de coco 5	100	$0.010m^3$

En cada unidad experimental se estableció una planta, con el objetivo de asegurar un adecuado aprovechamiento de los recursos como luz, agua y nutrientes, favoreciendo así su crecimiento y desarrollo.

3.8. Labores culturales

a) Riego

El riego se inició inmediatamente después del trasplante, realizándose los días 15 y 16 de febrero del 2025 mediante el método de aspersión manual utilizando una regadera, con la finalidad de evitar la erosión del sustrato asegurar la adecuada humedad para establecimiento de las plántulas.

Posteriormente, una vez superada la etapa de adaptación, el riego se efectuó de manera regular en horas de la mañana, manteniendo condiciones adecuadas de

humedad en el sustrato para el desarrollo del cultivo.

b) Control de malezas

El control de malezas se realizó en tres momentos durante el ciclo del cultivo: el 30 de marzo de 2025, el 10 de junio de 2025 y el 15 de agosto de 2025. Esta labor se ejecutó de forma manual y selectiva en cada unidad experimental, con la finalidad de eliminar la competencia por recursos esenciales como agua, nutrientes, luz y espacio. Asimismo, permitió mejorar la aireación del sistema radicular y reducir la presencia de hospederos alternos de plagas y enfermedades.

c) Control fitosanitario

En el control fitosanitario se realizó en dos momentos el 25 de abril de 2025 y 30 de julio de 2025, completando con un monitoreo constante del cultivo y la aplicación de insumos orgánicos. Se utilizó un repelente natural elaborado a base de jabón potásico y ajo, el cual fue previamente macerado en agua durante un periodo de 3 días para potenciar sus propiedades, aplicado por aspersión manual en horas de la mañana, con el fin de asegurar una adecuada cobertura foliar y mayor eficacia en el control de plagas.

d) Cosecha y recolección de los frutos

Para determinación de los parámetros de calidad del fruto de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), tales como acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez, los frutos fueron recolectados del área experimental correspondientes a los 6 tratamientos y sus 4 repeticiones.

Se evaluaron 16 frutos por tratamiento considerando sus respectivas repeticiones haciendo un total de 96 frutos analizados en el experimento. La recolección de los frutos se realizó en 4 fechas de muestreo, correspondientes a diferentes etapas de evaluación: el 10 de julio (145 días después de la siembra, DDS), el 23 de julio (158 días después de la siembra, DDS), 12 de septiembre (209 DDS) y 27 de septiembre (224 DDS) del año 2025. La cosecha se efectuó en estado de madurez comercial, considerando criterios de uniformidad en color, tamaño y grado de desarrollo del fruto.

Durante la recolección de los frutos, se aplicaron prácticas de manipulación cuidadosa, evitando daños mecánicos como golpes, magulladuras o compresiones, los cuales podrían alterar las características físicas químicas del fruto. Posteriormente las muestras fueron debidamente rotuladas, consignando la identificación correspondiente a cada tratamiento y repetición, asegurando su trazabilidad durante el proceso. El traslado de las muestras hacia el laboratorio se realizó bajo condiciones adecuadas con el fin de preservar la calidad de los frutos hasta su evaluación. Una vez en el laboratorio se procedió al pesaje de los frutos (g) de los diferentes tratamientos, utilizando una balanza digital de precisión.

3.9. Análisis de datos

Los datos obtenidos de las variables de los parámetros de calidad de la fresa fueron registrados en fichas de evaluación de campo y posteriormente organizados en Excel para su análisis estadístico y la información fue procesada en el software SPSS. Previamente, se verificó el cumplimiento de los supuestos; luego se realizó el análisis de varianza (ANVA) al 5 %. Finalmente, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey al 95 % de confianza, para identificar diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de los cinco sustratos y el tratamiento testigo sobre los parámetros de calidad de los frutos de fresa var. Sabrina, considerando la acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez. Los resultados se organizaron de acuerdo con los objetivos planteados en la investigación y se presentan mediante el análisis descriptivo e inferencial.

4.1.1 En respuesta al objetivo general

Determinar el efecto de cinco sustratos sobre los parámetros de calidad de la fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha. La tabla 7 muestra los resultados integrados de los cuatro parámetros de calidad evaluados.

Tabla 7

Datos consolidados: prueba de comparación de medias (tukey 5%) para los cuatro parámetros de calidad en fresa var. Sabrina

Tratamiento	Acidez Titulable (%)	Firmeza (N)	pH	Índice de Madurez
T1	0,69 b	1,08 d	3,35 b	4,69 d
T2	0,63 b	1,30 bc	3,30 b	12,72 b
T3	0,84 a	1,60 a	3,68 a	9,23 c
T4	0,64 b	1,33 bc	3,38 b	14,75 ab
T5	0,66 b	1,18 cd	3,35 b	17,15 a
T6	0,69 b	1,38 b	3,33 b	9,60 c

Nota. Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente.

La Tabla 7 muestra el efecto de los seis tratamientos sobre los cuatro parámetros de calidad evaluados, dando respuesta al objetivo general; en la acidez titulable, T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) alcanzó el mayor valor, con 0,84 %, ubicándose en el grupo estadístico “a” y diferenciándose significativamente de los demás tratamientos; asimismo, presentó la mayor firmeza, con 1,60, y el pH más elevado, con 3,68, perteneciendo también al grupo estadístico

“a” en ambas variables. En cambio, el mayor índice de madurez correspondió a T5 (fibra de coco 70 % + cascarilla de arroz 30 %), con 17,15 y grupo “a”, seguido de T4 (cascarilla de arroz 70 % + fibra de coco 30 %), con 14,75 y grupo “ab”, sin presentar diferencias significativas entre ambos. Por su parte, T1 (testigo) registró el menor índice de madurez, con 4,69 y grupo “d”. Estos resultados evidenciaron que los tratamientos influyeron significativamente sobre los parámetros de calidad de los frutos de fresa var. Sabrina, destacando T3 por presentar los mayores valores de acidez titulable, firmeza y pH, mientras que T5 alcanzó el mayor índice de madurez.

4.1.1.1 Análisis detallado de resultados consolidados

a) Identificación del sustrato con mayor influencia

Al integrar los resultados de los cuatro parámetros de calidad evaluados, se evidencia que dos sustratos destacan de manera diferenciada:

- T3: sustrato con mayor influencia en características físico-químicas estructurales, ya que demostró ser el sustrato con efecto más contundente y consistente, logrando la máxima superioridad estadística (letra "a") en tres de los cuatro parámetros evaluados:

- Acidez Titulable (0.84%) - Significativamente mayor
- Firmeza (1.60 unidades) - Superioridad excepcional
- pH (3.675) - Valor más alto

Aplicación recomendada para T3: Ideal para procesamiento industrial (mermeladas, conservas) donde se requiere firmeza y acidez; apropiado para mercados que requieren larga vida útil y resistencia al transporte prolongado; menos recomendable para consumo fresco inmediato

- T5: Sustrato con Mayor Influencia en Calidad Organoléptica, el T5 se posicionó como el mejor sustrato para calidad de sabor, logrando:

- Índice de Madurez (17.15) - Máximo valor estadístico (letra "a")
- Firmeza moderada (1.20) - Aceptable comercialmente
- Acidez y pH balanceados - Dentro del rango óptimo

Aplicación recomendada para T5: Excelente para mercado de fruta fresca de alta gama; ideal para ventas directas y consumo inmediato; requiere manejo cuidadoso en postcosecha debido a su firmeza moderada.

Tabla 8

Matriz de decisión para el productor de Luricocha

Objetivo del Productor	Sustrato recomendado	Justificación técnica
Máxima vida útil y resistencia al transporte	T3	Firmeza 27% superior al promedio; alta acidez como barrera antimicrobiana
Máxima calidad de sabor para mercado fresco	T5	Índice de madurez 51% superior al testigo; equilibrio óptimo dulce/ácido
Equilibrio costo-beneficio	T4	Segundo mejor índice de madurez con buena firmeza; probablemente más accesible que T5
Procesamiento industrial	T3	Alta acidez y firmeza ideales para mermeladas y conservas
NO RECOMENDADO	T1	Parámetros inaceptables en todas las variables

4.1.2 En respuesta a los objetivos específicos

4.1.2.1 En respuesta al objetivo específico 1

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico, “Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre la acidez titulable de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho”, se presentan a continuación los resultados obtenidos.

4.1.2.1.1. Resultados de la acidez titulable de frutos de fresa Var. Sabrina

a. Análisis descriptivo de la acidez titulable

Tabla 9

Descriptivos de la acidez titulable de frutos de fresa var. Sabrina

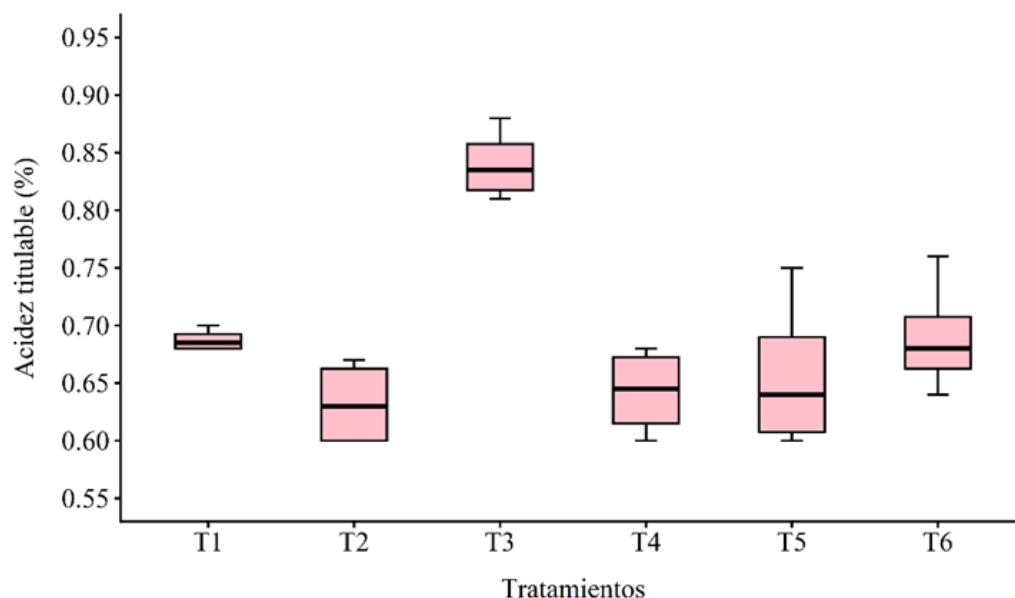
Tratamiento	Media	Desviación estándar	N
T1	0,69	0,01	4
T2	0,63	0,04	4
T3	0,84	0,03	4
T4	0,64	0,04	4
T5	0,66	0,07	4
T6	0,69	0,05	4

Nota. N: número de observaciones por tratamiento.

La tabla 9 muestra que T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) presentó la mayor media de acidez titulable en los frutos de fresa var. Sabrina, con 0,84 % y una desviación estándar de 0,03. Le siguieron T1 (testigo) y T6 (fibra de coco), ambos con una media de 0,69 %, y desviaciones estándar de 0,01 y 0,05, respectivamente. Por su parte, T5 (fibra de coco 70 % + cascarilla de arroz 30 %) alcanzó una media de 0,66 % y una desviación estándar de 0,07; T4 (cascarilla de arroz 70 % + fibra de coco 30 %) registró 0,64 % y una desviación estándar de 0,04; mientras que T2 (cascarilla de arroz) presentó la menor media, con 0,63 % y una desviación estándar de 0,04. En cuanto a la variabilidad, T1 presentó la menor dispersión de los datos, mientras que T5 registró la mayor variabilidad entre las observaciones.

Figura 2

Distribución de la acidez titulable de frutos de fresa var. Sabrina



Nota. La línea central de cada caja representa la mediana; las cajas muestran la distribución central de los datos y los bigotes representan su dispersión.

La figura 2 muestra diferencias en la distribución de la acidez titulable entre los tratamientos evaluados. T3 presentó la mediana más alta y una baja dispersión de los valores, mientras que T2, T4 y T5 mostraron medianas menores y una mayor amplitud en su distribución. T1 presentó los valores más concentrados alrededor de la mediana, evidenciando una menor variabilidad, mientras que T5 mostró una mayor dispersión. Asimismo, no se observaron valores atípicos en ninguno de los tratamientos evaluados.

b. ANVA a un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$)

Los datos de la acidez titulable presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianzas (Anexo 8), por lo que se realizó el análisis de varianza para evaluar las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (Ho):** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos sobre la acidez titulable de los frutos de fresa

- **Hipótesis Alternativa (H_a):** Al menos uno de los sustratos influye de manera diferente, existiendo diferencias significativas en la acidez titulable de los frutos.

Tabla 10

Análisis de varianza para la acidez titulable de frutos de fresa var. Sabrina

FV	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	,12	5	,02	12,29	,000
Error	,03	18	,00		
Total	11,63	24			

Nota. FV = fuente de variación; gl = grados de libertad; F = F calculada; Sig. = nivel de significancia. El valor ,000 indica $p < ,001$.

El análisis de varianza presentado en la Tabla 10 evidenció que el factor tratamiento ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre la acidez titulable de los frutos de fresa, al registrar un valor $F = 12,29$ y un p -valor $< 0,001$, siendo este inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), en consecuencia, se determinó que al menos uno de los sustratos evaluados presentó un efecto diferente sobre la acidez titulable de los frutos de fresa.

c. Prueba de comparación de medias (Tukey al 5 %)

Al encontrarse diferencias significativas en el ANVA, se procede a realizar una prueba de comparación múltiple de medias. La tabla 11 muestra la prueba de Tukey para identificar qué tratamientos difieren entre sí.

Tabla 11

Comparación de medias de Tukey para la acidez titulable de frutos de fresa var. Sabrina

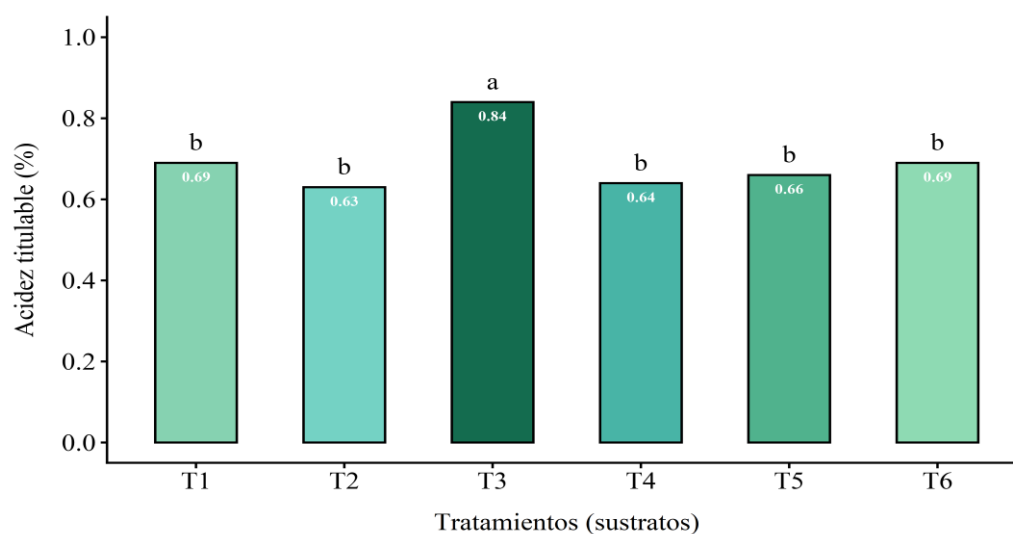
Tratamiento	N	Media de acidez titulable (%)	Grupo estadístico
T3	4	0,84	a
T6	4	0,69	b
T1	4	0,69	b
T5	4	0,66	b
T4	4	0,64	b
T2	4	0,63	b

Nota. Las medias que comparten la misma letra (a, b) no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí.

La prueba de Tukey presentada en la tabla 11 mostró que el tratamiento T3 presentó la mayor acidez titulable en los frutos de fresa var. Sabrina, con una media de 0,84 %, ubicándose en el grupo estadístico “a” y diferenciándose significativamente de los demás tratamientos. Por otro lado, T1, T2, T4, T5 y T6 conformaron el grupo estadístico “b”, con valores comprendidos entre 0,63 % y 0,69 %, sin presentar diferencias significativas entre sí. La figura 3 presenta gráficamente los resultados de la comparación de medias de Tukey al 5 % para la acidez titulable.

Figura 3

Resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable de acidez titulable



Nota. Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey al 5 %.

La figura 3 muestra que el tratamiento T3 alcanzó el mayor valor de acidez titulable en los frutos de fresa var. Sabrina, con 0,84 %, lo que refleja un mayor contenido de ácidos titulables respecto a los demás tratamientos. Asimismo, T3 se ubicó en el grupo estadístico “a”, diferenciándose significativamente de T1, T2, T4, T5 y T6, cuyos valores oscilaron entre 0,63 % y 0,69 % y conformaron el grupo estadístico “b”.

4.1.2.2 En respuesta al objetivo específico 2

En cumplimiento del segundo objetivo específico, “Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre la firmeza de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho”, se presentan a continuación los resultados obtenidos.

4.1.2.2.1 Resultados de la firmeza de frutos de fresa Var. Sabrina

a. Análisis descriptivo de la firmeza

Tabla 12

Descriptivos de la firmeza de frutos de fresa según tratamiento

Tratamiento	Media	Desviación estándar	N
T1	1,08	0,10	4
T2	1,30	0,08	4
T3	1,60	0,00	4
T4	1,33	0,10	4
T5	1,18	0,05	4
T6	1,38	0,05	4

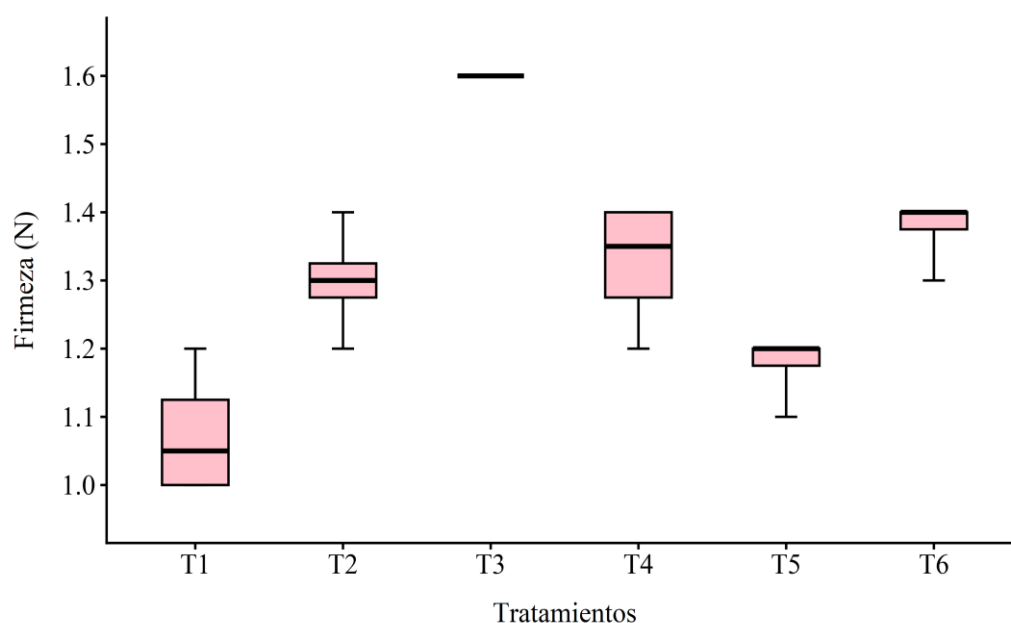
Nota. N: número de observaciones por tratamiento.

La tabla 12 muestra que T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) presentó la mayor media de firmeza en los frutos de fresa var. Sabrina, con 1,60 y una desviación estándar de 0,00. Le siguieron T6 (fibra de coco), con una media de 1,38 y una desviación estándar de 0,05; T4 (cascarilla de arroz 70 % + fibra de coco 30 %), con 1,33 y una desviación estándar de 0,10; y T2 (cascarilla de arroz), con 1,30 y una desviación estándar de 0,08. Por su parte, T5 (fibra de coco 70 % + cascarilla de arroz 30 %) alcanzó una media de 1,18 y una desviación

estándar de 0,05, mientras que T1 (testigo) registró la menor media, con 1,08 y una desviación estándar de 0,10. En cuanto a la variabilidad, T3 no presentó variación entre sus observaciones, mientras que T1 y T4 registraron la mayor dispersión de los datos.

Figura 4

Distribución de la firmeza de frutos de fresa var. Sabrina



Nota. La línea central de cada caja representa la mediana; las cajas muestran la distribución central de los datos y los bigotes representan su dispersión.

La figura 4 muestra diferencias en la distribución de la firmeza entre los tratamientos evaluados, T3 presentó la mediana más alta y ausencia de dispersión representándose como una línea horizontal debido a que sus observaciones registraron el mismo valor. T6 mostró también valores relativamente concentrados, mientras que T1 y T4 presentaron una mayor amplitud en su distribución. Por otro lado, T1 registró la mediana más baja entre los tratamientos evaluados. Asimismo, no se observaron valores atípicos en ninguno de los tratamientos.

b. ANVA a un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$)

Los datos de firmeza presentaron distribución normal y homogeneidad de varianzas (Anexo 8), por lo que se realizó el análisis de varianza para evaluar las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H₀):** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos sobre la firmeza de los frutos de fresa
- **Hipótesis Alternativa (H_a):** Al menos uno de los sustratos influye de manera diferente, existiendo diferencias significativas en la firmeza de los frutos.

Tabla 13*Análisis de varianza para la firmeza de frutos de fresa*

FV	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	0,65	5	0,13	25,93	,000
Error	0,09	18	0,01		
Total	41,82	24			

Nota. FV = fuente de variación; gl = grados de libertad; F = F calculada; Sig. = nivel de significancia. El valor ,000 indica $p < ,001$.

El análisis de varianza presentado en la tabla 13 evidenció que el factor tratamiento ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre la firmeza de los frutos de fresa, al registrar un valor $F = 25,93$ y un p -valor $< 0,001$, siendo este inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), en consecuencia, se determinó que al menos uno de los sustratos evaluados presentó un efecto diferente sobre la firmeza de los frutos de fresa.

c. Prueba de comparación de medias (Tukey al 5 %)

Al encontrarse diferencias significativas en el ANVA, se procede a realizar una prueba de comparación múltiple de medias. La tabla 14 muestra la prueba de Tukey para identificar qué tratamientos difieren entre sí.

Tabla 14*Prueba de comparación de medias de Tukey para la firmeza de frutos de fresa*

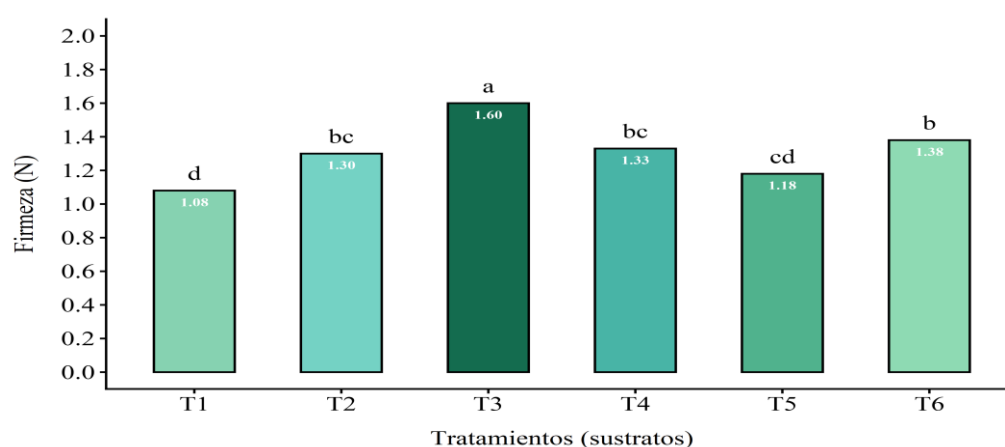
Tratamiento	N	Media de firmeza	Grupo estadístico
T3	4	1,60	a
T6	4	1,38	b
T4	4	1,33	bc
T2	4	1,30	bc
T5	4	1,18	cd
T1	4	1,08	d

Nota. Medias que comparten al menos una letra no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí según la prueba de Tukey al 5 %.

La prueba de Tukey presentada en la tabla 14 mostró que el tratamiento T3 presentó la mayor firmeza en los frutos de fresa var. Sabrina, con una media de 1,60, ubicándose en el grupo estadístico “a” y diferenciándose significativamente de los demás tratamientos. El T6 alcanzó 1,38 y conformó el grupo “b”, mientras que T4 y T2, con medias de 1,33 y 1,30, respectivamente, se ubicaron en el grupo “bc”, sin presentar diferencias significativas con T6. Por su parte, T5 registró 1,18 y se ubicó en el grupo “cd”, mientras que T1 presentó la menor firmeza, con 1,08 y perteneció al grupo “d”. La figura 5 presenta gráficamente los resultados de la comparación de medias de Tukey al 5 % para la firmeza de los frutos de fresa.

Figura 5

Resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable firmeza de frutos de fresa



Nota. Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey al 5 %.

La figura 5 muestra que el tratamiento T3 alcanzó la mayor firmeza en los frutos de fresa var. Sabrina, con 1,60, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos. En contraste, T1 registró el menor valor, con 1,08. Los tratamientos T6, T4, T2 y T5 presentaron valores intermedios entre 1,18 y 1,38, observándose grupos estadísticos parcialmente superpuestos, lo que indica que entre algunos de estos tratamientos no existieron diferencias significativas.

4.1.2.3 En respuesta al objetivo específico 3

En cumplimiento al tercer objetivo específico, “Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el pH de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho”, se presentan a continuación los resultados obtenidos.

4.1.2.3.1. Resultados del pH de frutos de fresa Var. Sabrina

a. Análisis descriptivo del pH

Tabla 15

Descriptivos del pH de frutos de fresa según tratamiento

Tratamiento	Media	Desviación estándar	N
T1	3,35	0,13	4
T2	3,30	0,08	4
T3	3,68	0,10	4
T4	3,38	0,15	4
T5	3,35	0,17	4
T6	3,33	0,10	4

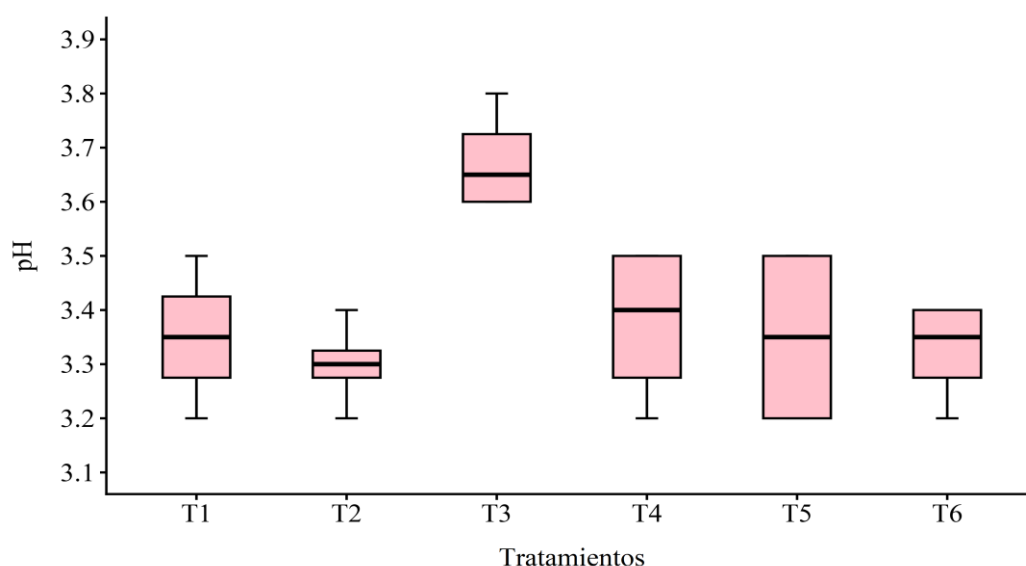
Nota. N: número de observaciones por tratamiento.

La tabla 15 muestra que T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) presentó la mayor media de pH en los frutos de fresa var. Sabrina, con 3,68 y una desviación estándar de 0,10. Le siguieron T4 (cascarilla de arroz 70 % + fibra de coco 30 %), con una media de 3,38 y una desviación estándar de 0,15; T1 (testigo) y T5 (fibra de coco 70 % + cascarilla de arroz 30 %), ambos con una media de 3,35 y desviaciones estándar de 0,13 y 0,17, respectivamente; y T6 (fibra de coco), con una media de 3,33 y una desviación estándar de 0,10. Por su parte, T2 (cascarilla de arroz) registró la menor media de pH, con 3,30 y una desviación

estándar de 0,08. En cuanto a la variabilidad, T2 presentó la menor dispersión de los datos, mientras que T5 registró la mayor variabilidad entre las observaciones.

Figura 6

Distribución del pH de frutos de fresa var. Sabrina



Nota. La línea central de cada caja representa la mediana; las cajas muestran la distribución central de los datos y los bigotes representan su dispersión.

La figura 6 muestra diferencias en la distribución del pH entre los tratamientos evaluados; T3 presentó la mediana más alta, con valores concentrados en la parte superior de la distribución, mientras que T2 registró la mediana más baja y una menor dispersión de sus observaciones. Por otro lado, T4 y T5 mostraron una mayor amplitud en la distribución de los valores, siendo T5 el tratamiento con mayor variabilidad. T1 y T6 presentaron una dispersión intermedia y medianas similares. Asimismo, no se observaron valores atípicos en los tratamientos evaluados.

b. ANVA a un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$)

Los datos de pH presentaron distribución normal y homogeneidad de varianzas (Anexo 8), por lo que se realizó el análisis de varianza para evaluar las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos sobre el pH de los frutos de fresa
- **Hipótesis Alternativa (H_a):** Al menos uno de los sustratos influye de manera diferente, existiendo diferencias significativas en el pH de los frutos de fresa.

Tabla 16*Análisis de varianza para el pH de frutos de fresa*

FV	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	,387	5	,077	4,933	,005
Error	,283	18	,016		
Total	277,430	24			

Nota. FV = fuente de variación; gl = grados de libertad; F = F calculada; Sig. = nivel de significancia.

El análisis de varianza presentado en la tabla 16 evidenció que el factor tratamiento ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre el pH de los frutos de fresa, al registrar un valor $F = 4,933$ y un p -valor = 0,005, siendo este inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), en consecuencia, se determinó que al menos uno de los sustratos evaluados presentó un efecto diferente sobre el pH de los frutos de fresa.

c. Prueba de comparación de medias (Tukey al 5 %)

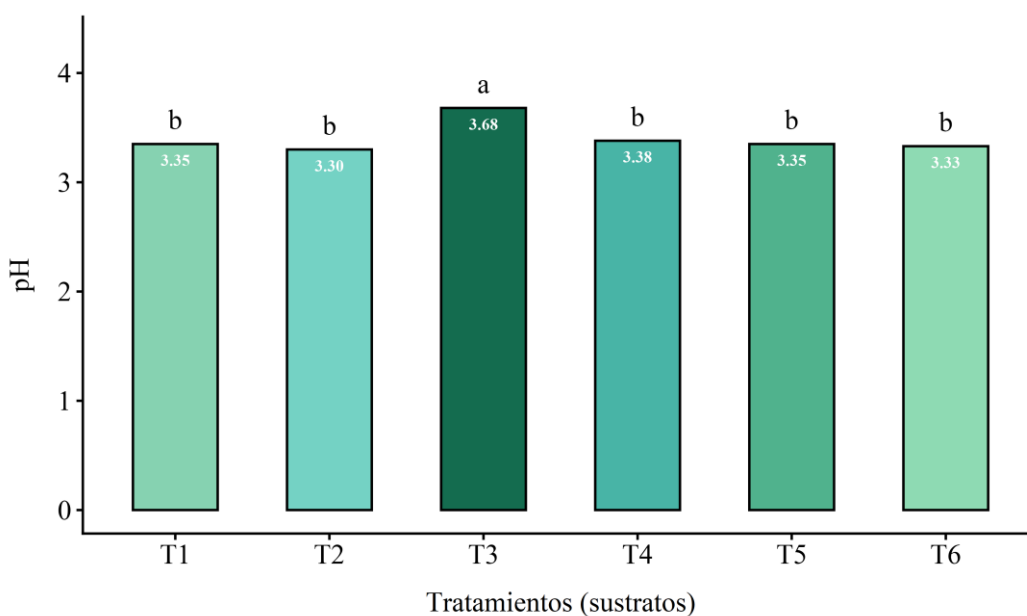
Al encontrarse diferencias significativas en el ANVA, se procede a realizar una prueba de comparación múltiple de medias. La tabla 17 muestra la prueba de Tukey para identificar qué tratamientos difieren entre sí.

Tabla 17*Prueba de comparación de medias de Tukey para el pH de frutos de fresa*

Tratamiento	N	Media de pH	Grupo estadístico
T3	4	3,68	a
T4	4	3,38	b
T1	4	3,35	b
T5	4	3,35	b
T6	4	3,33	b
T2	4	3,30	b

Nota. Las medias que comparten la misma letra (a, b) no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí.

La prueba de Tukey presentada en la tabla 17 mostró que el tratamiento T3 presentó el mayor pH en los frutos de fresa var. Sabrina, con una media de 3,68, ubicándose en el grupo estadístico “a” y diferenciándose significativamente de los demás tratamientos. Por otro lado, T4, T1, T5, T6 y T2 conformaron el grupo estadístico “b”, con valores comprendidos entre 3,30 y 3,38, sin presentar diferencias significativas entre sí. La figura 7 presenta gráficamente los resultados de la comparación de medias de Tukey al 5 % para el pH de los frutos de fresa.

Figura 7*Comparación de medias tukey para pH de frutos de fresa*

Nota. Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey al 5 %.

La figura 7 muestra que el tratamiento T3 alcanzó el mayor valor de pH en los frutos de fresa var. Sabrina, con 3,68, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos al pertenecer al grupo “a”. En contraste, T2 presentó el menor valor, con 3,30, mientras que T1, T4, T5 y T6 registraron valores intermedios; estos cinco sustratos conformaron el grupo estadístico “b”, evidenciando un comportamiento estadísticamente similar entre ellos.

4.1.2.4. Respondiendo al objetivo específico 4

En cumplimiento del cuarto objetivo específico, “Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el índice de madurez de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho”, se presentan a continuación los resultados obtenidos.

4.1.2.4.1. Resultados del índice de madurez de frutos de fresa Var. Sabrina

a. Análisis descriptivo del índice de madurez

Tabla 18

Descriptivos del índice de madurez de frutos de fresa

Tratamiento	Media	Desviación estándar	N
T1	4,69	1,16	4
T2	12,72	0,72	4
T3	9,23	0,27	4
T4	14,75	0,98	4
T5	17,15	1,93	4
T6	9,60	1,48	4

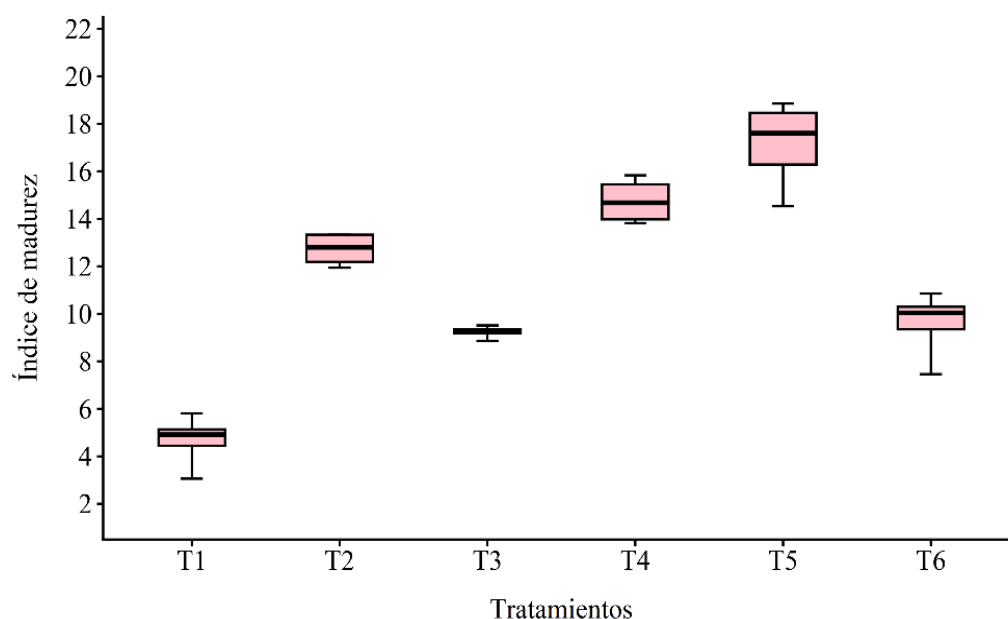
Nota. N: número de observaciones por tratamiento.

La tabla 18 muestra que T5 (fibra de coco 70 % + cascarilla de arroz 30 %) presentó la mayor media del índice de madurez en los frutos de fresa var. Sabrina, con 17,15 y una desviación estándar de 1,93. Le siguieron T4 (cascarilla de arroz 70 % + fibra de coco 30 %), con una media de 14,75 y una desviación estándar de 0,98; T2 (cascarilla de arroz), con 12,72 y una desviación estándar de 0,72; T6 (fibra de coco), con 9,60 y una desviación estándar de 1,48; y T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %), con 9,23 y una desviación estándar

de 0,27. Por su parte, T1 (testigo) registró la menor media del índice de madurez, con 4,69 y una desviación estándar de 1,16. En cuanto a la variabilidad, T3 presentó la menor dispersión de los datos, mientras que T5 registró la mayor variabilidad entre las observaciones.

Figura 8

Distribución del índice de madurez de frutos de fresa var. Sabrina



Nota. La línea central de cada caja representa la mediana; las cajas muestran la distribución central de los datos y los bigotes representan su dispersión.

La figura 8 muestra diferencias en la distribución del índice de madurez entre los tratamientos evaluados; T5 presentó la mediana más alta y una mayor amplitud en la distribución de sus valores, mientras que T1 registró la mediana más baja. T3 mostró los valores más concentrados alrededor de la mediana, evidenciando una menor variabilidad, mientras que T6 presentó una mayor dispersión de las observaciones. Por su parte, T2 y T4 mostraron una dispersión intermedia. Asimismo, no se observaron valores atípicos en ninguno de los tratamientos evaluados.

b. ANVA a un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$)

Los datos del índice de madurez presentaron distribución normal y homogeneidad de varianzas (Anexo 8), por lo que se realizó el análisis de varianza para evaluar las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos sobre el índice de madurez de los frutos de fresa
- **Hipótesis Alternativa (H_a):** Al menos uno de los sustratos influye de manera diferente, existiendo diferencias significativas en el índice de madurez de los frutos de fresa.

Tabla 19

Análisis de varianza para el índice de madurez de frutos de fresa

FV	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	395,69	5	79,14	53,84	,000
Error	26,46	18	1,47		
Total	3516,84	24			

Nota. FV = fuente de variación; gl = grados de libertad; F = F calculada; Sig. = nivel de significancia. El valor ,000 indica $p < ,001$.

El análisis de varianza presentado en la tabla 19 evidenció que el factor tratamiento ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de madurez de los frutos de fresa, al registrar un valor $F = 53,84$ y un p -valor $< 0,001$, siendo este inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), en consecuencia, se determinó que al menos uno de los sustratos evaluados presentó un efecto diferente sobre el índice de madurez de los frutos de fresa.

c. Prueba de comparación de medias (Tukey al 5 %)

Al encontrarse diferencias significativas en el ANVA, se procede a realizar una prueba de comparación múltiple de medias. La Ttabla 20 muestra la prueba de Tukey para identificar qué tratamientos difieren entre sí.

Tabla 20

Prueba de comparación de medias Tukey para índice de madurez de frutos de fresa

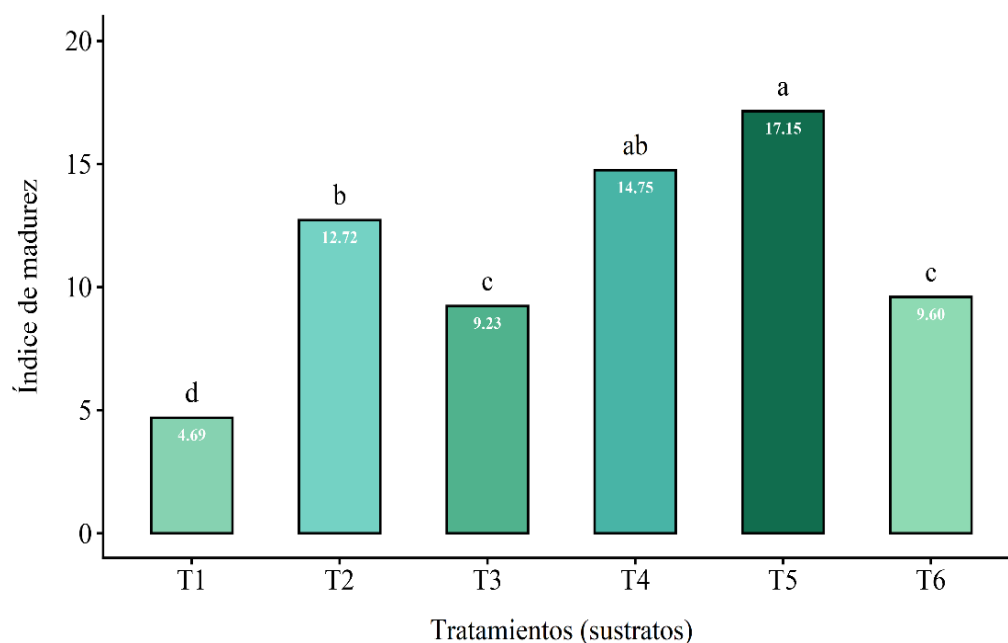
Tratamiento	N	Media índice de madurez	Grupo estadístico
T5	4	17,15	a
T4	4	14,75	ab
T2	4	12,72	b
T6	4	9,60	c
T3	4	9,23	c
T1	4	4,69	d

Nota. Medias que comparten al menos una letra no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí según la prueba de Tukey al 5 %.

La prueba de Tukey presentada en la tabla 20 mostró que el tratamiento T5 presentó el mayor índice de madurez en los frutos de fresa var. Sabrina, con una media de 17,15, ubicándose en el grupo estadístico “a”. El T4 alcanzó 14,75 y se ubicó en el grupo “ab”, por lo que no presentó diferencias significativas con T5 ni con T2, este último con una media de 12,72 y perteneciente al grupo “b”. Por otro lado, T6 y T3 registraron valores de 9,60 y 9,23, respectivamente, y conformaron el grupo estadístico “c”, sin presentar diferencias significativas entre sí. Finalmente, T1 presentó el menor índice de madurez, con 4,69, ubicándose en el grupo “d” y diferenciándose significativamente de los demás tratamientos. La Figura 9 presenta gráficamente los resultados de la comparación de medias de Tukey al 5 % para el índice de madurez de los frutos de fresa.

Figura 9

Comparación de medias Tukey para índice de madurez de frutos de fresa



Nota. Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey al 5 %.

La figura 5 muestra que el tratamiento T5 alcanzó el mayor índice de madurez en los frutos de fresa var. Sabrina, con 17,15, seguido de T4 con 14,75 y T2 con 12,72. En contraste, T1 registró el menor valor, con 4,69. La agrupación estadística muestra una respuesta diferenciada entre los tratamientos, destacando la relación de T4 con los grupos “a” y “b”, mientras que T3 y T6 presentaron un comportamiento estadísticamente similar al compartir el grupo “c”.

4.2 Discusión

4.2.1. Acidez titulable

En cuanto al acidez titulable, el T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) presentó la mayor acidez titulable en los frutos de fresa var. Sabrina, con 0,84 %, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos, resultado que evidencia una respuesta favorable de esta combinación de sustratos sobre la variable evaluada. Este valor fue superior al reportado por Miranda (2009), quien al evaluar el efecto del tezontle y sus mezclas con sustratos orgánicos bajo dos concentraciones de solución nutritiva en los cultivares Roxana y Japonesa, no encontró diferencias significativas entre tratamientos y registró 0,13 % de acidez titulable en el cultivar Japonesa, diferencia que podría estar relacionada con el cultivar, el tipo de sustrato y las condiciones de manejo empleadas; asimismo, los resultados difieren de Palomino y Quispe (2024), quienes al evaluar fibra de coco, cascarilla de arroz y sus mezclas bajo un sistema hidropónico obtuvieron la mayor acidez titulable con 100 % de cascarilla de arroz, mientras que en la presente investigación la mayor respuesta correspondió a la combinación de cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %, mostrando que la proporción de ambos materiales influyó en el comportamiento de esta variable. Al respecto, Guerrero et al. (2021) encontraron diferencias en las propiedades físicas y químicas de estos sustratos, principalmente en la densidad aparente, conductividad eléctrica, pH y granulometría, características que modifican las condiciones del medio de crecimiento y que podrían guardar relación con la respuesta observada en los frutos de fresa var. Sabrina.

4.2.2. Firmeza

Respecto a la firmeza, el T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) presentó la mayor firmeza en los frutos de fresa var. Sabrina, con una media de 1,60, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos, mientras que T1 (testigo) registró el menor valor con 1,08, lo que evidencia una mejor respuesta de la mezcla equilibrada de ambos sustratos para esta variable. Al comparar estos resultados con Guerrero (2017), se encontraron valores inferiores, debido a que dicho autor alcanzó una firmeza máxima de 3,99 kgf·cm² al evaluar cascarilla de arroz y fibra de coco, diferencia que podría estar relacionada con las condiciones de cultivo y el manejo nutricional empleado en cada investigación; por otra parte, el menor valor registrado en

T1 guarda relación con lo señalado por Huaranca (2024), Carpio (2020) y Nachtigall et al. (2024), quienes indican que los sustratos con mayor densidad aparente y tendencia a la compactación generan condiciones menos favorables para el desarrollo radicular, característica que podría repercutir en la firmeza y calidad de los frutos.

4.2.3. pH

En cuanto al pH, el T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) presentó el mayor pH en los frutos de fresa var. Sabrina, con una media de 3,68, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos, los cuales mostraron valores menores y un comportamiento estadísticamente similar entre sí. Este resultado fue cercano al reportado por Miranda (2009), quien obtuvo un pH de 3,77 en el cultivar Japonesa, mostrando valores próximos pese a las diferencias en los sustratos y el cultivar evaluado; asimismo, guarda relación con Guerrero (2017) y Cerero (2023), quienes registraron valores entre 3,89 y 4,13 al evaluar fibra de coco, cascarilla de arroz y suelo, aunque estos fueron ligeramente superiores a los obtenidos en la presente investigación. Por otra parte, Guerrero et al. (2021) señalaron que el pH del sustrato puede variar durante el ciclo del cultivo en relación con características como la conductividad eléctrica y la proporción de partículas finas, aspectos que podrían estar relacionados con las variaciones observadas en el pH de los frutos entre los sustratos evaluados.

4.2.4. Índice de madurez

Respecto al índice de madurez, T5 (fibra de coco 70 % + cascarilla de arroz 30 %) presentó el mayor valor en los frutos de fresa var. Sabrina, con una media de 17,15, ubicándose en el grupo estadístico “a”, aunque sin diferenciarse significativamente de T4 (cascarilla de arroz 70 % + fibra de coco 30 %), que alcanzó 14,75 y perteneció al grupo “ab”, mientras que T1 (testigo) registró el menor valor con 4,69. Estos resultados difieren de Guerrero (2017), quien reportó índices de madurez entre 5,41 y 7,57 al evaluar fibra de coco, cascarilla de arroz y suelo bajo un sistema hidropónico, valores inferiores a los obtenidos con los tratamientos de mayor respuesta en esta investigación, diferencia que podría estar relacionada con la variedad, la composición de los sustratos y las condiciones de manejo del cultivo; asimismo, considerando que el índice de madurez relaciona los sólidos solubles con la acidez titulable, los resultados guardan relación con Inocente (2024), quien trabajando con fresa var. Sabrina en condiciones de Huaura obtuvo 9,1 % de sólidos solubles mediante la aplicación de L-cisteína, mientras

que Orozco (2023) alcanzó 9,42 °Brix en la variedad Albión mediante el uso de bioabonos y García y Cruz (2023) no encontraron diferencias significativas en los sólidos solubles entre sustratos alternativos, mostrando que el comportamiento de este componente puede variar de acuerdo con la variedad, el sustrato y las condiciones de manejo empleadas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Los sustratos evaluados ejercen un efecto altamente significativo sobre la acidez titulable, firmeza, pH e índice de madurez de los frutos de fresa, confirmándose que la composición del sustrato es un factor determinante en la calidad final del fruto.
- El tratamiento T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) presentó la mejor respuesta en la acidez titulable de los frutos de fresa var. Sabrina, al registrar el mayor valor con 0,84 %.
- El tratamiento T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) presentó la mejor respuesta en la firmeza de los frutos de fresa var. Sabrina, al alcanzar el mayor valor con 1,60 muy superior al testigo.
- El tratamiento T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) presentó la mejor respuesta en el pH de los frutos de fresa var. Sabrina, al registrar el mayor valor con 3,68 a diferencia de los demás sustratos.
- El tratamiento T5 (fibra de coco 70 % + cascarilla de arroz 30 %) presentó la mejor respuesta en el índice de madurez de los frutos de fresa var. Sabrina, al alcanzar el mayor valor con 17,15 frente a los demás sustratos evaluados.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- A la Agencia Agraria de Huanta y a las instituciones vinculadas al sector agrícola, promover el uso y evaluación de sustratos a base de cascarilla de arroz y fibra de coco en la producción de fresa var. Sabrina bajo condiciones de macetas y fitotoldo, considerando la respuesta obtenida en los parámetros de calidad evaluados.
- A los productores de fresa del distrito de Luricocha, considerar el uso de T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) para favorecer la acidez titulable de los frutos, debido a que esta combinación presentó la mayor respuesta con 0,84 %.
- A las asociaciones y organizaciones dedicadas a la producción de fresa, considerar T3 (cascarilla de arroz 50 % + fibra de coco 50 %) como alternativa de sustrato para favorecer la firmeza de los frutos, al haber alcanzado el mayor valor entre los tratamientos evaluados.
- A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta y futuros investigadores, continuar evaluando el comportamiento del pH de los frutos de fresa var. Sabrina con diferentes proporciones de cascarilla de arroz y fibra de coco, tomando como referencia la respuesta obtenida con T3, que alcanzó el mayor valor con 3,68.
- A los productores y viveristas dedicados al cultivo de fresa, considerar T5 (fibra de coco 70 % + cascarilla de arroz 30 %) cuando se busque favorecer el índice de madurez de los frutos, debido a que este tratamiento alcanzó el mayor valor con 17,15.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M., Noguera, P., & Burés, S. (2005). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain. *Bioresource Technology*, 96(2), 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.05.011>
- Acuña, J., & Fischer, G. (2024). Fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. AGROSAVIA. <https://11nq.com/0kgte46>
- Alvarado, A. (2018). *Producción de fresa en sistemas hidropónicos bajo condiciones de invernadero* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <https://sl1nk.com/viii5ih>
- Alvarado, Y., Mendoza, R., Sandoval, A., Vega, C., & Franco, G., (2020). Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresa obtenidos en dos sistemas de cultivo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. <https://sl1nk.com/tk7pf1k>
- Apaiico Huamani, A. A. (2024). *Influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (Fragaria × ananassa)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://n9.cl/yaghn>
- Arias, K., Morgan, B., & Castro, L., (2022). Potencial bioactivo de los residuos del cultivo de fresa (*Fragaria* × *ananassa*) en Costa Rica. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/8739326.pdf>
- Ariza, M., Miranda, L., Gómez, J., Medina, J., Lozano, D., Gavilán, P., Soria, C., & Martinez, E., (2021). Yield and fruit quality of strawberry cultivars under different irrigation regimes. *Agronomy*, 11(2). <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/2/261>
- Bianchi, A., Peña, J., & Guerra, J. (2023). *Modelo prolab: Pachawak producción de sustrato de fibra de coco, una propuesta sostenible para mejorar la calidad en la producción de cultivos frutales*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/1943ef65-c567-4d0d-9798-20d1ee7d1e9e>

- Capocasa, F., Balducci, F., Martellini, C., & Albanesi, A., (2016). Yield and fruit quality of strawberry cultivars grown in organic farming in the mid-Adriatic area. *Acta Horticulturae*. https://www.actahort.org/books/1156/1156_91.htm
- Carpio, A. J. (2020). *Evaluación del rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa (Fragaria × ananassa Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos, bajo sistema hidropónico en mangas verticales*. [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú]. <https://l1nq.com/4bhv9yg>
- Casbis, G. (2021). *Rendimiento y calidad de la fresa en respuesta a diferentes sustratos y nutrición inorgánica* [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. <https://l1nq.com/8issqbs>
- Cayambe, N. (2018). *Diagnóstico de la cadena agroproductiva de fresa (Fragaria ananassa) en tres provincias de la Sierra-Centro Zona 3* [Tesis de posgrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://n9.cl/igyr3h>
- Cerero, L., Velasco, V., Sandoval, M., Ruiz, J., & Enríquez, J., (2023). Cultivo de fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) en sistemas hidropónicos con mezclas de sustratos. *Acta Agronómica*. <https://l1nq.com/ub8tdh6>
- Cerón, Y. (2020). *Evaluación del efecto del acondicionador y mejorador de suelo “Germinaz” sobre el desarrollo vegetativo de fresa (Fragaria × ananassa var. Albión)* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia] <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34988/ylcerong.pdf>
- Diel, M., Pinheiro, M., Thiesen, L., Altissimo, B., Holz, E., & Schmidt, D., (2018). Cultivation of strawberry in substrate: Productivity and fruit quality are affected by the cultivar origin and substrates. *Ciência e Agrotecnologia*, 42(3). <https://www.scielo.br/j/cagro/a/kRMrM6DsB9pYjmMNtwRZXsm/>
- Domini, A. (2012). Mejora genética de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) a través de métodos biotecnológicos. *Cultivos Tropicales*, 33(3), 52–63. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S025859362012000300005&script=sci_arttex

- Escalante, F., & Huamani, A., (2025). Evaluación de atributos de *Fragaria × ananassa* bajo diferentes condiciones de fertirriego y sustrato. *Ingeniería Investiga*. <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/download/1185/1064>
- Fischer, G., López, D., & Sánchez, M. (2018). Propiedades fisicoquímicas en frutos de siete variedades de fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.) durante su maduración. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6369331.pdf>
- Franco, I., Saucedo, C., Calderón, G., Cruz, N., Teliz, D., & Galisia, R., (2018). Calidad y vida de anaquel de tres cultivares de fresa (*Fragaria × ananassa*) tratadas con concentraciones altas de CO₂ por periodo corto. *Agrociencia*, 52(3), 393–405. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140531952018000300393&script=sci_art
- Fuentes, J., Evans, R., López, R., Benavides, A., & Cabrera, M., (2016). Las propiedades físicas del sustrato de crecimiento afectan el desarrollo de la fresa cultivar ‘Albion’. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. <https://11nq.com/nxcw776>
- García, D., & Cruz, R. (2023). Evaluación de efectos de sustratos alternativos para el cultivo sin suelo de fresa (*Fragaria × ananassa*). *Nexo Revista Científica*. <https://ribuni.uni.edu.ni/5653/1/831-838.pdf>
- González, L., & Matas, A. (2018). Caracterización de indicadores de calidad del fruto en líneas de fresa. *Revista Colombiana de Biotecnología*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012334752018000100042&script=sci_art
- Guerrero, E. (2017). *Evaluación de los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y sus mezclas bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa* [Tesis de magister en ciencias agrarias, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia]. <https://sired.udenar.edu.co/9413/1/33834.pdf>
- Hernández-Martínez, N. R., Blanchard, C. C. V., Wells, D. E., & Salazar-Gutiérrez, M. R. (2023). Current state and future perspectives of commercial strawberry production: A review. *Scientia Horticulturae*, 312, 111893. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111893>

- Hinojosa, R., Vitor, R., Gonzales, J., Quispe, Y., Molina, R., Ricra, J., Sánchez, E. y Quispe, J. (2019). Sustentabilidad de los sistemas de producción agropecuaria. *PURIQ*, 1 (2), 164 - 173. <https://doi.org/10.37073/puriq.1.02.31>
- Huaranca, N. (2024). *Efecto de los microorganismos eficientes (EM-1) en el rendimiento de fresa (Fragaria x ananassa Duch.)* [Tesis de Bióloga, Especialidad: Microbiología, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú]. <https://acortar.link/c1CL9P>
- Huasasquiche, L., Ccori, T., Alejandro, L., Cántaro-Segura, H., Samaniego, T., & Solórzano, R. (2024). Interaction between *Trichoderma* sp., *Pseudomonas putida*, and two organic amendments on the yield and quality of strawberries (*Fragaria* × *ananassa* cv. San Andreas) in the Huaral region, Peru. *Applied Microbiology*, 4(3), 1110-1123. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol4030075>
- López, D., & Sánchez, M. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062018000100147&script=sci_arttext
- Martínez, E., Miranda, L., Ariza, T., & Carrera, M., (2018). Influencia de distintas dotaciones hídricas sobre la producción y calidad del fruto en variedades de fresa. <https://www.researchgate.net/publication/325460259>
- Martínez, F., Oliveira, J. A., Calvete, E. O., & Palencia, P. (2017). “Influence of growth medium on yield, quality indexes and SPAD values in strawberry plants”. *Scientia Horticulturae*, 217, 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.024>
- McKean, T. (2019). *Effects of soilless substrate systems and environmental conditions on yield, total soluble solids, and titratable acidity of greenhouse strawberry (Fragaria × ananassa)* [Tesis doctoral, The Ohio State University]. https://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1566167238648805
- Miranda, S. (2009). *Sustratos y manejo nutrimental en la producción y calidad de fresa (Fragaria x ananassa Duch)* [Tesis de maestro, Universidad Autónoma Chapingo, México]. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/123456789/2427>

- Nachtigall, G., Nogueira, R., Perin, L., Carini, F., Bergmann, D. y Grolli, P. (2024). Production of strawberry cultivars in a closed system of growing on substrate with transplants of different origins. *Observatorio*, 22 (3), 1-22. <https://doi.org/10.55905/oelv22n3-192>
- Orozco, E. (2023). Efecto de tres bioabonos en el rendimiento del cultivo preestablecido de fresa (*Fragaria x annanasa*) [Tesis de ingeniero agrónomo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador]. <https://acortar.link/ZNtMj3>
- Palomino, F. y Quispe, N. (2024). *Abonamiento con lixiviados orgánicos y dosis de micronutrientes en producción acolchado de fresa (Fragaria ananassa duch) en Huaran- Calca – Cusco* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú]. <https://acortar.link/aOQKb2>
- Pinheiro, M. V. M., Marcos Vinícius Marques Pinheiro; Evandro Holz; Anderson Rafael Webler; Guilherme Masarro-Araujo; Leonardo Antonio Thiesen; Fábio Miguel Knapp; Maria Inês Diel; Denise Schmidt. (2022). “Substrates based on carbonized rice husk alter strawberry productivity in a semi-hydroponic system”. *Research, Society and Development*, 11(14), e400111436347. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i14.36347>.
- Portuguez Murtua, A. J., Chuqui Diestra, S. R., Hernández Mavila, J. E., Pariona Escalante, F. R., Gonzales Quispe, I., & Valderrama Pacho, V. (2025). Influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (*Fragaria* × *ananassa*). *Investigación*, 32(1). <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.32.1.2025.620>
- Rajapakse, R.P.S.S. and Tanaka, M. (2018). Comparison of rice hull biochar and cedar bark as growing media on the yield and postharvest quality of 'Sachinoka' strawberry. *Acta Hortic.* 1210, 273-280. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1210.38>
- Signorini, C. B., Peil, R. M. N., Grolli, P. R., Perin, L., & Neutzling, C. (2023). Rice hull-based substrates and the influence of the type of transplant and the age of the plant on the strawberry culture. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 21(11). <https://doi.org/10.55905/oelv21n11-259>

- Tang, X., Li, Y., Fang, M., Li, W., Hong, Y., & Li, Y. (2024). Effects of different water storage and fertilizer retention substrates on growth, yield and quality of strawberry. *Agronomy*, 14(1), 205. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010205>
- Vergara, A, Gómez, R, Espinoza, C., Vilcas, S., Hinojosa, R. (2023). Cadenas agro-productivas para el desarrollo agrícola sostenible en Huancavelica. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*. 7(19):117-29. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.202>
- Yzarra, A., Jaime, J., Bejarano, J. e Hinojosa, R. (2021). Agricultura Tradicional Campesina: Apoyo a la Soberanía Alimentaria en el Perú. *Revista de Investigaciones Científicas CIDI*, 1 (1), 15–24. <https://doi.org/10.53942/srjcidi.v1i1.42>

ANEXOS

TESIS: “Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo”

Anexo 1

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo General	Hipótesis general	Var. Independiente:	Tipo de investigación: Aplicada
¿Cuál es el efecto de sustratos sobre parámetros de calidad en fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha?	Determinar el efecto de cinco sustratos sobre los parámetros de calidad de la fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha.	La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre los parámetros de calidad de frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta.	✓ Sustrato ✓ Propiedades físicas ✓ Propiedades químicas ✓ Propiedades biológicas	Enfoque: Cuantitativo Nivel: Experimental Diseño: Diseño completamente al azar (DCA) 6 tratamientos y 4 repeticiones. Población: conformado por 24 plantas.
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicas	Var. Dependiente:	Muestra: 96 frutos de fresas.
¿De qué manera influye la aplicación de cinco sustratos sobre la acidez titulable de los frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho?	Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre la acidez titulable de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho.	La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre la acidez titulable de los frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta.	Parámetros de calidad de fruto ✓ Acidez titulable ✓ Firmeza ✓ pH ✓ Índice de madurez	Técnicas: Observación directa y medición experimental. Instrumentos: Balanza analítica, vernier, refractómetro, penetrómetro digital, Phmetro, bureta y solución de NaOH.
¿De qué manera influye la aplicación de cinco sustratos sobre la firmeza de los frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho?	Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre la firmeza de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho.	La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre la firmeza de los frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta.		
¿De qué manera influye la aplicación de cinco sustratos sobre el pH de los frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho?	Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el pH, de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho.	La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre el pH de los frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta.		
¿De qué manera influye la aplicación de cinco sustratos sobre el índice de madurez de los frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho?	Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el índice de madurez de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho.	La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre el índice de madurez de los frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta.		

Anexo 2

Cronograma de actividades

%	ACTIVIDADES	2025																																								%		
		E		F				M				A				M				J				J				A				S				O				N				D
		1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2			
	FASE PREACTIVA																																											
1	Redacción y argumentación de proyecto de tesis																																											5
2	Implementación de fitotoldo																																											10
3	Adecuación de macetas																																											5
4	Validación de equipos																																											5
5	Presentación de proyecto de tesis a la FCI-UNAH																																											5
	FASE INTERACTIVA																																											
6	Trabajo de campo																																											40
7	Análisis preliminar de datos obtenidos																																											10
8	Tramites de presentación de informe intermedio de avance de tesis																																											5
	FASE POSACTIVA																																											
9	Procesamiento de datos recolectados. Discusión.																																											10
10	Elaboración y presentación del informe final																																											10
	TOTAL																																											100

Nota. El cronograma de actividades presenta la organización temporal de la investigación en tres etapas: fase preactiva, fase interactiva y fase posactiva, las cuales comprenden la planificación del experimento, ejecución de las actividades de campo y laboratorio, así como el procesamiento de datos y elaboración del informe final

Anexo 3

Ficha de recolección de datos

RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto: Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa Var.

Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo.

Ficha de evaluación:

Fecha de evaluación:	
Ubicación:	
Parámetro:	

tratamiento	Repetición	
T1	1	
	2	
	3	
	4	
promedio		

tratamiento	Repetición	
T2	1	
	2	
	3	
	4	
promedio		

tratamiento	Repetición	
T3	1	
	2	
	3	
	4	
promedio		

tratamiento	Repetición	
T4	1	
	2	
	3	
	4	
promedio		

tratamiento	Repetición	
T5	1	
	2	
	3	
	4	
promedio		

tratamiento	Repetición	
T6	1	
	2	
	3	
	4	
promedio		

Observaciones:

--

Nota. Formato de registro de datos.

Anexo 4

Ficha de recolección de datos para acidez titulable

RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto: Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa Var.

Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo.

Ficha de evaluación:

Fecha de evaluación:	10-07-2025
Ubicación:	5 ESQUINAS- LABORATORIO DE QUÍMICA
Parámetro:	ACIDEZ TITULABLE

tratamiento	Repetición	Gasto	Acidez Titulable
T1	1	10.9	0.70
	2	10.5	0.69
	3	10.6	0.68
	4	10.6	0.68
promedio			

tratamiento	Repetición	Gasto	Acidez Titulable
T2	1	10.4	0.67
	2	10.3	0.66
	3	9.4	0.60
	4	9.4	0.60
promedio			

tratamiento	Repetición	Gasto	Acidez Titulable
T3	1	12.9	0.82
	2	12.7	0.81
	3	13.7	0.88
	4	13.3	0.85
promedio			

tratamiento	Repetición	Gasto	Acidez Titulable
T4	1	9.7	0.62
	2	9.4	0.60
	3	10.6	0.68
	4	10.4	0.67
promedio			

tratamiento	Repetición	Gasto	Acidez Titulable
T5	1	11.7	0.75
	2	9.4	0.60
	3	9.6	0.61
	4	10.4	0.67
promedio			

tratamiento	Repetición	Gasto	Acidez Titulable
T6	1	8.5	0.64
	2	8.5	0.69
	3	10.5	0.67
	4	11.8	0.76
promedio			

Observaciones:

NINGUNA

Rango de % AT	Interpretación
> 1.0 %	fruto muy ácido
0.6 – 1.0%	Nivel de acidez adecuado
< 0.6%	Fruto con poca acidez

Nota. Primer registro de datos.

Anexo 5

Ficha de recolección de datos para índice de madurez

RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto: Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa Var.

Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo.

Ficha de evaluación:

Fecha de evaluación:	23-07-2025
Ubicación:	INTAY - LABORATORIO DE QUÍMICA
Parámetro:	ÍNDICE DE MADUREZ

tratamiento	Repetición	brix	AT	Índice de madurez
T1	1	3.54	0.70	3.06
	2	3.44	0.69	4.98
	3	3.34	0.68	4.91
	4	3.29	0.68	4.81
promedio				

tratamiento	Repetición	brix	AT	Índice de madurez
T2	1	8.0	0.67	11.94
	2	8.1	0.66	12.27
	3	8.0	0.60	13.33
	4	8.0	0.60	13.33
promedio				

tratamiento	Repetición	brix	AT	Índice de madurez
T3	1	7.6	0.82	9.27
	2	7.7	0.81	9.51
	3	7.8	0.88	8.86
	4	7.9	0.85	9.29
promedio				

tratamiento	Repetición	brix	AT	Índice de madurez
T4	1	9.5	0.62	15.32
	2	9.5	0.60	15.83
	3	9.4	0.68	13.82
	4	9.4	0.67	14.03
promedio				

tratamiento	Repetición	brix	AT	Índice de madurez
T5	1	10.9	0.75	14.53
	2	11	0.60	18.33
	3	11.5	0.61	18.85
	4	11.3	0.67	16.87
promedio				

tratamiento	Repetición	brix	AT	Índice de madurez
T6	1	6.4	0.64	10.85
	2	6	0.69	10.11
	3	5	0.67	7.46
	4	5.3	0.76	9.97
promedio				

Observaciones:

NINGUNA

Rango	Interpretación
< a 8	Fruto muy inmaduro
8 - 14	Madurez comercial
> a 14	Fruto sobremaduro

Nota. Registro de datos en el laboratorio de química.

Anexo 6

Ficha de recolección de datos para Firmeza

RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto: Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa Var.

Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo.

Ficha de evaluación:

Fecha de evaluación:	27-09-2025
Ubicación:	INTAY - LABORATORIO DE QUÍMICA
Parámetro:	FIRMEZA

tratamiento	Repetición	Firmeza	tratamiento	Repetición	Firmeza
T1	1	1.10	T2	1	1.20
	2	1.00		2	1.30
	3	1.20		3	1.30
	4	1.00		4	1.40
promedio			promedio		

tratamiento	Repetición	Firmeza	tratamiento	Repetición	Firmeza
T3	1	1.60	T4	1	1.40
	2	1.60		2	1.30
	3	1.60		3	1.20
	4	1.60		4	1.40
promedio			promedio		

tratamiento	Repetición	Firmeza	tratamiento	Repetición	Firmeza
T5	1	1.20	T6	1	1.40
	2	1.20		2	1.30
	3	1.10		3	1.40
	4	1.20		4	1.40
promedio			promedio		

Observaciones:

NINGUNA

Rango	Interpretación
>a 1.5 N (150g.f)	Fruto firme, buena calidad poscosecha
1.0 - 1.5 N (100 - 150g.f)	Firmeza comercial aceptable
<a 1.0 N (100g.f)	Fruto blando

Nota. Registro de datos para la firmeza del fruto.

Anexo 7

Fichas de recolección de datos de pH

RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto: Influencia de cinco sustratos sobre cuatro parámetros de calidad en fresa Var.

Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo.

Ficha de evaluación:

Fecha de evaluación:	12-09-2025
Ubicación:	INTAY-LABORATORIO DE QUÍMICA
Parámetro:	PH

tratamiento	Repetición	PH
T1	1	3.50
	2	3.40
	3	3.30
	4	3.20
promedio		

tratamiento	Repetición	PH
T2	1	3.20
	2	3.40
	3	3.30
	4	3.30
promedio		

tratamiento	Repetición	PH
T3	1	3.80
	2	3.60
	3	3.60
	4	3.70
promedio		

tratamiento	Repetición	PH
T4	1	3.50
	2	3.50
	3	3.20
	4	3.30
promedio		

tratamiento	Repetición	PH
T5	1	3.20
	2	3.50
	3	3.50
	4	3.20
promedio		

tratamiento	Repetición	PH
T6	1	3.40
	2	3.40
	3	3.30
	4	3.20
promedio		

Observaciones:

NINGUNA

Rango	Interpretación
< a 3.2	Fruto muy ácido
3.2 - 3.8	pH óptimo para fresas de buena calidad
> a 3.8	Fruto blando

Nota. Registro de datos para el cálculo de pH del fruto.

Anexo 8

Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas

Figura 21

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los residuos de los parámetros de calidad de frutos de fresa var. Sabrina

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para Acidez	,961	24	,455
Residuo para Firmeza	,940	24	,162
Residuo para pH	,918	24	,052
Residuo para Indice_madurez	,945	24	,212

Tabla 22

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para los parámetros de calidad de frutos de fresa var. Sabrina

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Residuo para Acidez	2,203	5	18	,099
Residuo para Firmeza	2,400	5	18	,078
Residuo para pH	2,786	5	18	,055
Residuo para Indice_madurez	1,982	5	18	,130

Fotografía 1*Acondicionamiento del área experimental*

Nota. Se realizó el armado del fitotoldo destinado al establecimiento del experimento. La estructura proporcionó condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo del cultivo de fresa.

Fotografía 2*Perforación y pintado de las macetas*

Nota. Se efectuó la perforación de las macetas para facilitar el drenaje del exceso de agua. Esta actividad evitó el encharcamiento y favoreció el desarrollo radicular de las plantas.

Fotografía 3

Pintado de las macetas



Nota. Se procedió al pintado de las macetas con la finalidad de uniformizar las unidades experimentales. Esta actividad contribuyó a mejorar la presentación y protección del material utilizado.

Fotografía 4

Adecuación de sustratos en las macetas



Nota. Se preparó el sustrato empleando fibra de coco y cascarilla de arroz en las proporciones establecidas. La mezcla garantizó condiciones físicas adecuadas para el crecimiento del cultivo.

Fotografía 5

Distribución aleatoria de las unidades experimentales



Nota. Se realizó la distribución aleatoria de las macetas de acuerdo con los tratamientos establecidos. Este procedimiento aseguró la correcta aplicación del diseño experimental.

Fotografía 6

Siembra de plántulas de fresa variedad Sabrina



Nota. Se establecieron plántulas de fresa de la variedad Sabrina, colocando una planta por cada maceta. La siembra se realizó siguiendo el protocolo establecido para el experimento.

Fotografía 7

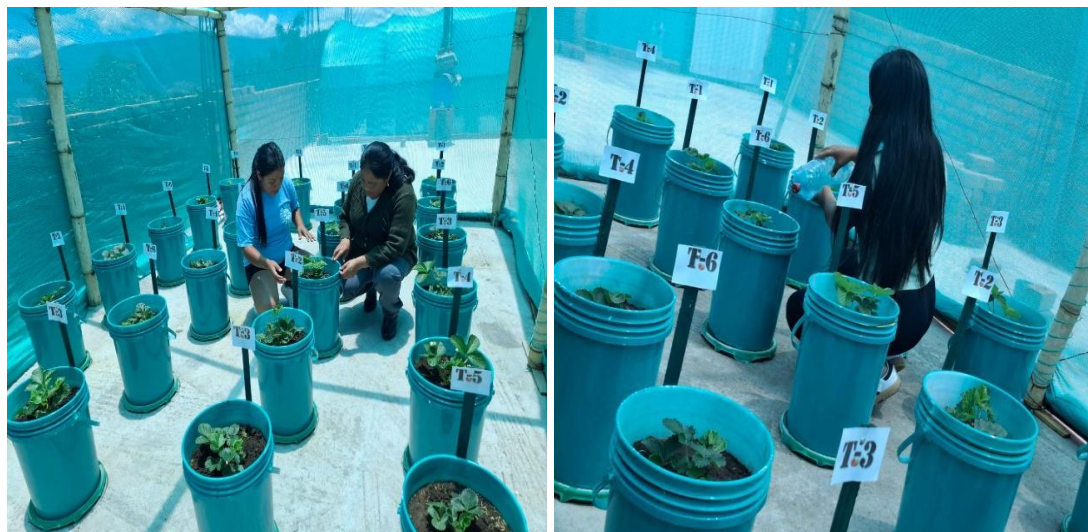
Identificación de los tratamientos experimentales



Nota. Se colocaron carteles para identificar cada tratamiento y su respectiva repetición. Esta actividad facilitó el seguimiento y control durante toda la investigación.

Fotografía 8

Riego de las plantas de fresa



Nota. Se aplicó el riego de acuerdo con los requerimientos hídricos del cultivo y la etapa fenológica. El manejo del agua permitió mantener condiciones adecuadas para el crecimiento de las plantas.

Fotografía 9

Inicio de la floración



Nota. En la imagen se puede ver el inicio de la floración en los diferentes tratamientos del cultivo de fresa.

Fotografía 10

Monitoreo continuo de la formación y maduración de los primeros frutos



Nota. Se registró el inicio de la floración en las plantas pertenecientes a los diferentes tratamientos. Esta etapa indicó el comienzo del desarrollo reproductivo del cultivo.

Fotografía 11

Formación de los primeros frutos



Nota. Se observó y registró la formación de los primeros frutos en las plantas evaluadas. Esta fase permitió verificar el avance del desarrollo productivo del cultivo.

Fotografía 12

Maduración de los frutos



Nota. Se monitoreó el proceso de maduración de los frutos hasta alcanzar el estado óptimo de cosecha. El seguimiento permitió identificar el momento adecuado para la evaluación.

Fotografía 13

Recolección de las muestras



Nota. Se recolectaron muestras representativas de frutos correspondientes a cada tratamiento experimental. Las muestras fueron destinadas a las evaluaciones físicas y químicas establecidas.

Fotografía 14

Evaluación del peso de los frutos



Nota. Se determinó el peso individual de los frutos utilizando una balanza digital calibrada. Los resultados obtenidos fueron registrados para el análisis estadístico correspondiente.

Fotografía 15

Evaluación del diámetro del fruto



Nota. Se midió el diámetro ecuatorial de los frutos mediante un vernier digital. Esta variable permitió evaluar el tamaño y la calidad física de la producción obtenida.

Fotografía 16

Determinación de la acidez titulable



Nota. Se determinó la acidez titulable mediante el método de titulación con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N. Los resultados fueron expresados como porcentaje de ácido cítrico.

Fotografía 17

Evaluación de la firmeza del fruto



Nota. Se evaluó la firmeza de los frutos utilizando un penetrómetro previamente calibrado. Los datos obtenidos permitieron determinar la resistencia mecánica de los frutos.

Fotografía 18

Determinación del pH y sólidos solubles (°Brix)



Nota. Se determinó el pH mediante un potenciómetro calibrado y el contenido de sólidos solubles con un refractómetro digital. Ambas variables permitieron evaluar la calidad química de los frutos.

Fotografía 19

Muestras de los frutos para la evaluación del índice de madurez



Nota. Se seleccionaron muestras para la valuación del índice de madurez de los frutos de fresa en las variedades Sabrina para determinar su calidad.

Fotografía 20

Cálculo del índice de madurez



Nota. Se calculó el índice de madurez utilizando la relación entre los sólidos solubles y la acidez titulable. Este indicador permitió evaluar el grado de maduración y la calidad de los frutos.