

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS

AGRONÓMICOS Y FORESTALES



TESIS

Efecto de cinco sustratos sobre la producción de frutos de *Fragaria ananassa* Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Agronomía

PRESENTADO POR:

Ruiz Vilca Walter Miguel

ASESOR:

Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides

CO-ASESORA:

Dra. Adelfa Yzarra Aguilar

HUANTA – AYACUCHO

2026

NOMBRE DEL TRABAJO

Efecto de cinco sustratos sobre la producción de frutos de *Fragaria ananassa* Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo

AUTOR

Walter Miguel Ruiz Vilca

RECuento DE PALABRAS

19498 Words

RECuento DE CARACTERES

109384 Characters

RECuento DE PÁGINAS

86 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

22.7MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 11, 2026 2:01 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 11, 2026 2:05 PM GMT-5

● **18% de similitud general**

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

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 4% 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)



FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por
HINOJOSA
BENAVIDES Rene
Antonio FAU
20574653798 soft
Fecha: 2026.08.11
14:23:15 -05'00'



**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 – 5 Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en el Jr. Miguel Lazón N° 370 – cinco esquinas, a los 28 días del mes de agosto de 2026, siendo las 15:00 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

Mtro. Alfredo Ozejo López

Dr. René Antonio Hinojosa Benavides

Mtra. Elyane Estefany Belito Humani

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° 136-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis del **Bach. Walter Miguel Ruiz Vilca**, con la tesis titulada: **"Efecto de cinco sustratos sobre la producción de frutos de *Fragaria ananassa* Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo"**. asesorado por la Dra. René Antonio Hinojosa Benavides y coaserao por la Dra. Adelfa Yzarra Aguilar para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones:

NINGUNO

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

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	()
Aprobado Muy Bueno	()
Aprobado Excelente	(x)

Con la calificación de *DIECI OCHO* (18)

Siendo las ... *04:10 pm* ... se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

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

[Signature]
Mtro. Alfredo Ozejo López
Miembro Titular 2

[Signature]
Dr. René Antonio Hinojosa Benavides
Miembro Titular 3

**Efecto de cinco sustratos sobre la producción de frutos de *Fragaria ananassa* Var.
Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo**

TESISTA

Bach. Walter Miguel Ruiz Vilca

ASESOR

Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides

CIP N° 74510

CO-ASESORA

Dra. Adelfa Yzarra Aguilar

CIP N° 74713

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.

.

Agradecimiento

A mis asesores de tesis, Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides y Dra. Adelfa Yzarra Aguilar, por su orientación constante, paciencia y apoyo académico durante el desarrollo de la presente investigación.

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

RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto de cinco sustratos sobre la producción de fresa (*Fragaria ananassa*) variedad Sabrina, en condiciones de maceta bajo fitotoldo en Luricocha. Se trabajó con plántulas de fresa variedad Sabrina sometidas a seis sustratos o tratamientos: T1(fibra de coco 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%), T6 (Tierra agrícola 100%), a fin de evaluar el efecto sobre el peso, diámetro, longitud y sólidos solubles totales, de los frutos de fresa, en condiciones de maceta (baldes de 20 litros de capacidad). El Análisis de Varianza se realizó mediante InfoStat, una herramienta fundamental para comparar medias. Se resalta entre los resultados que: en peso de fruto se obtuvo promedios de 10.18, 18.48, 13.24, 21.67, 16.61 y 10.50 g para los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6, respectivamente; en longitud se obtuvo promedios de 34.49 mm, 29.64 mm, 33.42 mm, 33.04 mm, 40.90 mm (Mayor promedio numérico) y 32.28 mm para los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6, respectivamente, no habiendo diferencia estadística entre los tratamientos; en diámetro se obtuvo una media general de 27.76 mm, no habiendo diferencia estadística entre los tratamientos, mientras que, en sólidos solubles totales se obtuvo promedios de T1: 5.78 °Brix, T2: 9.83 °Brix (Mayor promedio), T3: 8.23 °Brix, T4: 9.70 °Brix, T5: 9.10 °Brix y T6: 7.40 °Brix. Se concluye que, el sustrato T4 (cascarilla de arroz 70% + Fibra de coco 30%), influye significativamente sobre el peso de fruto de fresa; mientras que T2 influye significativamente sobre los sólidos solubles totales (9.83 °Brix, mayor promedio).

Palabras clave: *Fragaria* × *ananassa*, peso, diámetro, longitud, sólidos solubles totales, maceta

ABSTRACT

The aim was to determine the effect of five growing media on the production of the ‘Sabrina’ variety of strawberry (*Fragaria ananassa*) under pot-grown conditions beneath a shade net in Luricocha. The study involved Sabrina strawberry seedlings subjected to six growing media or treatments: T1 (100% coconut fibre), T2 (100% rice husk), T3 (50% rice husk + 50% coconut fibre), T4 (70% rice husk + 30% coconut fibre), T5 (70% coconut fibre + 30% rice husks), T6 (100% agricultural soil), in order to assess the effect on the weight, diameter, length and total soluble solids of the strawberry fruits, under pot conditions (20-litre buckets). Analysis of Variance was carried out using InfoStat, an essential tool for comparing means. Notable findings include the following: for fruit weight, mean values of 10.18, 18.48, 13.24, 21.67, 16.61 and 10.50 g were obtained for treatments T1, T2, T3, T4, T5 and T6, respectively; for length, averages of 34.49 mm, 29.64 mm, 33.42 mm, 33.04 mm, 40.90 mm (highest numerical average) and 32.28 mm for treatments T1, T2, T3, T4, T5 and T6, respectively, with no statistically significant difference between the treatments; for diameter, an overall mean of 27.76 mm was obtained, with no statistically significant difference between the treatments, whilst for total soluble solids, the following averages were obtained: T1: 5.78 °Brix, T2: 9.83 °Brix (highest average), T3: 8.23 °Brix, T4: 9.70 °Brix, T5: 9.10 °Brix and T6: 7.40 °Brix. It is concluded that substrate T4 (70% rice husks + 30% coconut fibre) has a significant effect on strawberry fruit weight, whilst T2 has a significant effect on total soluble solids (9.83 °Brix, higher average).

Keywords: *Fragaria × ananassa*, weight, diameter, length, total soluble solids, pot.

INDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
INDICE	xi
INDICE DE TABLAS	xvi
INDICE DE FIGURAS.....	xvii
INDICE DE ANEXOS	xviii
INTRODUCCIÓN	19
1.1. Planteamiento del Problema	21
1.2. Formulación del problema	22
1.2.1. Problema general	22
1.2.2. Problemas específicos.....	22
1.3. Objetivos	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos	23
1.4. Justificación e importancia	23
1.4.1. Justificación	23
1.4.1.1. Teórica.....	23
1.4.1.2. Práctica	23
1.4.1.3. Económica.....	23
1.4.1.4. Metodológica.....	24
1.4.1.5. Ambiental	24
1.4.1.6. Social.....	24
1.4.1.7. Científica	24
1.4.2. Importancia.....	25

1.5.	Hipótesis	25
1.5.1.	Hipótesis general.....	25
1.5.2.	Hipótesis específicas.....	25
1.6.	Variables	26
1.6.1.	Variable independiente: sustrato.....	26
1.6.2.	Variable dependiente: producción de fresa.....	26
1.7.	Operacionalización de variables	27
2.1.	Antecedentes de investigación.....	29
2.1.1.	Internacionales	29
2.1.2.	Nacionales.....	33
2.1.3.	Local	34
2.2.	Bases teóricas.....	35
2.2.1.	Sustrato agrícola.....	35
2.2.1.1.	Función.....	35
2.2.1.2.	Importancia.....	35
2.2.1.3.	Fibra de coco	36
2.2.1.4.	Cascarilla de arroz.....	37
2.2.2.	Producción de fresa.....	38
2.2.2.1.	Origen e importancia.....	38
2.2.2.2.	Importancia económica	38
2.2.2.3.	Taxonomía.....	39
2.2.2.4.	Características botánicas de la fresa.....	40
2.2.2.5.	Características edafoclimáticas del cultivo	41
2.2.2.6.	Manejo agronómico de la fresa en condiciones controladas.....	42
2.2.2.7.	Producción de fresas en macetas	42
2.2.2.8.	Uso de fitotoldos en cultivos hortícolas	43
2.2.2.9.	Variedad Sabrina	43

2.2.3.	Parámetros de calidad del fruto de la fresa	44
2.2.3.1.	Peso de frutos de fresa.....	45
2.2.3.2.	Diámetro de frutos de fresa	45
2.2.3.3.	Longitud de frutos de fresa.....	45
2.2.3.4.	Sólidos solubles totales de frutos de fresa.....	46
2.2.4.	Influencia de los sustratos en la calidad del fruto	46
3.1.	Enfoque, tipo y nivel de investigación	47
3.1.1.	Enfoque de investigación.....	47
3.1.2.	Tipo de investigación.....	47
3.1.3.	Nivel de investigación.....	47
3.1.4.	Diseño de investigación	48
3.1.5.	Grilla experimental	48
3.1.6.	Características del área experimental.....	49
3.1.7.	Análisis estadístico de datos	49
3.2.	Ámbito temporal y espacial	50
3.2.1.	Temporal	50
3.2.2.	Espacial	50
		51
3.3.	Población y muestra	51
3.3.1.	Población.....	51
3.3.2.	Muestra	51
3.3.3.	Muestreo	51
3.3.4.	Técnicas de recolección de datos:.....	51
3.3.4.1.	Instrumentos	52
3.3.4.2.	Materiales de laboratorio.....	52
3.3.4.3.	Equipos e instrumentos	52
3.3.4.4.	Reactivos	52

3.4.	Recolección de datos en gabinete	53
3.5.	Procedimientos.....	53
3.5.1.	Elección del área experimental	53
3.5.2.	Preparación del área experimental	53
3.5.3.	Preparación de las macetas	53
3.5.4.	Siembra – trasplante de plántulas de fresa.....	54
3.6.	Labores culturales	54
3.6.1.	Riego	54
3.6.2.	Control de malezas.....	54
3.6.3.	Control fitosanitario	55
3.6.4.	Cosecha y recolección de los frutos.....	55
3.6.5.	Evaluación post cosecha	55
3.6.5.1.	Peso de fruto.....	55
3.6.5.2.	Longitud de fruto.....	56
3.6.5.3.	Diámetro de fruto	56
3.6.5.4.	Sólidos solubles totales (SST) de frutos de fresa	56
4.1.	Resultados	57
4.1.1.	En respuesta al objetivo general	57
4.1.1.1.	Análisis detallado de resultados consolidados	57
4.1.1.2.	Identificación del sustrato con mayor influencia	58
4.1.1.3.	Aplicación Recomendada por Sustrato (Destino Comercial)	58
4.1.2.	En respuesta a los objetivos específicos	59
4.1.2.1.	Respondiendo al objetivo específico 1.....	59
4.1.2.2.	Respondiendo al objetivo específico 2.....	64
4.1.2.3.	Respondiendo al objetivo específico 3.....	66
4.1.2.4.	Respondiendo al objetivo específico 4.....	69
4.2.	Discusión.....	73

4.2.1.	Peso de frutos.....	73
4.2.2.	Diámetro	74
4.2.3.	Longitud.....	74
4.2.4.	Sólidos solubles totales	75
CONCLUSIONES		76
RECOMENDACIONES.....		77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		78
ANEXOS		82
PANEL DE FOTOGRAFIAS.....		88

INDICED DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables	27
Tabla 2: Clasificación taxonómica de la fresa (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.).....	40
Tabla 3: Parámetros físicos y químicos de los frutos de fresa según autores	44
Tabla 4: Asignación de sustratos a los tratamientos	48
Tabla 5: Distribución de las unidades experimentales a los tratamientos	48
Tabla 6: Dosis para cada tratamiento en la evaluación de sustratos para fresa	54
Tabla 7: Datos consolidados: prueba de comparación de medias (tukey 5%) para los cuatro parámetros de calidad en fresa var. Sabrina.....	57
Tabla 8: Análisis de Varianza para el peso de frutos de fresa	60
Tabla 9: Prueba de comparación de medias Tukey para peso de frutos de fresa	61
Tabla 10: Análisis de Varianza para el diámetro de frutos de fresa	64
Tabla 11: Análisis de Varianza para la longitud de frutos de fresa	67
Tabla 12: Análisis de Varianza para los sólidos solubles totales de frutos de fresa.....	69
Tabla 13: Prueba de comparación de medias Tukey para sólidos solubles totales de frutos de fresa.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del centro poblado de Intay – Luricocha	51
Figura 2: Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable peso de fruto.	63
Figura 3: Efecto de cinco sustratos sobre el diámetro de frutos de fresa var. Sabrina.	66
Figura 4: Efecto de cinco sustratos sobre la longitud de frutos de fresa var. Sabrina.....	68
Figura 5: Comparación de medias Tukey para sólidos solubles totales	72

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia	82
Anexo 2: Ficha de recolección de datos para el PESO de fruto	83
Anexo 3: Ficha de recolección de datos para el DIÁMETRO de fruto.....	84
Anexo 4: Ficha de recolección de datos para la LONGITUD del fruto	85
Anexo 5: Ficha de recolección de datos para SOLIDOS SOLUBLES del fruto	86
Anexo 6: Este cuadro consolida automática los promedios calculados para cada tratamiento en las pestañas de cada parámetro	87

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) representa uno de los cultivos frutícolas de mayor relevancia socioeconómica a nivel global debido a su alta rentabilidad y demanda constante de frutos frescos con adecuada calidad organoléptica, firmeza y características fisicoquímicas requeridas en los mercados locales e internacionales (Avitia et al., 2022; Ariza et al., 2021); sin embargo, la producción de este cultivo es altamente sensible a las condiciones edafoclimáticas y a los sistemas de manejo, siendo la selección del medio de crecimiento un factor determinante para garantizar el desarrollo radicular, la nutrición y el rendimiento agronómico (Martínez et al., 2021). En sistemas intensivos bajo cubierta, como el cultivo en macetas dentro de fitotoldos, el sustrato sustituye al suelo tradicional y asume un rol crítico en la regulación del agua, el aire y los nutrientes disponibles para la planta (Rojas y López, 2023); y es que, un medio de cultivo inadecuado condiciona negativamente la biomasa vegetal, alterando la cantidad y calidad de los frutos, afectando parámetros comerciales decisivos como el tamaño, el contenido de sólidos solubles totales (SST) y la vida útil postcosecha; en un entorno donde la agricultura enfrenta desafíos cruciales relacionados con la sostenibilidad de los sistemas productivos, el uso eficiente de los recursos naturales y las tecnologías aplicadas en los sistemas agropecuarios (López et al., 2020; Hinojosa et al., 2019).

Es necesario considerar que, la formación en conocimientos culturales locales, se enfoque en el rescate y valorización del potencial endógeno natural y cultural de manera esencial (Yzarra et al., 2021); y que, la adopción de tecnologías de protección como los fitotoldos en zonas microclimáticas vulnerables ha permitido mitigar adversidades ambientales como heladas o precipitaciones atípicas, optimizando el uso del espacio y del recurso hídrico (Torres y Ramírez, 2021); mientras que, el tamaño de maceta influye en el establecimiento y desarrollo vegetativo de la fresa (Gaspar, 2024). Conceptualmente, el uso de sustratos orgánicos e inorgánicos ha evolucionado desde el empleo exclusivo de suelo de chacra hacia mezclas formuladas a base de fibra de coco, turba, cascarilla de arroz o compost, buscando propiedades físicas y químicas idóneas como una elevada porosidad de aireación y una adecuada capacidad de intercambio catiónico (Castro et al., 2022). En variedades de alto rendimiento y vigor como la “Sabrina”, el equilibrio fisicoquímico del medio de soporte resulta útil para expresar su máximo potencial genético en condiciones de estrés radicular (Gómez y Sánchez, 2024).

La importancia de la presente investigación radica en la necesidad de generar alternativas agronómicas sostenibles y eficientes para optimizar los sistemas de producción bajo cubierta, en el marco de estrategias de mejora de un sistema de extensión agrícola (Hinojosa et al, 2021); lo mencionado atiende a la fisiología y el rendimiento de la variedad “Sabrina” ante diversas formulaciones de sustratos que permite a los agricultores maximizar la eficiencia en el uso de insumos, incrementar la productividad por unidad de área y cumplir con los estándares de calidad exigidos por la cadena de valor (Morales et al., 2023).

La justificación del estudio se sustenta en la brecha de conocimiento técnico sobre la interacción entre la variedad “Sabrina” y los insumos locales disponibles en zonas agroecológicas específicas de los Andes, donde el suelo agrícola convencional presenta limitantes físicas o problemas sanitarios recurrentes (Vargas et al., 2022). Validar mezclas de sustratos accesibles y económicamente viables bajo fitotoldo constituye una estrategia clave para promover la reconversión productiva hacia la agricultura protegida de pequeña y mediana escala (Navarro et al., 2021); motivo por el cual, la presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de cinco sustratos sobre la producción de fresa (*Fragaria × ananassa* Var. Sabrina), en condiciones de macetas bajo fitotoldo en el distrito de Luricocha.

CAPITULO I

PROBLEMA

1.1.Planteamiento del Problema

La producción de fresa (*Fragaria ananassa*) es altamente sensible a las condiciones de cultivo, siendo el sustrato importante para el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la planta. En sistemas intensivos y controlados, como el cultivo en macetas, el tipo de sustrato puede influir significativamente en la cantidad y calidad de los frutos, afectando tanto los rendimientos comerciales como los parámetros de calidad deseables, tales como el tamaño, el sabor, la firmeza, y el contenido nutricional del fruto.

Los sustratos convencionales, como el suelo agrícola, presentan limitaciones tales como la compactación, la mala retención de agua o la predisposición a enfermedades radiculares. Por tanto, el uso de sustratos alternativos y optimizados bajo condiciones controladas es un área que demanda mayor investigación. Este vacío de conocimiento se centra en la necesidad de identificar combinaciones de sustratos que no solo mejoren la producción de fresa en macetas, sino que también garantizan la sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos. Además, este estudio se enfoca en la producción de frutos de la fresa, aspecto crítico en la aceptación del consumidor.

Desde el punto de vista científico, el estudio del efecto de diferentes sustratos en el cultivo de fresa bajo condiciones de maceta, en medio de varias incógnitas respecto a cómo diferentes combinaciones de materiales afectan las interacciones físico-químicas del sustrato y la planta,

asimismo, cómo estas relaciones se traducen en mejoras en la producción y calidad del fruto, aún no se ha establecido de manera clara qué sustrato maximiza la producción de frutos de fresas bajo un sistema en macetas.

Desde un punto de vista práctico, la demanda de productos agrícolas de alta calidad ha crecido considerablemente en los mercados nacionales e internacionales, donde el uso de sustratos adecuados puede ofrecer una solución para los agricultores que buscan maximizar la productividad en espacios limitados, como en cultivos urbanos o invernaderos, sin depender de grandes extensiones de tierra agrícola. Además, entender el impacto de los diferentes sustratos es esencial para optimizar la sostenibilidad del sistema de cultivo, reduciendo el uso del agua y los fertilizantes, y minimizando la incidencia de enfermedades que suelen afectar a este cultivo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de cinco sustratos sobre la producción de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de cinco sustratos sobre el peso de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha?
- ¿Cuál es el efecto de cinco sustratos sobre el diámetro de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha?
- ¿Cuál es el efecto de cinco sustratos sobre la longitud de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha?
- ¿Cuál es el efecto de cinco sustratos sobre sólidos solubles totales de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de cinco sustratos sobre la producción de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el peso de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha
- Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el diámetro de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha
- Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre la longitud de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha
- Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre sólidos solubles totales de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación

1.4.1.1. Teórica

El presente estudio mejora el conocimiento existente sobre la producción de fresas bajo condiciones alternas de las que se usan a suelo raso, por lo que se busca confrontar teorías sobre buenas técnicas agrícolas, aportando datos in situ que pueden enriquecer el debate académico en torno a la producción de fresas.

1.4.1.2. Práctica

Esta investigación es relevante porque aborda problemáticas concretas que enfrentan los productores de fresa, como el acceso a nuevas buenas prácticas agrícolas, de tal forma que, el fomentar la optimización de este cultivo mejorará las prácticas agrícolas sostenibles.

1.4.1.3. Económica

La fresa es un cultivo altamente comercial, con un crecimiento constante en la demanda global. Identificar sustratos que optimicen la producción puede aumentar el rendimiento y la calidad de los frutos, lo que se traduce en mayores ingresos para los agricultores. Este conocimiento es especialmente valioso para pequeños y medianos productores, quienes pueden mejorar su competitividad en el mercado.

1.4.1.4. 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 la producción de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo, donde la aplicación de un diseño experimental permitirá comparar el comportamiento de los tratamientos mediante la medición de variables como peso, diámetro, longitud y sólidos solubles, garantizando resultados confiables y verificables; asimismo, la metodología propuesta facilitará la obtención de información cuantitativa relevante para futuras investigaciones.

1.4.1.5. Ambiental

El cultivo en maceta permite implementar prácticas de agricultura urbana, lo que es esencial en entornos urbanos densamente poblados. Elegir sustratos adecuados puede reducir la necesidad de insumos químicos y agua, favoreciendo prácticas más sostenibles. Además, esto puede contribuir a la biodiversidad en áreas urbanas y a la reducción de la huella de carbono.

1.4.1.6. Social

Fomentar el cultivo de fresas en macetas también promueve la agricultura urbana, empoderando a las comunidades para cultivar sus propios alimentos, lo que conllevará a mejorar la seguridad alimentaria local, ya que las fresas son ricas en vitaminas, de tal manera que se mejorará la calidad nutricional de los frutos para la población, así como también se generará un sentido de comunidad y conexión con la naturaleza.

1.4.1.7. 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. Siendo de conocimiento general que las propiedades físicas y químicas del sustrato influyen en la absorción de nutrientes, 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 cultivo de fresa.

1.4.2. Importancia

La investigación sobre el efecto de cinco sustratos sobre la producción de *Fragaria ananassa* Var. Sabrina en condiciones de maceta es de suma importancia debido a varios factores clave. En primer lugar, la fresa es un cultivo de alto valor comercial, ampliamente demandada tanto en mercados locales como internacionales. Entender cómo diferentes sustratos afectan la producción de frutos de fresa puede ayudar a optimizar su rendimiento, aumentando así la rentabilidad para los productores.

Es así que, los sustratos influyen en variables relacionadas con el fruto como peso, diámetro, longitud y contenido de sólidos solubles totales, entre otras variables más, que son determinantes en la aceptación del consumidor, por lo que, el cultivo en macetas es relevante en el contexto de agricultura sostenible en espacio limitado. La selección adecuada de sustratos puede facilitar el cultivo de fresas en estos entornos, promoviendo prácticas de agricultura urbana y comunitaria, por lo que el presente estudio contribuye al desarrollo de técnicas de cultivo más eficientes, minimizando el uso de recursos, promoviendo la sostenibilidad, y aportando información valiosa para adaptar el cultivo de fresa a diferentes condiciones climáticas y de suelo, garantizando la producción continua y la seguridad alimentaria.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre la producción de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre el peso 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 diámetro 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 longitud de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho.
- La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre los sólidos solubles totales de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta, Ayacucho.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente: sustrato

Dimensiones:

- Propiedades físicas
- Propiedades químicas
- Propiedades biológicas

1.6.2. Variable dependiente: producción de fresa

Dimensiones:

- Peso
- Diámetro
- Longitud
- Sólidos solubles totales

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.
	Propiedades físicas	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.
	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.
Propiedades químicas	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 P K	Nivel óptimo → 100-300 Nivel óptimo → 10-30 Nivel óptimo → 150-300

Producción de fresa	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 CO₂/g sustrato/hora. Actividad óptima → 10 - 40 mg CO₂/g sustrato/hora. Exceso de actividad → Más de 40 mg CO₂/g sustrato/hora (puede indicar descomposición excesiva de materia orgánica) .
	Peso	Gramos	> 20 g → Fruto grande, excelente calidad comercial y alta preferencia del consumidor. 10 – 20 g → Fruto de tamaño comercial aceptable. < 10 g → Fruto pequeño, de baja calidad comercial o no comercial.
	Diámetro	Milímetros	> 30 mm → Fruto de calibre grande (categoría Extra o Primera). 18 – 30 mm → Diámetro comercial aceptable (Clase I y II).
	Longitud	Centímetros	> 35 mm → Fruto alargado de excelente tamaño y presentación. 25 – 35 mm → Longitud comercial aceptable. < 25 mm → Fruto corto, de menor atractivo comercial.
	Sólidos solubles totales	°Brix (%)	> 9 °Brix → Fruto con alto contenido de azúcares, excelente sabor y dulzor. 7 – 9 °Brix → Nivel adecuado de dulzor para fresas de buena calidad comercial. < 7 °Brix → Fruto con bajo contenido de azúcares, sabor insípido o poco atractivo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. Internacionales

Ibadango (2026) publicó en Ecuador el artículo “Productividad del cultivo de fresa 'monterrey' (fragaria x ananassa duch.) en hidroponía vertical: Influencia solución nutritiva-sustrato” que tuvo por objetivo evaluar el impacto de tres soluciones nutritivas y tres sustratos en el rendimiento de fresa 'Monterrey' cultivada en un sistema hidropónico vertical. En 48 m², el experimento se estructuró mediante un arreglo de parcelas divididas con nueve tratamientos con cuatro réplicas. Las variables evaluadas fueron biomasa aérea, rendimiento, eficiencia en el uso de agua, sólidos solubles totales y análisis beneficio-costos. La solución nutritiva con concentraciones de 100 (N), 90 (P), 250 (K), 60 (Ca), 30 (Mg) y 20 (S) kg ha⁻¹ (Solución 2) combinada con el sustrato 10% cascarilla de arroz, 80% fibra de coco y 10% pomina (Sustrato 2) fue la más efectiva. Este tratamiento alcanzó un rendimiento de 21,60 t ha⁻¹, la mayor eficiencia del uso del agua (0,83 kg m⁻³) y un contenido de sólidos solubles totales de 10,82 °Brix. Asimismo, mostró la mejor relación beneficio-costos, generando USD 3,75 por cada dólar invertido. Los resultados demuestran que la combinación Solución 2 con el Sustrato 2 optimiza la productividad, calidad de fruto y rentabilidad en la producción hidropónica vertical de fresa. Esta propuesta representa una alternativa viable para que los pequeños agricultores de la región mejoren sus rendimientos y rentabilidad comparado con los cultivos tradicionales en suelo.

Gaspar (2024) desarrolló en México la tesis “Rendimiento y calidad de fresa por efecto del tamaño del contenedor”, siendo el objetivo evaluar el efecto del tamaño de contenedor y el uso de dos sustratos sobre la calidad y rendimiento de fresa. Esta investigación trabajó con seis tratamientos con tres repeticiones, utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 3x2, donde los factores fueron tamaño de maceta (5, 10 y 15 L) y sustratos 80% tierra de monte - 20% hormigón y 50 % tierra de monte - 50 % hormigón, siendo la unidad experimental la maceta.

Se resalta entre los resultados que, no hubo diferencias estadísticas en el factor tamaño de maceta para las variables: número de frutos por planta y diámetro ecuatorial y polar de los frutos. Se encontró también que el tamaño de maceta influye estadísticamente en el peso promedio de los frutos, de tal manera que, la maceta de 10 L obtuvo un peso promedio de 15,12 g, en comparación con el contenedor de 5 L que presentó un tamaño de fruto de 14,34 g; mientras que, para el efecto de la interacción entre sustrato y tamaño de contenedor, se registró diferencias estadísticas para peso de frutos.

Se concluyó que, el tamaño de maceta influye en el establecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas de fresa, por lo que se recomienda la maceta de 10 L para un mayor rendimiento promedio en frutos de fresa.

García & Cruz (2023). Publicaron el artículo en Mexico. Evaluation effects of alternative substrates for soilless cultivation of strawberry (*Fragaria x ananassa*). La presente investigación tuvo como objetivo evaluar sustratos alternativos al suelo para el cultivo de fresa variedad festival (*Fragaria x annanasa*). Se evaluaron cuatro sustratos: T1 sustrato fibra de coco, T2 roca volcánica “tezontle”, T3 fibra de coco 50 % roca volcánica “tezontle” 50 % y T4 suelo como control. Para comparar los sustratos se seleccionaron algunas propiedades que las personas eligen en el fruto: número de frutos por planta, peso del fruto, tamaño del fruto y grados Brix (°Brix). Los °Brix no presentaron diferencias entre los tratamientos; sin embargo, bajo T2 y T3 se observaron los mejores resultados en cuanto a número de frutos por planta, peso de fruto y tamaño de fruto, los cuales se consideran cualidades notables del fruto en el mercado. En conclusión, debido a su bajo costo, la roca volcánica sola o combinada con fibra de coco podría ser utilizada como un sustrato promisorio para la producción de fresas, aunque hay que optimizar otros factores como los regímenes de fertilización y riego para reducir el costo de producción en un sistema de producción sin suelo.

Cerero (2023) desarrolló en Oaxaca, Mexico, el trabajo de investigación “Producción de fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) en sistemas hidropónicos bajo invernadero en Zaachila, Oaxaca”. El objetivo de esta investigación fue evaluar tres sistemas de producción hidropónico, vertical, piramidal y horizontal, con el cultivo de fresa en invernadero, utilizando cuatro mezclas de sustratos para determinar el comportamiento de variables agronómicas, el rendimiento y calidad de fruta. El experimento se estableció con un diseño experimental completamente aleatorio, con arreglo factorial incompleto 3 x 4, el factor sistema hidropónico en tres niveles: piramidal, vertical y horizontal; y el factor sustrato en cuatro niveles: fibra de coco + turba + perlita (2:1:1); fibra de coco (1); fibra de coco + perlita (1:1); y olote (1).

Los resultados indican que el tratamiento horizontal-fibra de coco + turba + perlita presentó los valores más altos con diferencia significativa para biomasa, número de hojas, volumen de raíz, y área foliar. Lo anterior posiblemente se debió a que los factores ambientales como la intensidad lumínica, calidad de luz, fotoperiodo, temperatura, disponibilidad de agua y nutrientes fueron favorables. El número de hojas es una variable importante ya que en la parte superior de cada hoja existe una yema axilar que puede generar coronas laterales o estolones.

Pinheiro et al. (2022), en Brasil, publicaron el artículo científico Substrates Based on Carbonized Rice Husk Alter Strawberry Productivity in a Semi-Hydroponic System, con el objetivo de evaluar el desempeño productivo de la fresa cv. Albion cultivada en diferentes composiciones de sustrato bajo un sistema semihidropónico. La investigación se desarrolló mediante un diseño experimental en el que se compararon mezclas de sustratos con distintas proporciones de cascarilla de arroz carbonizada y sustrato comercial, evaluando variables relacionadas con el crecimiento, la productividad y la calidad de los frutos. Los resultados mostraron que el uso exclusivo de cascarilla de arroz carbonizada redujo el crecimiento de las plantas y el rendimiento del cultivo. En contraste, la mezcla que incorporó un 25 % de sustrato comercial permitió mantener niveles adecuados de productividad y calidad de los frutos. Se concluyó que la cascarilla de arroz carbonizada constituye una alternativa viable como componente del sustrato cuando se utiliza en combinación con sustrato comercial, favoreciendo la productividad del cultivo.

Guerrero et al. (2021) desarrollaron en Pasto, Colombia, el trabajo de investigación “Evaluación de variables físicas y químicas de sustratos orgánicos en un sistema hidropónico para fresa (*Fragaria ananassa* Duch)”, con el objetivo de evaluar las propiedades físicas y químicas de sustratos orgánicos como la fibra de coco, la cascarilla de arroz y sus combinaciones, para la producción de fresa en un sistema hidropónico. Se llevaron a cabo seis tratamientos con cuatro repeticiones: 100% cascarilla de arroz, una mezcla de 70% cascarilla de arroz y 30% fibra de coco, una mezcla equilibrada de 50% de cada sustrato, una mezcla de 70% fibra de coco y 30% cascarilla de arroz, 100% fibra de coco y un control en suelo con cubierta plástica.

Se realizó un análisis comparativo de los valores promedio obtenidos en las fases inicial y final del experimento, considerando variables físicas y químicas como densidad aparente, densidad real, humedad gravimétrica, granulometría, pH y conductividad eléctrica. Los resultados mostraron que el monitoreo de los sustratos al inicio y al final del experimento es esencial para garantizar un desarrollo óptimo del cultivo.

Guerrero (2017) desarrolló en Colombia la tesis “Evaluación de sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y sus mezclas bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa en una zona de municipio de Pasto”, con el objetivo de evaluar alternativas que permitan mejorar la producción y la calidad de la fresa variedad Albión. Se utilizó fibra de coco, cascarilla de arroz, solos y en mezcla, comparados con un testigo en suelo con cobertura plástica, evaluándose las variables número de hojas, número de frutos, variables físicas y químicas del fruto como peso, diámetro, longitud, contenido de sólido solubles, acidez titulable, pH índice de madurez y firmeza.

Se aplicó el DCA con 6 tratamientos y 4 repeticiones, con los tratamientos 100% cascarilla de arroz, mezcla 70% cascarilla de arroz, 30% fibra de coco, 50% de cada uno de los sustratos utilizados, mezcla 70% de fibra de coco y 30% cascarilla de arroz, 100% de fibra de coco y un testigo en suelo con cobertura de plástica. El tratamiento suelo obtuvo la mejor respuesta para la variable de rendimiento y una respuesta inferior para las demás variables, por el contrario, el tratamiento 100% cascarilla de arroz obtuvo un rendimiento inferior y una respuesta superior en las variables grado brix, firmeza, ácidos titulable y pH.

2.1.2. Nacionales

Jamanccay (2024) desarrolló en Cusco la tesis “Efecto del pH en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) en fitotoldo, San Jerónimo, Cusco” con el objetivo de determinar el efecto de tres niveles de pH: ligeramente ácido, neutro y ligeramente alcalino sobre el comportamiento agronómico, rendimiento y costo de producción de tres variedades de fresa: Aroma, Camino Real y San Andreas, en condiciones de fitotoldo. La investigación se desarrolló en condiciones de fitotoldo, utilizando el diseño en bloque completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial de 3A x 3B, 9 tratamientos, con 4 repeticiones que hace un total de 36 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, diámetro ecuatorial del fruto, índice de rentabilidad, longitud del fruto, longitud de raíz, número de frutos por parcela, peso del fruto por parcela. Se destaca entre las conclusiones que: para peso de fruto por planta, el tratamiento con sustrato de pH 7,60 con la aplicación de $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$ (dolomita) 300t/ha, considerado ligeramente alcalino, con la variedad Camino Real (T9), se tuvo un rendimiento de 1 078.250 g/parcela o 11,980.556 kg/ha es decir 11,980 t/ha ocupó el primer lugar superando el rango de producción promedio a nivel regional (Cusco: 3 – 10 t/ha); mientras que, para longitud y diámetro ecuatorial del fruto, el tratamiento con sustrato de pH 7,00 con la aplicación de $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$ (dolomita) 150t/ha, considerado neutro con la variedad Camino Real (T6), con 5,04 cm fue superior a los demás tratamientos. Con 3,71 cm ocupó el primer lugar, debido a las características genéticas de la variedad. En longitud de fruto y diámetro ecuatorial no se tuvo mayor variación entre las variedades de fresa en estudio.

Gutiérrez (2023) en Moquegua la tesis “Comportamiento de tres mezclas de sustrato sólido y dos variedades de fresa (*Fragaria annanasa*) en la producción semi hidropónica en el valle de Urubamba – Cusco”, en condiciones de invernadero en la ciudad de Urubamba, durante el año 2021. Se utilizó el DCA, con arreglo factorial 2 x 3 con tres repeticiones. Siendo los factores en estudio el Factor A: Variedad (Sabrina y San Andreas) y factor B: Sustrato (Cascarilla de arroz, mezcla de musgo + cascarilla de arroz y musgo). Los resultados mostraron diferencias estadísticas en el factor variedad, sobresaliendo, con superioridad estadística, la variedad Sabrina (Altura de planta: 28,92 cm; área foliar: 12 810,82 cm²; volumen radicular 112,64 cm³; peso de fruta: 20,63 g fruta-1y materia seca con 20,58 %). Respecto al factor B, se encontró que sobresalió el nivel B2 (Musgo + cascarilla de arroz) donde se encontró altura de planta: 29,96 cm;

volumen radicular 104,25 cm³; rendimiento: 45,53 t ha⁻¹; peso de fruta: 21,12 g fruta⁻¹. y materia seca con 23,23 %. La rentabilidad proyectada para todo el ciclo del cultivo fue de -12,6 % en el primer año, 43,4 % en el segundo y 27,3 % en el tercero.

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. Se empleó un 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. 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. 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

Apaico (2024) desarrolló en Huamanga la tesis “Influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (*Fragaria* × *ananassa*)” cuyo objetivo es evaluar la influencia de diferentes niveles de fertirriego y tipos de sustrato en la calidad comercial de la fresa Vr. Chandler. Se evaluaron parámetros físicos (color, diámetro longitudinal y diámetro transversal y peso), fisicoquímicas (pH, acidez, sólidos solubles, vitamina C y azúcares reductores) y funcionales (capacidad antioxidante y polifenoles totales) estudiando tres niveles de fertirriego (20%, 40% y 60%) en dos tipos de sustrato (tierra y arena), utilizando un diseño factorial 2K con 8 tratamientos replicados por triplicado. Se destaca entre los resultados que, tanto el tipo de sustrato como el fertirriego influyeron significativamente en las características físicas de las fresas, con diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$), color, peso, diámetro longitudinal y diámetro transversal.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sustrato agrícola

Un sustrato adecuado presenta 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.

2.2.1.1. Función

La función principal es proporcionar soporte físico al sistema radicular y favorecer la disponibilidad de agua, aire y nutrientes necesarios para el desarrollo vegetal, ya que son materiales orgánicos, inorgánicos o mezclas de ambos utilizados como medio de crecimiento para las plantas. Según Escalante y 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. De otra parte, Guita (2025) menciona 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; asimismo, Lucho y Ramírez (2025) mencionan que la selección de sustratos adecuados permite optimizar el manejo agronómico en sistemas sin suelo. Del mismo modo, Pérez et al. (2025) señalan 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.

2.2.1.2. Importancia

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. 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. 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. 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.

2.2.1.3. 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.

2.2.1.3.1. 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.

2.2.1.3.2. 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.

2.2.1.4.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 (2025), 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, Solórzano González & Talavera (2025) señalan que 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. Los autores destacan además que la cascarilla de arroz puede ser utilizada como componente sostenible en mezclas de sustratos agrícolas debido a su estabilidad y disponibilidad como residuo agroindustrial.

2.2.1.4.1. 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.

2.2.1.4.2. Propiedades químicas de la cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz presenta propiedades químicas favorables para su uso como sustrato agrícola. Según Solórzano González & Talavera (2025), este material posee baja salinidad y un pH moderadamente estable, condiciones que favorecen la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Asimismo, Ghita (2025) señala que 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.

2.2.2. Producción de fresa

2.2.2.1. Origen e importancia

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 y 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). De otra parte, Martínez et al. (2023) señalan que la fresa constituye uno de los cultivos 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. Sus frutos poseen alto contenido de vitamina C, compuestos antioxidantes, minerales y compuestos fenólicos beneficiosos para la salud humana (Pineda, 2025).

2.2.2.2. 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 y Villa, 2024).

En el contexto mundial, 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 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).

2.2.2.3. Taxonomía

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 carnoso comestible (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 × ananassa</i> Duch.
Variedad	Sabrina

Nota. Adaptado de Grados (2024).

2.2.2.4. Características botánicas de la fresa

La fresa es una planta herbácea perenne de porte bajo perteneciente a la familia Rosaceae, con sistema radicular fasciculado y superficial que facilita la absorción rápida de agua y nutrientes en sistemas de cultivo tecnificado (Escalante y 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 y Fischer (2024), las características morfológicas y fisiológicas de la fresa influyen directamente en su adaptación a diferentes condiciones ambientales y sistemas de producción protegida. 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. El desarrollo vegetativo de la planta depende del manejo agronómico, disponibilidad de nutrientes y condiciones del sustrato (Arias et al. (2022).

2.2.2.5. Características edafoclimáticas del cultivo

El cultivo de fresa 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).

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) menciona que la conductividad eléctrica del sustrato debe mantenerse en niveles moderados para evitar problemas de salinidad que afecten la absorción de agua y nutrientes.

El manejo adecuado de las condiciones edafoclimáticas influye directamente en parámetros de calidad como firmeza, acidez y contenido de sólidos solubles totales de los frutos, y los sistemas de producción protegida permiten mejorar el rendimiento y reducir pérdidas ocasionadas por lluvias intensas, heladas y variaciones térmicas. Ramírez y 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) destaca que el uso de ambientes protegidos mejora la uniformidad y calidad de los frutos destinados al mercado.

2.2.2.6. 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. 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 y 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).

2.2.2.7. Producción de fresas en macetas

La producción de fresa 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 radiculares. 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) menciona 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), reportaron que el cultivo de fresa en recipientes bajo ambientes protegidos permitió obtener frutos con mejores características de rendimiento, constituyéndose en una alternativa sostenible para pequeños productores.

2.2.2.8. 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, y Cerero (2023) señala que los fitotoldos favorecen el desarrollo de cultivos hortícolas al mantener condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa, especialmente en regiones con variabilidad climática; mientras que, Escalante y Huamani (2025) aseveran que, el uso de ambientes protegidos mejora la sostenibilidad agrícola y reduce pérdidas productivas ocasionadas por condiciones ambientales desfavorables.

2.2.2.9. Variedad Sabrina

La variedad Sabrina de fresa es ampliamente cultivada en sistemas de producción protegidos debido a sus características agronómicas y comerciales favorables, distinguiéndose por presentar plantas vigorosas, de crecimiento equilibrado y buena adaptación a diferentes condiciones ambientales, especialmente en cultivos bajo fitotoldo. 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 totales y equilibrio entre dulzor y acidez, cualidades importantes para la comercialización. 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.

2.2.3. 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 algunos parámetros físicos de los frutos de fresa, aseverada por diferentes autores.

Tabla 3:

Parámetros físicos y químicos de los frutos de fresa según autores

Parámetro de calidad	Descripción	Importancia en la calidad del fruto	Autor
Sólidos solubles totales (°Brix)	Concentración de azúcares presentes en el fruto.	Influye en el sabor y aceptación comercial.	López & Sánchez (2018)
Diámetro	Cantidad de ácidos orgánicos presentes en el fruto.	Define el equilibrio entre dulzor y acidez.	Pérez et al. (2017)
Longitud	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)

Nota. La tabla presenta los principales parámetros para evaluar la calidad física del fruto de fresa.

2.2.3.1. Peso de frutos de fresa

Masa individual de un fruto de fresa expresada en gramos (g), medida con una balanza analítica o de precisión después de retirar suelo/humedad superficial y antes de cualquier procesado. El peso se usa como indicador directo del rendimiento por fruto y del estado de desarrollo y llenado del órgano. La determinación del peso individual mediante balanza es la práctica estándar en estudios de calidad y rendimiento hortícola porque proporciona una medida cuantitativa y reproducible del tamaño energético del fruto (Kader, 2002). Para comparabilidad se recomienda medir a temperatura ambiente y anotar el número de frutos promediados por unidad experimental (Ranganna, 1986).

2.2.3.2. Diámetro de frutos de fresa

Medida de la anchura máxima del fruto perpendicular a la longitud (diámetro máximo) expresada en milímetros (mm), obtenida con calibre o vernier. Puede registrarse como diámetro longitudinal y/o transversal según la simetría del fruto. El diámetro, junto con la longitud, describe la forma (índice de forma = longitud/diámetro) y es usado para clasificar calibre comercial y estudiar efectos de manejos culturales sobre morfología. La medición con calibre digital asegura precisión en estudios comparativos (Kader, 2002). Se debe indicar si la medida es máxima o promedio y la orientación de medición.

2.2.3.3. Longitud de frutos de fresa

Distancia lineal máxima entre los dos extremos opuestos del fruto (p. ej., del ápice al pedúnculo) expresada en milímetros (mm), medida con un calibre (pie de rey) o regla digital. Se registra como medida individual o media de la muestra. La longitud constituye una dimensión geométrica básica del fruto usada para describir la forma y variaciones fenotípicas; su medición con calibre es simple, precisa y reproducible, y permite correlaciones con peso y diámetro para caracterizar conformación (Kader, 2002; Ranganna, 1986). Para control de sesgos, medir siempre en la misma orientación y registrar la muestra completa o submuestras representativas.

2.2.3.4. Sólidos solubles totales de frutos de fresa

Concentración de sustancias solubles (principalmente azúcares, además de ácidos orgánicos, aminoácidos y compuestos solubles) en el jugo del fruto, expresada en grados Brix (°Brix), equivalente aproximado al porcentaje de sólidos solubles por peso. Se mide con refractómetro óptico o digital a una temperatura controlada (normalmente 20 °C) y, si procede, se corrige por temperatura. Los SST (°Brix) son el indicador más usado de dulzor y madurez en frutas y correlacionan con aceptabilidad sensorial y contenido de azúcar. La metodología estándar emplea un refractómetro y procedimientos descritos en manuales de análisis y normas oficiales (Ranganna, 1986; AOAC). Para medidas representativas, se extrae el jugo de frutos homogéneos, filtrando si es necesario y registrar la temperatura de lectura o aplicar corrección automática del instrumento.

2.2.4. 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 & Caldoni (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.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque, tipo y nivel de investigación

3.1.1. Enfoque de investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se basó en la medición y análisis de datos numéricos obtenidos de los parámetros de calidad del fruto de fresa, tales como peso, diámetro, longitud y sólidos solubles totales de frutos de fresa. Los datos fueron analizados mediante procesamientos estadísticos para evaluar el efecto de los tratamientos aplicados (Apaico, 2024; Lopera et al., 2023).

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 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 peso de frutos de fresa, diámetro de frutos de fresa, longitud de frutos de fresa y sólidos solubles totales de frutos de fresa. 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

La Tabla 4 muestra la asignación de los sustratos a los tratamientos a evaluar que fueron distribuidos aleatoriamente; mientras que la Tabla 5 muestra la distribución aleatoria de las 24 unidades experimentales a los seis tratamientos.

Tabla 4:

Asignación de sustratos a los tratamientos

Clave	Tipos de Sustratos	%
T ₁	Fibra de coco	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	Testigo (tierra agrícola de zona de estudio)	100

Tabla 5:

Distribución de las unidades experimentales a los tratamientos

TRATAMIENTOS					
T3	T6	T2	T1	T5	T4
T6	T2	T1	T5	T4	T3
T2	T1	T5	T4	T3	T6
T2	T6	T1	T3	T4	T5

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 por maceta: 1; Número de plantas a evaluar: 24; Número de tratamientos: 6; Número de repeticiones: 4

3.1.7. Análisis estadístico de datos

En la presente investigación se aplicó una metodología basada en la estadística descriptiva, 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 en la siguiente fórmula:

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

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 10 meses (224 días), iniciando en el mes de febrero del año 2025 hasta el mes de diciembre de 2025, culminado el análisis de los 4 parámetros (peso, diámetro, longitud y sólidos solubles totales). La investigación se desarrolló en tres fases: Fase I (Pre activa), redacción y argumentación del proyecto de tesis, implementación del fitotoldo, adecuación de macetas, validación de equipos y presentación de proyecto de tesis a la EP-INAF. Fase II (Interactiva), trabajo de campo, Análisis preliminar de datos obtenidos, presentación de informes intermedios de avance de tesis. Fase III (Pos activa), Procesamiento de datos recolectados, discusión y elaboración y presentación del informe final.

3.2.2. Espacial

La presente investigación se desarrolló en el centro poblado de 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

Figura 1:

Ubicación del centro poblado de Intay – Luricocha



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo constituida por 24 plantines de fresa variedad Sabrina en condiciones de maceta bajo fitotoldo, en el distrito de Luricocha.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por la misma población de 24 plantines de fresa variedad Sabrina en condiciones de maceta bajo fitotoldo, en el distrito de Luricocha.

3.3.3. Muestreo

El tipo de muestreo fue el no probabilístico de tipo censal, debido a que se evaluó la totalidad de las unidades experimentales disponibles en el estudio.

3.3.4. Técnicas de recolección de datos:

La técnica de recolección de datos fue la observación directa mediante medición experimental, empleando métodos físicos-químicos e instrumentales en laboratorio para la evaluación de los parámetros de calidad del fruto.

Peso de los frutos de fresa

Se registró el peso promedio de los frutos mediante una balanza gramera a fin de calcular el rendimiento en peso, que es un indicador directo de la cantidad total producida.

Longitud de los frutos de fresa

La longitud, que es un indicador de calidad visual que impacta directamente en la aceptación del consumidor, se midió con la ayuda de un vernier de 150

mm, midiendo el lado más largo del fruto; los datos de cada fruto se fueron acumulando en cada evaluación, de tal manera que al final se realizó el promedio aritmético, tabulándose y haciendo los cálculos estadísticos. Cabe mencionar que, el tamaño está relacionado con la comercialización, ya que fresas más grandes suelen tener mayor valor.

Diámetro de los frutos de la fresa

El diámetro ecuatorial también se midió con ayuda de un vernier de 150 mm considerando la parte más ancha. Esta labor se realizó en cada evaluación y los resultados se registraron en un cuadro de registro de datos para realizar el promedio aritmético, tabulando dichos datos y haciendo los cálculos estadísticos.

Sólidos solubles totales (°Brix)

Indica la concentración de azúcares en el fruto. Estos grados Brix se midieron con un refractómetro, teniendo en consideración que, un valor alto de °Brix sugiere una fruta más dulce y sabrosa.

3.3.4.1. Instrumentos

Para la ejecución del experimento se utilizaron diversos materiales, equipos e instrumentos necesarios para la instalación, manejo agronómico y evaluación de las variables y productivas del cultivo de fresa (*Fragaria × ananassa Duch*), desarrollada en condiciones controladas, con la finalidad de garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos como el vernier digital de 150 mm, balanza gramera digital y refractómetro.

3.3.4.2. Materiales de laboratorio

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

3.3.4.3. Equipos e instrumentos

Balanza analítica – digital, Refractómetro óptico con corrección automática de temperatura, Vernier digital

3.3.4.4. Reactivos

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

3.4.Recolección de datos en gabinete

Los datos recolectados en campo fueron analizados y procesados en una laptop, mediante la herramienta del Excel para la obtención de los gráficos estadísticos de los indicadores de los 4 parámetros.

3.5.Procedimientos

3.5.1. Elección del área experimental

El área experimental fue elegida en la azotea de una casa en el sector Intay, distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho, La selección del área experimental se realizó el 20 de febrero del 2025, considerando criterios de accesibilidad, disponibilidad de espacio, condiciones que permitieran el desarrollo del cultivo bajo manejo controlado en condición de maceta bajo fitotoldo.

3.5.2. Preparación del área experimental

Para la preparación del área experimental, se procedió a la implementación de un fitotoldo, cuya estructura principal se construyó utilizando madera (chaclas de 2 x1) y tubos de plástico de ½ 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 proteger el cultivo contrarrestando el efecto de las corrientes de viento.

3.5.3. Preparación de las macetas

La preparación de las unidades experimentales se efectuó utilizando baldes de plásticos con capacidad de 20 L para las unidades experimentales del cultivo, los cuales fueron rotulados de acuerdo a los tratamientos establecidos. El acondicionamiento incluyó el pintado externo de color verde de los baldes, realizando a la vez perforaciones con broca de ½ con taladro eléctrico en la base, para garantizar un adecuado drenaje. Se colocó en la base de los baldes 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.

3.5.4. Siembra – trasplante de plántulas de fresa

La siembra se realizó el 30 de marzo 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 T1, T2, T3, T4 y T5 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

Ttto.	Sustratos	%	Dosis (sustratos)
T ₆	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 ₁	Fibra de coco	100	$0.010m^3$

Nota. En cada unidad experimental se estableció una planta, con el objetivo de asegurar un adecuado aprovechamiento de luz, agua y nutrientes.

3.6.Labores culturales

3.6.1. Riego

El riego se inició inmediatamente después del trasplante, realizándose de manera Inter diaria en horas de la mañana y/o por la tarde, mediante el método de aspersión manual utilizando una regadera manual, con la finalidad de evitar la erosión del sustrato y asegurar la adecuada humedad para establecimiento de las plántulas.

3.6.2. Control de malezas

El control de malezas se realizó durante el ciclo del cultivo, labor que 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, permitiendo también mejorar la aireación del sistema radicular y reducir la presencia de hospederos alternos de plagas y enfermedades.

3.6.3. Control fitosanitario

En control fitosanitario se realizó mediante 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.

3.6.4. Cosecha y recolección de los frutos

Para determinación de los parámetros de calidad del fruto de fresa (*Fragaria × ananassa Duch.*), tales como peso, diámetro, longitud y sólidos solubles totales, los frutos fueron recolectadas del área experimental correspondiente a los 6 tratamientos y sus 4 repeticiones.

La cosecha se efectuó en estado de madurez comercial, considerando criterios de uniformidad en color, tamaño y grado de desarrollo del fruto, teniendo en cuenta 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. Una vez en el laboratorio se procedió al pesaje de los frutos (g) de los diferentes tratamientos, utilizando una balanza gramera digital.

3.6.5. Evaluación post cosecha

3.6.5.1. Peso de fruto

Se utilizó el siguiente protocolo: 1. Selección de frutos según criterios de muestreo. 2. Eliminación de tierra y secado suavemente de la humedad superficial con papel absorbente. 3. Ajuste de la balanza a cero y colocado del fruto completo sobre la bandeja. 4. Registro del peso a la precisión del instrumento. Lo que se repitió para todos los frutos, calculando la media y desviación estándar por unidad experimental. En cuanto a criterios de muestreo: se realizó al azar 5 frutos por unidad experimental, sólo frutos sin daños mecánicos ni síntomas de enfermedad, y en el mismo estado fenológico de madurez (misma clase de color y firmeza).

3.6.5.2.Longitud de fruto

Se utilizó el siguiente protocolo: 1. Selección de frutos según criterios de muestreo. 2. Colocado del fruto sobre superficie plana en orientación consistente (eje mayor horizontal). 3. Medición de la distancia lineal máxima entre los dos extremos opuestos (ápice a zona del pedúnculo) con el calibre. 4. Anotación de la medida individualmente, repitiendo para todos los frutos. 5. Cálculo de la media y desviación estándar por unidad experimental. En cuanto a criterios de muestreo: lo mismo que para peso, asegurando mediciones en frutos con pedúnculo intacto o de haberse retirado se aplicó regla consistente (midiendo hasta el extremo del pedúnculo cortado).

3.6.5.3.Diámetro de fruto

Se utilizó el siguiente protocolo: 1. Selección de frutos según criterios de muestreo. 2. Colocado del fruto en orientación perpendicular a la longitud. 3. Medición de la anchura máxima (diámetro) con el calibre; cuando se encontró fruto asimétrico, se registró diámetro mayor y menor, promediando ambas medidas. 4. Registro de cada medida, calculando la media y desviación estándar por unidad experimental. En cuanto a criterios de muestreo, los mismos que para peso y longitud, especificando el uso de diámetro máximo único o promedio de dos ejes.

3.6.5.4.Sólidos solubles totales (SST) de frutos de fresa

Se utilizó el siguiente protocolo: 1. Selección de frutos según criterios de muestreo, usando frutos sin daños y en un mismo grado de madurez. 2, Extracción de jugo, triturando la fruta limpia y homogénea en mortero, filtrando en los casos de pulpa gruesa. 3. Calentamiento a la temperatura de referencia del refractómetro (preferiblemente 20 °C). 4.Colocacion de una gota de jugo sobre la superficie del prisma del refractómetro, cerrando y leyendo °Brix tras estabilización, limpiando el prisma entre las mediciones, repitiendo 2–3 lecturas por muestra y registrando el promedio. 5. Cálculo de la media y desviación estándar por unidad experimental. En cuanto a criterios de muestreo, se tomó jugo compuesto por mezcla homogénea de cinco frutos por unidad experimental para representar el tratamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. En respuesta al objetivo general

Determinar el efecto de cinco sustratos sobre la producción de fresa Var. 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	Peso (g)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	SST (°Brix)
T1	10.18 d	24.68 a	30.49 a	5.775 a
T2	18.48 b	29.64 a	29.64 a	9.825 a
T3	13.24 c	27.51 a	33.42 a	8.225 a
T4	21.67 a	28.15 a	33.04 a	9.700 a
T5	16.61 b	30.98 a	40.90 a	9100 a
T6	10.50 c	25.59 a	32.28 a	7.400 a

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

4.1.1.1. Análisis detallado de resultados consolidados

El hallazgo estadístico más trascendental de la Tabla 7 es que el sustrato influye decisivamente en la acumulación de biomasa (Peso), pero no altera de forma significativa la morfología ni la calidad química final al 95% de confianza.

PESO DEL FRUTO (Rendimiento Comercial): Es la única variable con diferencias estadísticas significativas.

El T4 domina la prueba (21.67 g, grupo a), seguido por un segundo escalón formado por T2 y T5 (grupos b). Los sustratos T3, T6 y T1 resultaron en frutos pequeños, siendo T1 el peor evaluado (10.18 g, grupo d).

SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (Calidad Organoléptica / °Brix): Aunque estadísticamente todos comparten la letra a (debido a la varianza experimental), numéricamente el T2 (9.825 °Brix) y el T4 (9.700 °Brix) alcanzan niveles de dulzor excepcionales, superando holgadamente el mínimo comercial de 7 °Brix. Por el contrario, el T1 (5.775 °Brix) produciría frutos ácidos e insípidos.

DIÁMETRO Y LONGITUD (Morfología): No hubo significancia estadística (todos grupos a); sin embargo, destaca el T5, que numéricamente genera el fruto de mayor calibre y más alargado (30.98 mm x 40.90 mm). En contraste, el T2 genera frutos más cortos y cónicos (29.64 mm de longitud).

4.1.1.2. Identificación del sustrato con mayor influencia

El sustrato con mayor influencia positiva sobre la calidad comercial integral es, indiscutiblemente, el T4, cuya justificación Agronómica radica en que, en el cultivo de fresa, el peso es el principal determinante del rendimiento económico por hectárea y de la categoría comercial (Calibre Extra o Grande). El T4 es el único tratamiento que logra el peso máximo estadístico (21.67 g) manteniendo simultáneamente un dulzor excepcional (9.70 °Brix, el segundo más alto) y dimensiones equilibradas. Logra el equilibrio fisiológico perfecto entre cantidad (biomasa) y calidad (sabor), superando al T5 que, aunque es más grande visualmente, es menos denso/pesado, y al T2 que, aunque es más dulce, es más pequeño.

4.1.1.3. Aplicación Recomendada por Sustrato (Destino Comercial)

Basado en el perfil organoléptico y físico de cada tratamiento, se dictamina su viabilidad económica para Luricocha:

T4 (Sustrato Premium): Mercado de Exportación y Fresco Gourmet. Su alto peso y excelente Brix cumplen con los estándares más exigentes de supermercados internacionales y cadenas nacionales premium.

T2 (Sustrato Agroindustrial): Industria de Mermeladas, Conservas y Postres. Posee el mayor dulzor (9.825 °Brix), lo que reduce drásticamente el costo de azúcar añadido durante el procesamiento industrial, sumado a un peso muy aceptable.

T5 (Sustrato de Apariencia Visual): Mercado de Fresco Local / Ferias. Produce frutos de gran impacto visual por su tamaño (mayor diámetro y longitud). Ideal para venta directa en mercados de abastos donde el tamaño visual a veces prima sobre el peso específico.

T3 (Sustrato de Subsistencia): Autoconsumo o Venta de Proximidad. Rendimientos y calidad intermedios que no justifican los costos de certificación para exportación, pero útiles para mercados locales no exigentes.

T6 (Sustrato de Descarte Fresco): Industria de Jugos, Néctares y Pulpa. Su bajo peso lo descarta para el mercado en fresco, pero su Brix (7.4) es aceptable para extracción de líquidos.

T1 (Sustrato No Viable): Descarte Técnico. Presenta el menor peso y un Brix (5.77) que resulta en frutos ácidos. No es rentable bajo ninguna modalidad comercial y debe ser descartado.

4.1.2. En respuesta a los objetivos específicos

4.1.2.1. Respondiendo al objetivo específico 1

Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el peso de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha.

4.1.2.1.1. Planteamiento de Hipótesis Estadísticas

Para atender el primer objetivo específico ("Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el peso de frutos ..."), se plantean las siguientes hipótesis:

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

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

Tabla 8:

Análisis de Varianza para el peso de frutos de fresa

FV	SC	GL	CM	FC	FT
Tratamientos	1033.87	5	206.77	3.84	2.77
Error	968.54	18	53.81		
Total	2002.41	23			

Nota. Coeficiente de Variación (CV) = **54,12 %**.

4.1.2.1.3. Decisión estadística

La F Calculada (3,84) es mayor que la F Tabulada (2,77), por lo que se rechaza H_0 . Dicho de otra manera, el ANVA también arroja un valor de probabilidad o p-valor = 0.0128. La regla de decisión indica que si el p-valor es menor al nivel de significancia ($\alpha=0.05$), se rechaza H_0 . Dado que el valor de la probabilidad (**p-valor = 0.0128**) es estrictamente menor al nivel de significancia (0.05), se rechaza H_0 y se acepta la Hipótesis Alternativa (H_a). Esto indica que sí existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (sustratos) evaluados.

El p-valor de 0.0128 indica que existe apenas un 0.01% de probabilidad de haber obtenido estos resultados asumiendo que los sustratos no tienen ningún efecto (es decir, asumiendo que la H_0 es cierta). Como esta probabilidad es extremadamente baja (mucho menor al 5% de margen de error que estamos dispuestos a asumir), se concluye que los sustratos sí afectan el peso de fruto de fresa. Al rechazar la Hipótesis Nula (H_0), se acepta la Hipótesis Alternativa (H_a). Esto nos obliga a concluir que al menos uno de los cinco sustratos evaluados produce un nivel de peso de fruto estadísticamente diferente a los demás en los frutos de fresa Var. Sabrina. Dado que el ANVA dice que "hay diferencias", pero no nos dice "entre cuáles tratamientos están esas diferencias", es obligatorio proceder con la Prueba de Comparación de Medias (Tukey al 5%).

Magnitud del Efecto: La F calculada de 3.84 supera en un 38.6% a la F tabulada, lo que indica un efecto biológico relevante; sin embargo, el Coeficiente de Variación

(54.12%) es relativamente alto, lo cual es común en variables de producción frutal donde existe heterogeneidad natural entre plantas; esto sugiere que, aunque hay diferencias significativas, hay otros factores ambientales o genéticos dentro de la variedad Sabrina que también aportan variabilidad.

4.1.2.1.4. Prueba de comparación de Medias (Tukey al 5%)

Dado que el ANVA fue significativo, Infostat procede a realizar una prueba de comparación múltiple de medias. La Tabla 10 muestra la prueba de Tukey para identificar qué tratamientos difieren entre sí. Diferencia Mínima Significativa (DMS): 12.23 g (*Valor crítico calculado con $q_{0.05(6,18)} \sim 4.49 q_{0.05(6,18)} \sim 4.49$*).

Tabla 9:

Prueba de comparación de medias Tukey para peso de frutos de fresa

Tratamiento	Media de peso de frutos (g)	Agrupación Tukey
T4	21,67	a
T2	18.48	b
T5	16.61	b
T3	13.24	c
T6	10.50	c
T1	10.18	d

Nota: Las medias que comparten la misma letra (a, b) no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí. La media General= 13.57 g

4.1.2.1.5. Análisis detallado

A. Identificación del sustrato superior

El Tratamiento 4 (T4) obtuvo el mayor peso promedio de frutos (21.67 g), ubicándose en el grupo estadístico superior ("a").

Significancia Biológica: T4 supera numéricamente a todos los demás tratamientos. Sin embargo, debido a la variabilidad experimental (reflejada en la DMS de 12.23 g), solo logra separarse estadísticamente de los tratamientos con medias bajas (T1 y T6).

Interpretación Agronómica: El sustrato correspondiente a T4 presenta las condiciones físicas, químicas o biológicas más favorables para la acumulación de biomasa en el fruto de la variedad Sabrina bajo fitotoldo. Se posiciona como la opción técnica recomendada, aunque su superioridad frente a T2 y T5 es numérica pero no estadística.

B. Formación de Grupos Intermedios y Solapamiento

Se observa un solapamiento extenso entre los grupos "ab", "abc" y "bc". Los tratamientos T2 (18.48 g), T5 (16.61 g) y T3 (13.24 g) comparten letras con T4 y/o con los tratamientos inferiores. Esto indica que existe un gradiente de respuesta más que categorías discretas. La transición entre un sustrato "bueno" y uno "regular" es gradual.

Relevancia Práctica: T2 y T5 pueden considerarse alternativas viables a T4. Si T4 tiene limitaciones económicas o de disponibilidad, T2 (con una media solo 3.19 g menor) ofrece un rendimiento estadísticamente equivalente. Esto es crucial para la discusión de la tesis en términos de relación costo-beneficio.

C. Identificación de Sustratos Inferiores

Los tratamientos T1 (10.18 g) y T6 (10.50 g) conforman el grupo homogéneo inferior ("c") y son estadísticamente diferentes a T4.

Magnitud de la Pérdida: Respecto al mejor tratamiento (T4), T1 y T6 representan una reducción del 53% y 51% en el peso del fruto, respectivamente. Esta diferencia sí es biológicamente y económicamente relevante.

Diagnóstico: Estos sustratos probablemente presentan limitaciones severas (drenaje deficiente, baja retención de humedad, desbalance nutricional o fitotoxicidad) que restringen el llenado de frutos. Deben ser descartados para la producción comercial de esta variedad en las condiciones de Luricocha. En la Figura 2 se presenta la comparación de medias de Tukey al 5% para la variable Peso de frutos.

Figura 2:

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable peso de fruto.

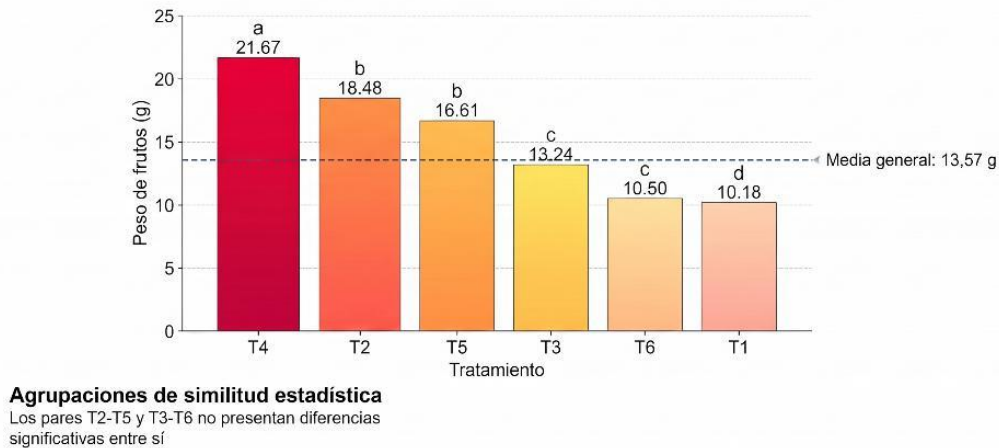
Prueba de comparación de medias (Tukey) para el Peso de frutos de fresa

T4 lidera con el mayor peso promedio

Con 21,67 g, el tratamiento T4 es el único en el grupo estadístico superior

Superación de la media general

Los tratamientos T4, T2 y T5 logran resultados por encima del promedio del estudio. (13,57 g)



Nota. Cada barra representa la media aritmética del peso de fruto (g) para cada uno de los seis tratamientos.

Interpretación de la Figura 2:

Las Barras de Error (Líneas verticales con un trazo horizontal en la punta): Estas líneas sobre cada barra representan la **variabilidad** (desviación estándar o error estándar) de los datos dentro de cada tratamiento. Indican qué tan dispersos estuvieron los datos de las repeticiones.

Las Letras (a, b) sobre las barras: Este es el elemento más importante del gráfico de Tukey. Las letras indican la **agrupación estadística**, donde se tiene como **regla de oro** que cuando las barras comparten la misma letra, **NO** tienen diferencias estadísticamente significativas entre sí.

- El **T4** ostenta la letra "**a**", confirmando que es el tratamiento con mayor peso de frutos y que es estadísticamente superior.
- Los tratamientos **T2 y T5** comparten la letra "**b**". Esto demuestra que, a pesar de que sus promedios numéricos varían ligeramente (por ejemplo, 18.48 g en T2 frente a 16.61g en T5), para la estadística estos valores son tan cercanos que se comportan como un solo grupo homogéneo.
- Los tratamientos **T3 y T6** comparten la letra "**b**". Esto demuestra que, a pesar de que sus promedios numéricos varían ligeramente (por ejemplo, 13.24 g en T3 frente a

10.50g en T6), para la estadística estos valores son tan cercanos que se comportan como un solo grupo homogéneo.

- El tratamiento **T1** muestra el menor rendimiento (10.18 g) diferente a todos los tratamientos

Ejes y Título: El eje Y (peso g) está escalado desde 0.0 hasta 25.0 para dar una proporción visual adecuada, y el eje X identifica claramente cada sustrato evaluado bajo fitotoldo. Se evidencia que T4 presenta el mayor peso promedio de fruto (21,67g), diferenciándose estadísticamente ($p < 0.05$) del resto de los tratamientos evaluados, con su propio grupo (letra 'a'). Esto indica que las propiedades físicoquímicas del sustrato de T4 favorecieron de manera única la acumulación de biomasa en los frutos de fresa Var. Sabrina.

4.1.2.2. Respondiendo al objetivo específico 2

Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el diámetro de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha.

4.1.2.2.1. Planteamiento de hipótesis estadístico

Para atender el segundo objetivo específico ("Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el diámetro ..."), se plantean las siguientes hipótesis:

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

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

Tabla 10:

Análisis de Varianza para el diámetro de frutos de fresa

FV	SC	GL	CM	FC	FT
Tratamientos	113.4202	5	22.6840	0.8370	2.7729
Error	487.8496	18	27.1028		
Total	0.8533	23	601.2697		

Nota. Coeficiente de Variación (CV) = **18,75 %**.

4.1.2.2.3. Significancia estadística

A. Comparación de la F Calculada vs. F Tabulada

Para determinar la significancia estadística, comparamos el estadístico de Fisher calculado por el modelo con el valor crítico de la tabla de distribución F de FisherSnedecor para $\alpha = 0.05$, con 5 grados de libertad en el numerador (tratamientos) y 18 en el denominador (error).

F Calculada (F_c): 0.8370

F Tabulada (F_t): 2.7729

Regla de Decisión: Si $F_c > F_t$, se rechaza la H_0

En este caso, $0.8370 < 2.7729$. Al ser la F calculada considerablemente menor que la F tabulada, la variabilidad explicada por los sustratos es mínima en comparación con la variabilidad natural (error) dentro de las propias macetas.

B. Análisis del p-valor

El p-valor obtenido es 0.5406. Dado que este valor es ampliamente superior al nivel de significancia establecido ($0.5406 > 0.05$), confirma que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los tratamientos alteraron el diámetro de la fresa.

C. Evaluación de las Medias y el Error Experimental

Al observar los promedios descriptivos de los tratamientos, encontramos que: El T5 registró el mayor diámetro promedio (30.98 mm). El T1 registró el menor diámetro promedio (24.68 mm).

Aunque numéricamente hay una diferencia de más de 6 mm entre el mejor y el peor tratamiento, el Cuadrado Medio del Error (27.1028) es inusualmente alto en relación con la Suma de Cuadrados de los Tratamientos. Esto indica que hubo una alta dispersión de los datos (varianza) dentro de cada tratamiento (por ejemplo, el T4 tuvo frutos de 21.59mm, pero también de 42.32 mm). Esta heterogeneidad dentro de la misma unidad experimental es la responsable estadística de que las diferencias entre medias no sean significativas.

D. Confiabilidad del Ensayo (Coeficiente de Variación)

El CV de 18.75% es aceptable para ensayos agronómicos bajo fitotoldo y en macetas, donde factores microclimáticos individuales o de genética de la planta pueden influir en el calibre del fruto. Indica que el error experimental estuvo dentro de los márgenes tolerables para este tipo de investigaciones.

E. Decisión estadística

Dado que la F calculada es menor que la F tabulada y el p-valor es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula (H_0)

Figura 3:

Efecto de cinco sustratos sobre el diámetro de frutos de fresa var. Sabrina.



Nota. La letra "a" idéntica en las seis barras es correcta y coherente con el ANOVA ya que al aceptarse H_0 , todos los tratamientos pertenecen al mismo grupo homogéneo.

4.1.2.3. Respondiendo al objetivo específico 3

Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre la longitud de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha.

4.1.2.3.1. Planteamiento de Hipótesis Estadísticas

Para atender el primer objetivo específico ("Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre la longitud..."), se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (Ho):** Los diferentes sustratos no producen diferencias significativas en la longitud promedio de los frutos de fresa
- **Hipótesis Alternativa (Ha):** Al menos uno de los sustratos genera un efecto diferente (significativo) en la longitud de los frutos de fresa.

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

Tabla 11:

Análisis de Varianza para la longitud de frutos de fresa

FV	SC	GL	CM	FC	FT
Tratamientos	284.3040	5	56.8608	1.34	2,77
Error	761.3877	18	42.2993		
Total	1045.6917	23			

Nota. Coeficiente de Variación (CV) = **19.15%**. En investigaciones agrícolas bajo ambientes controlados (como macetas bajo fitotoldo), generalmente se esperan Coeficientes de Variación bajos (idealmente menores al 10% o 15%). Un CV del 19.15% se considera moderadamente alto para este tipo de condiciones.

4.1.2.3.3. Decisión estadística

Análisis del p-valor: El p-valor es 0.2909 lo cual es mucho menor que 0.05. Dado que este valor es mucho mayor que el nivel de significancia establecido ($0.2909 > 0.05$), no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que las diferencias entre los grupos sean reales y no producto del azar.

La F calculada ($F_c = 1.34$) es el resultado de dividir el Cuadrado Medio de los Tratamientos (56.86) entre el Cuadrado Medio del Error (42.30). Este valor se compara con la F tabulada o crítica ($F_t=2.77$), obtenida de las tablas de distribución F de Fisher-Snedecor para $\alpha=0.05$, con 5 grados de libertad en el numerador y 18 en el denominador. Como $F_c (1.34) < F_t (2.77)$, se acepta la hipótesis nula.

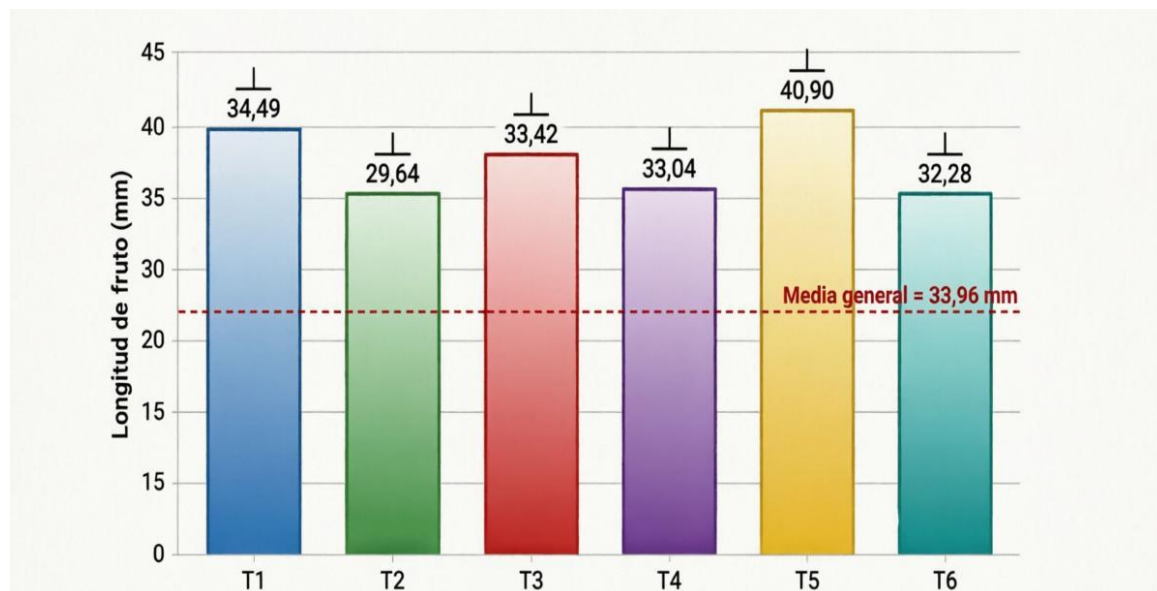
4.1.2.3.4. Evaluación del error experimental

El Cuadrado Medio del Error ($CM_{\text{error}} = 42.30$) es alto en relación con las diferencias de las medias. Esto indica que existe una alta dispersión o variabilidad interna (heterogeneidad) dentro de cada maceta o bloque repetido por cada sustrato.

Esta "ruido" experimental es la razón principal por la cual el tratamiento T5, que numéricamente alcanzó la mayor longitud (40.90 mm), no logra destacar como estadísticamente superior frente a los demás (como el T2 con 29.64 mm).

Figura 4:

Efecto de cinco sustratos sobre la longitud de frutos de fresa var. Sabrina



Nota. La superposición de los intervalos de error estándar y la asignación de una misma letra de significancia (a) a todos los tratamientos es consistente con el ANDEVA

4.1.2.3.5. Interpretación técnica de la Figura 4

- a) Lectura descriptiva** El gráfico ordena los tratamientos como T5 (40,90 mm) > T1 (34,49) > T3 (33,42) > T4 (33,04) > T6 (32,28) > T2 (29,64). El T5 se sitúa 6,94 mm por encima de la línea roja de la media general (+20,4 %), mientras que el T2 queda 4,32 mm por debajo (-12,7 %); T1, T3, T4 y T6 se agrupan prácticamente sobre la línea de media general ($\pm 1,7$ mm), evidenciando un comportamiento homogéneo entre ellos.
- b) Lectura inferencial (coherencia con el ANDEVA).** Los intervalos $\pm$ EE ($\pm 3,25$ mm) se superponen ampliamente entre barras: el intervalo del T5 (37,65–44,15) apenas roza el límite superior del T1 (37,74) y el del T2 (26,39–32,89) se traslapa con casi todos los demás. Esa superposición es la expresión gráfica de $F_{\text{calc.}} = 1,34 < F_{\text{tab.}} = 2,77$ ($p = 0,291 > 0,05$): la variabilidad entre sustratos no supera a la variabilidad dentro de los sustratos. Incluso el par más distanciado

(T5 vs T3, diferencia = 7,48 mm) arroja un $t = 1,63 < t(0,025;18) = 2,10$, por lo que ninguna comparación alcanza significancia. En consecuencia, la prueba de comparación múltiple asignaría la misma letra "a" a los seis tratamientos, como muestra el gráfico: estadísticamente forman un solo grupo.

4.1.2.4.Respondiendo al objetivo específico 4

Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre los sólidos solubles totales de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha.

4.1.2.4.1. Planteamiento de Hipótesis Estadísticas

Para atender el primer objetivo específico ("Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre los sólidos solubles totales..."), se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (Ho):** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos sobre los solubles totales de los frutos de fresa
- **Hipótesis Alternativa (Ha):** Al menos uno de los sustratos influye de manera diferente, existiendo diferencias significativas en los sólidos solubles de los frutos.

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

Tabla 12:

Análisis de Varianza para los sólidos solubles totales de frutos de fresa

FV	SC	GL	CM	FC	FT
Tratamientos	48.4338	5	9.6867	2.87	2,77
Error	60.8025	18	3.3779		
Total	109.2363	23			

Nota. Coeficiente de Variación (CV) = **22.04%**.

Medias por Tratamiento:

T1: 5.78 °Brix; T2: 9.83 °Brix (Mayor promedio); T3: 8.23 °Brix; T4: 9.70 °Brix; T5: 9.10 °Brix; T6: 7.40 °Brix

4.1.2.4.3. Análisis detallado de los resultados

A. Evaluación de la F Calculada vs. F Tabulada:

- **F Calculada (F_c):** El valor obtenido es de **2.87**.
- **F Tabulada (F_t):** Buscando en las tablas de distribución F de Fisher con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), con 5 grados de libertad en el numerador (Tratamientos) y 18 grados de libertad en el denominador (Error), el valor crítico (F tabulada) es de **2.77**.
- **Comparación:** Se observa que $F_c (2.87) > F_t (2.77)$. Esto indica que la variabilidad existente *entre* los diferentes sustratos es significativamente mayor que la variabilidad natural *dentro* de cada tratamiento (error experimental).

B. Evaluación del p-valor (Probabilidad):

- El **P-valor es 0.0448**. Dado que este valor es menor que nuestro nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), confirma matemáticamente que existen diferencias estadísticas reales.

C. Evaluación del Coeficiente de Variación (CV = 22.04%):

En ensayos agronómicos con frutillas bajo fitotoldo, un CV del 22.04% es considerado **de magnitud media**. Esto sugiere que, aunque el experimento es válido, existe cierta heterogeneidad natural. Esto suele deberse a factores microclimáticos dentro del macrotúnel, diferencias fisiológicas individuales entre las plantas de fresa, o variaciones en la madurez exacta de los frutos al momento de la cosecha y medición del refractómetro (°Brix).

D. Prueba de Hipótesis y Conclusión

- **Decisión Estadística:** Dado que $FC (2.87) > FT (2.77)$ y el **P-valor (0.0448) < 0.05**, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la Hipótesis Alternativa (H_1).
- **Recomendación Estadística Siguiendo (Post-Hoc)** El ANOVA nos confirma que *hay* diferencias, pero no nos dice *cuáles* sustratos son estadísticamente diferentes entre sí (por ejemplo, si T2 es igual o superior a T4).

4.1.2.4.4. Prueba de Comparación de Medias (Tukey al 5%)

Como que el ANOVA fue significativo, Infostat 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 13:

Prueba de comparación de medias Tukey para sólidos solubles totales de frutos de fresa

Tratamiento	Media (°Brix)	Agrupación Tukey
T2	9.825	a
T4	9.700	a
T5	9.100	a
T3	8.250	a
T6	7.400	a
T1	5.775	a

Nota: Las medias que comparten la misma letra no tienen diferencias significativas. Esto se explica debido a que, *DMS Tukey* ~ 4.13 °Brix

4.1.2.4.5. Análisis detallado de los resultados

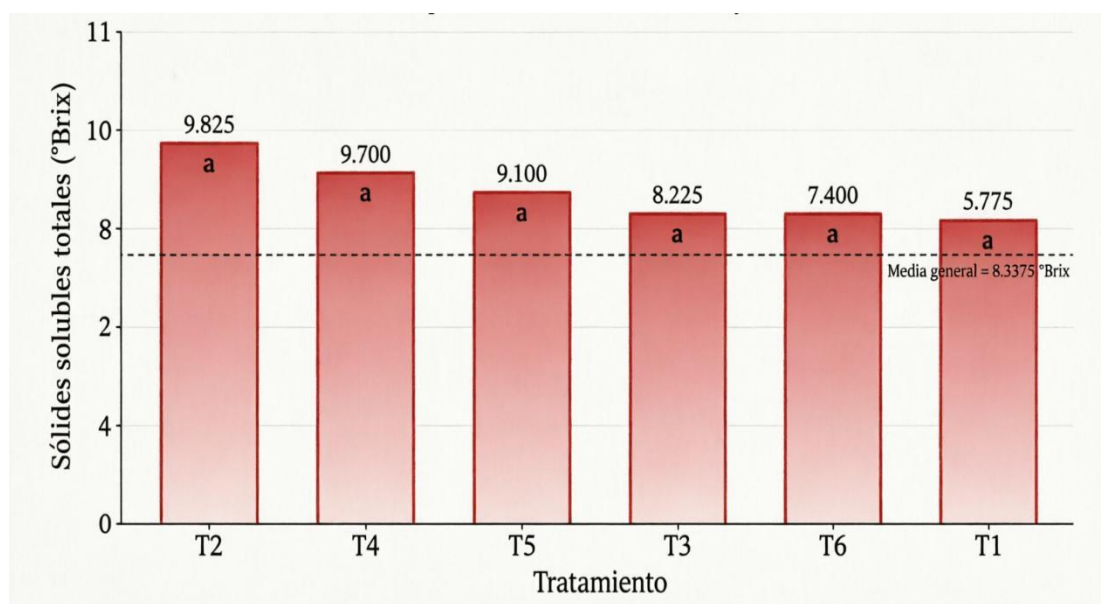
El ANOVA previo indicó que existe un efecto global significativo de los tratamientos, con $FC = 2,87$; mientras que $FT = 2,77$ y además: $p = 0,0448 < 0.05$, motivo por el cual se rechazó la hipótesis nula global; sin embargo, la prueba de Tukey es más exigente que el ANOVA global, porque corrige por las 15 comparaciones simultáneas entre pares de tratamientos. Esto hace que la diferencia mínima necesaria para declarar significancia sea más alta.

En este caso, la diferencia crítica de Tukey fue 4.13 °Brix, de tal manera que, la mayor diferencia observada fue entre T2 y T1: $T2 - T1 = 9.825 - 5.775 = 4.050^\circ \text{ Brix}$, esta diferencia es biológica y agronómicamente importante, porque representa casi 4 grados Brix más en sólidos solubles, lo cual implica mayor dulzura y mejor calidad organoléptica del fruto; sin embargo, estadísticamente queda ligeramente por debajo del umbral de Tukey: $4.050 < 4.13$, por esa razón, no se declara significativamente diferente al 95% bajo Tukey, algo similar ocurre con: $T4 - T1 = 9.700 - 5.775 = 3.925^\circ \text{ Brix}$, donde también hay una diferencia alta, pero no supera la DMS de Tukey. Los tratamientos T2, T4 y T5 muestran las medias más altas: T2: 9.825 °Brix; T4: 9.700 °Brix; T5: 9.100 °Brix; Mientras que T1 muestra la media más baja: T1: 5.775 °Brix

Por lo tanto, desde el punto de vista agronómico, existe una tendencia clara: T2, T4 y T5 favorecen una mayor concentración de sólidos solubles, mientras que T1 muestra el peor comportamiento. No obstante, estadísticamente, con Tukey al 95%, no se puede afirmar que algún par específico sea significativamente diferente. La Figura 5 presenta los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable sólidos solubles totales. Es importante mencionar que la DMS es relativamente alta (12.23 g) que impide separar claramente a T4 de T2/T5, es consecuencia directa del alto Coeficiente de Variación (CV= 54.12%).

Figura 5:

Comparación de medias Tukey para sólidos solubles totales



Nota. Aunque el ANOVA global fue significativo, la prueba de Tukey no identificó pares de tratamientos con diferencias estadísticamente significativas al 95% de *confianza*.

4.2. Discusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio revelan que el tipo de sustrato ejerce una influencia selectiva sobre la calidad del fruto de *Fragaria ananassa* Var. Sabrina: afecta significativamente la acumulación de biomasa (peso) y la concentración de sólidos solubles totales, pero no la morfología del fruto (diámetro y longitud), considerando las condiciones andinas de Luricocha, similar a lo reportado por García (2023), quien al utilizar sustratos como fibra de coco consiguió mejores resultados en número, peso y diámetro polar-ecuatorial de fruto de fresa.

4.2.1. Peso de frutos

El efecto significativo de los sustratos sobre el peso ($F_c = 3.84 > F_t = 2.77$; $p = 0.0128$), con la supremacía estadística del T4 (21.67 g), este resultado supera lo reportado por Gutiérrez (2023), quien, al evaluar factores en estudio, Factor A: Variedad (Sabrina y San Andreas) y factor B: Sustrato (Cascarilla de arroz, mezcla de musgo + cascarilla de arroz y musgo), encontró que, los resultados mostraron diferencias estadísticas en el factor variedad, sobresaliendo, con superioridad estadística, la variedad Sabrina con respecto a peso de fruta: 20,63 g fruta⁻¹, de tal manera que, es el sustrato el factor que en mayor proporción influye en la variabilidad del rendimiento y del tamaño comercial del fruto, debido a su influencia directa sobre la aireación radicular y la disponibilidad hídrica; siendo importante mencionar que, la heterogeneidad natural de la variedad Sabrina, sumada a las condiciones bajo fitotoldo, genera una dispersión importante dentro de cada repetición. Se resalta que T2 y T4 muestran el mayor potencial productivo, pero que la variabilidad biológica requiere un mayor número de repeticiones para confirmar diferencias significativas.

En la misma línea, García & Cruz (2023) señalaron que los sustratos con equilibrio adecuado entre retención de humedad y porosidad total maximizan el llenado del fruto en fresa, lo cual sustenta fisiológicamente el desempeño superior del T4 en el presente estudio; asimismo, Gaspar (2024) argumentó que las limitaciones físicas de un sustrato (compactación, baja retención o desbalance nutricional) se traducen inmediatamente en frutos de menor biomasa, encontró también que el tamaño de maceta influye estadísticamente en el peso promedio de los frutos, de manera que, la maceta de 10 L obtuvo un peso promedio de 15,12 g, esta premisa coincide con la reducción del 51–53 % en el peso observado en T6 y T1 respecto al T4, y respalda su descarte técnico para producción comercial en Luricocha.

4.2.2. Diámetro

La ausencia de diferencias significativas en diámetro ($F_c = 0.837 < F_t = 2.773$; $p = 0.5406$) coincide con el planteamiento de Hancock (1999), quien establece que el tamaño y la forma del fruto en *Fragaria* son caracteres de alta heredabilidad, fuertemente determinados por la genética de la variedad; en consecuencia, la Var. Sabrina mantuvo su patrón morfológico cónico-alargado con independencia del sustrato, y el ambiente solo moduló la biomasa acumulada. No obstante, estos resultados contrastan con los de Cerero (2023), quienes reportaron diferencias significativas de calibre entre sustratos, y con Guerrero et al. (2021), quienes documentaron variaciones significativas en las dimensiones del fruto bajo distintos medios de cultivo. La discrepancia se explica metodológicamente: en dichos estudios el control ambiental fue más estricto y el tamaño muestral mayor, mientras que en la presente investigación la alta varianza intra-tratamiento ($CM_{error} = 27.10$ y 42.30) diluyó el efecto de los sustratos, fenómeno propio de ensayos en macetas bajo fitotoldo donde el microclima individual de cada planta introduce "ruido" experimental.

4.2.3. Longitud

El presente estudio reportó que no hubo significancia estadística entre los tratamientos (todos en grupo a); sin embargo, destaca el T5, que numéricamente genera el fruto de mayor calibre y más alargado (30.98 mm x 40.90 mm). Cabe mencionar que, aunque no se alcanzó el umbral conservador de Tukey, si se posee relevancia biológica y agroindustrial innegable: la no significancia estadística no debe interpretarse como irrelevancia agronómica. En contraste, el T2 genera frutos más cortos y cónicos (29.64 mm de longitud), longitud, menor a lo reportado por Jamanccay (2024), quien al utilizar sustrato de pH = 7.00 con la aplicación de $CaCO_3MgCO_3$ (dolomita) reportó 50.4 mm de longitud para fruto de fresa. La discrepancia se explica metodológicamente, puesto que en dichos estudios el control ambiental fue más estricto y el tamaño muestral mayor, mientras que en la presente investigación la alta varianza intra-tratamiento ($CM_{error} = 27.10$ y 42.30) diluyó el efecto de los sustratos, fenómeno propio de ensayos en macetas bajo fitotoldo donde el microclima individual de cada planta introduce "ruido" experimental.

4.2.4. Sólidos solubles totales

En cuanto a SST el ANOVA global fue significativo ($F_c = 2.87 > F_t = 2.77$; $p = 0.0448$), pero la prueba de Tukey no separó pares de tratamientos debido al DMS = 4.13 °Brix), y es que este escenario de "significancia global sin separación pareada" difiere de lo reportado por Carpio (2020) y Apaico (2024), quien al evaluar el efecto de distintas combinaciones de sustratos sobre el rendimiento y las características físicas y químicas del fruto de fresa concluyeron 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. Ciertamente T2 consiguió una media de °Brix 9.825, muy cercano a lo reportado por Ibadango, quien al evaluar el impacto de tres soluciones nutritivas y tres sustratos en el rendimiento de fresa 'Monterrey' cultivada en un sistema hidropónico vertical, alcanzó un contenido de sólidos solubles totales de 10,82 °Brix.

Variabilidad experimental y validez del ensayo

El CV de 54.12 % para peso es elevado; sin embargo, coincide con lo documentado por Gruda (2009), quien señala que en ambientes protegidos la heterogeneidad microclimática dentro del macrotúnel y las diferencias fisiológicas individuales entre plantas elevan los coeficientes de variación de las variables productivas, sin invalidar el ensayo. Esto justifica las recomendaciones de esta tesis: emplear diseños en bloques completos al azar y aumentar repeticiones para reducir el error experimental en investigaciones andinas bajo fitotoldo.

CONCLUSIONES

Los sustratos evaluados ejercen un efecto significativo sobre el peso, diámetro, longitud y sólidos solubles totales de los frutos de fresa, confirmándose que la composición del sustrato es un factor determinante en la calidad final del fruto.

Los sustratos T1 (fibra de coco 100%) y T6 (Tierra agrícola 100%), resultan significativamente inferiores y no son recomendables para la producción bajo las condiciones evaluadas.

Los sustratos T2 (cascarilla de arroz 100%) y T5 (fibra de coco 70% + cascarilla de arroz 30%) muestran comportamientos intermedios sin diferir significativamente del mejor tratamiento, constituyendo alternativas técnicas viables.

El sustrato T3 resultó en frutos pequeños, lo que lo convierte en sustrato de subsistencia, de autoconsumo o venta de proximidad.

El sustrato T4 (cascarilla de arroz 70% + Fibra de coco 30%) genera el mayor peso de frutos de fresa Var. Sabrina (21.67 g), siendo estadísticamente superior a los demás sustratos.

RECOMENDACIONES

A los productores agronómicos de fresa, se recomienda la adopción del sustrato T4 (cascarilla de arroz 70% + Fibra de coco 30%) como el estándar tecnológico para la producción de fresa Var. Sabrina, por la convergencia en el T4 del máximo peso estadístico (21.67 g) con un dulzor excepcional (9.70 °Brix) en condiciones edafoclimáticas de Luricocha, maximizando el retorno económico por gramo de fruta producida.

A los productores agroindustriales de fresa, se recomienda el uso del sustrato T2 (cascarilla de arroz 100%), que se orienta estratégicamente a la agroindustria, por su máximo dulzor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, J. y Fischer, G. (2024). *Fresa (Fragaria × ananassa Duch.): Manual derecomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. AGROSAVIA. <https://surl.li/fsgppb>
- 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://11nq.com/sj3s8je>
- Arias, K., Morgan, B., & Castro, L., (2022). Potencial bioactivo de los residuos del cultivo defresa (*Fragaria × ananassa*) en Costa Rica. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. <https://doi.org/10.23850/24220582.4875>
- 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://doi.org/10.3390/agronomy11020261>
- Apaico, A. (2024). *Influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (Fragaria × ananassa)*. [Tesis de ingeniero agroindustrial, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho]. <https://n9.cl/yaghn>
- 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]. http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1473/MICGS_B01T.pdf
- 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_arttext
- 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. y Galisia, R., (2018). Calidad y vida de anaquel de tres cultivares de fresa (*Fragaria × ananassa*) tratadas con

- concentracionesaltas de CO₂ por periodo corto. *Agrociencia*, 52(3), 393–405.
<https://surl.li/huxbyf>
- 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/8rw25jy>
- García, D., & Cruz, R. (2023). Evaluation effects of alternative substrates for soilless cultivation of strawberry (*Fragaria x ananassa*). *Nexo Revista Científica*, 36 (6), 831 - 838. <https://ribuni.uni.edu.ni/5653/1/831-838.pdf>
- Gaspar, P. (2024). *Rendimiento y calidad de fresa por efecto del tamaño del contenedor* [Tesis de Licenciado en ingeniería agrohidráulica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/21431>
- González, L., & Matas, A. (2018). Caracterización de indicadores de calidad del fruto en líneas de fresa. *Revista Colombiana de Biotecnología*. <https://surl.li/aftxzn>
- 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>
- Guerrero, E. (2021). Evaluación de sustratos bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa con variables de calidad. *Informador Técnico*. <https://11nq.com/oeyegfb>
- Gómez, S., Flores, A., Ruelas, X., Preciado, P., Muñoz, A., Rueda, E. (2025) Comportamiento productivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* D.) con nutrición química y orgánica. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 12(3): e4292. <https://doi.org/10.19136/era.a12n3.4292>
- Gruda, N. (2009). Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82, 141–147. <https://acortar.link/GEcZOY>
- Guzhña, M. (2024). *Evaluación del cultivo de fresa (fragaria sp.) en un sistema semihidropónico con dos sustratos y aplicación de microorganismos benéficos* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad católica de Cuenca, Ecuador]. <https://acortar.link/MYEiPi>
- Hinojosa, R., Yzarra, A., De la Cruz, R. y Quispe, J. (2021). Estrategias de mejora según el análisis FODA de un sistema provincial de extensión agrícola. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(15), 86-105. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.130>

- 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(02), 198–207. <https://doi.org/10.37073/puriq.1.02.31>
- Huarancca, N. (2024). *Efecto de los microorganismos eficientes (EM-1) en el rendimiento de fresa (Fragaria x ananassa Duch.)* [Tesis de Bióloga, Especialidad: Microbiología, UNSCH, Ayacucho, Perú]. <https://acortar.link/bLQr2x>
- López, D., & Sánchez, M. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. <https://11nq.com/odc3ekx>
- López, F., Morales, I. y Delgado, J. A. (2020). Propiedades físicas de los sustratos y su efecto en la calidad organoléptica del fruto de fresa. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 589-601.
- Martínez, E., Miranda, L., Ariza, T. y 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-Gómez, A., Rodríguez, H., & Mendoza, J. (2021). Dinámica de absorción nutrimental en *Fragaria* × *ananassa* cultivada en sistemas hidropónicos y de sustrato. *Chingo Volumétrico de Agronomía*, 15(1), 45-58.
- Medina, J., Pinzón, E. y Cely, G. (2016). Efecto de sustratos orgánicos en plantas de fresa (*Fragaria* sp.) cv ‘Albion’ bajo condiciones de campo. *Ciencia y Agricultura*, 13 (2), 19 28. <https://www.redalyc.org/journal/5600/560062851002/html/>
- 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>
- Navarro, J., Benítez, R. y Silva, C. (2021). Alternativas de sustratos locales para la producción sostenible de berries en los Andes. *Journal of Andean Agricultural Sciences*, 5(2), 201-215.

- 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>
- Rojas, P. y López, D. (2023). Manejo de microclima y sustratos en el cultivo de fresa bajo fitotoldo en valles interandinos. *Investigación Agraria Peruana*, 18(1), 33-47.
- Torres, G. y Ramírez, M. A. (2021). Evolución y perspectivas de la agricultura protegida mediante fitotoldos en comunidades rurales. *Agroecología Tropical*, 29(3), 140-153.
- Kader, A. A. (2002). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Agriculture and Natural Resources.
- Ranganna, S. (1986). Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. McGraw-Hill.
- Vargas, M., Quispe, H. y Huamán, E. (2022). Evaluación fitosanitaria del suelo y adopción de cultivo sin suelo en la producción de fresas. *Revista de Investigación Agropecuaria*, 10(2), 77-89.
- 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/srjcidiv1i1.42>

ANEXOS

TESIS: Efecto de cinco sustratos sobre la producción de frutos de *Fragaria ananassa* Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo

Anexo 1:

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general ¿Cuál es el efecto de cinco sustratos sobre la producción de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha? Problemas específicos ¿Cuál es el efecto de cinco sustratos sobre el peso de frutos de fresa variedad Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha? ¿Cuál es el efecto de cinco sustratos sobre el diámetro de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha? ¿Cuál es el efecto de cinco sustratos sobre la longitud de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha? ¿Cuál es el efecto de cinco sustratos sobre sólidos solubles totales de frutos de fresa variedad Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha?	Objetivo General Determinar el efecto de cinco sustratos sobre la producción de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha Objetivos Específicos Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el peso de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre el diámetro de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre la longitud de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha Evaluar el efecto de cinco sustratos sobre sólidos solubles totales de frutos de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha	Hipótesis general La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre la producción de fresa Var. Sabrina, en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha, Huanta Hipótesis específicas La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre el peso 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 diámetro 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 longitud de frutos de fresa Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta, Ayacucho La aplicación de diferentes sustratos influye significativamente sobre los sólidos solubles totales de frutos de fresa Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo en Luricocha-Huanta, Ayacucho	<u>Var. Independiente:</u> Sustrato ✓ Propiedades físicas ✓ Propiedades químicas ✓ Propiedades biológicas <u>Var. Dependiente:</u> Producción de frutos ✓ Peso ✓ Diámetro ✓ Longitud ✓ Sólidos solubles totales	Tipo de investigación: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Nivel: Experimental Diseño: Diseño completamente al azar 6 tratamientos de 4 repeticiones. Población: conformado por 24 plantines de fresa Muestra: 24 plantines de fresa Muestreo: no probabilístico de tipo censal. Técnicas: Observación directa y medición experimental. Instrumentos: Balanza analítica digital, Refractómetro óptico con corrección automática de temperatura, Vernier digital

Anexo 2:*Ficha de recolección de datos para el PESO de fruto*

PROYECTO: Efecto de cinco sustratos sobre la producción de frutos de *Fragaria ananassa* Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - PESO DE FRUTO

Fecha de evaluación:		Ubicación:	LURICOCHA
Parámetro de calidad:	PESO	Evaluador:	Walter Ruiz

REGISTRO DE DATOS Y MEDICIONES

Tratamiento	Repetición	Valor
T1	1	10.03
	2	9.735
	3	8.605
	4	12.345
Promedio		10.18

Tratamiento	Repetición	Valor
T2	1	13.03
	2	16.68
	3	19.06
	4	25.13
Promedio		18.48

Tratamiento	Repetición	Valor
T3	1	5.16
	2	20.23
	3	14.51
	4	13.06
Promedio		13.24

Tratamiento	Repetición	Valor
T4	1	8.61
	2	14.18
	3	9.11
	4	34.76
Promedio		16.67

Tratamiento	Repetición	Valor
T5	1	21.44
	2	16.43
	3	12.62
	4	15.95
Promedio		16.61

Tratamiento	Repetición	Valor
T6	1	14.33
	2	8.84
	3	11.68
	4	7.16
Promedio		10.50

Observaciones:

Anexo 3:*Ficha de recolección de datos para el DIÁMETRO de fruto*

PROYECTO: Efecto de cinco sustratos sobre la producción de frutos de *Fragaria ananassa* Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - DIAMETRO DE FRUTO

Fecha de
evaluación:
Parámetro de
calidad:

DIAMETRO

Ubicación:

LURICOCHA

Evaluador:

Walter Ruiz

REGISTRO DE DATOS Y MEDICIONES

Tratamiento	Repetición	Valor
T1	1	24.115
	2	21.725
	3	24.19
	4	28.69
Promedio		24.68

Tratamiento	Repetición	Valor
T2	1	25.03
	2	26.7
	3	32.63
	4	34.21
Promedio		29.64

Tratamiento	Repetición	Valor
T3	1	22.1
	2	35.62
	3	27.1
	4	25.23
Promedio		27.51

Tratamiento	Repetición	Valor
T4	1	21.59
	2	25.88
	3	22.82
	4	42.32
Promedio		28.15

Tratamiento	Repetición	Valor
T5	1	32.33
	2	30.47
	3	29.9
	4	31.24
Promedio		30.99

Tratamiento	Repetición	Valor
T6	1	29.1
	2	23.36
	3	26.28
	4	23.62
Promedio		25.59

Observaciones:

--

Anexo 4:*Ficha de recolección de datos para la LONGITUD del fruto*

*PROYECTO: Efecto de cinco sustratos sobre la producción de frutos de *Fragaria ananassa* Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo*

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - LONGITUD

Fecha de
evaluación:
Parámetro de
calidad:

LONGITUD

Ubicación:

LURICOCHA

Evaluador:

Walter Ruiz

REGISTRO DE DATOS Y MEDICIONES

Tratamiento	Repetición	Valor
T1	1	33.445
	2	39.18
	3	30.695
	4	34.645
Promedio		34.49

Tratamiento	Repetición	Valor
T2	1	25.03
	2	26.7
	3	32.63
	4	34.21
Promedio		29.64

Tratamiento	Repetición	Valor
T3	1	23.19
	2	37.65
	3	33.27
	4	39.56
Promedio		33.42

Tratamiento	Repetición	Valor
T4	1	26
	2	36.56
	3	24.73
	4	44.87
Promedio		33.04

Tratamiento	Repetición	Valor
T5	1	46.84
	2	42.88
	3	33.84
	4	40.05
Promedio		40.90

Tratamiento	Repetición	Valor
T6	1	39.19
	2	29.83
	3	36.36
	4	23.75
Promedio		32.28

Observaciones:

Anexo 5:*Ficha de recolección de datos para SOLIDOS SOLUBLES del fruto*

PROYECTO: Efecto de cinco sustratos sobre la producción de frutos de Fragaria ananassa Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - SOLIDOS SOLUBLES TOTALES

Fecha de
evaluación:
Parámetro de
calidad:

SST

Ubicación:

LURICOCHA

Evaluador:

Walter Ruiz

REGISTRO DE DATOS Y MEDICIONES

Tratamiento	Repetición	Valor
T1	1	5.4
	2	6.8
	3	4.4
	4	6.5
Promedio		5.78

Tratamiento	Repetición	Valor
T2	1	7.6
	2	9.9
	3	9.5
	4	12.3
Promedio		9.83

Tratamiento	Repetición	Valor
T3	1	11.2
	2	6.5
	3	9.1
	4	6.1
Promedio		8.23

Tratamiento	Repetición	Valor
T4	1	9.2
	2	9.6
	3	9.2
	4	10.8
Promedio		9.70

Tratamiento	Repetición	Valor
T5	1	12.1
	2	8.2
	3	6.8
	4	9.3
Promedio		9.10

Tratamiento	Repetición	Valor
T6	1	4.9
	2	9.3
	3	8.7
	4	6.7
Promedio		7.40

Observaciones:

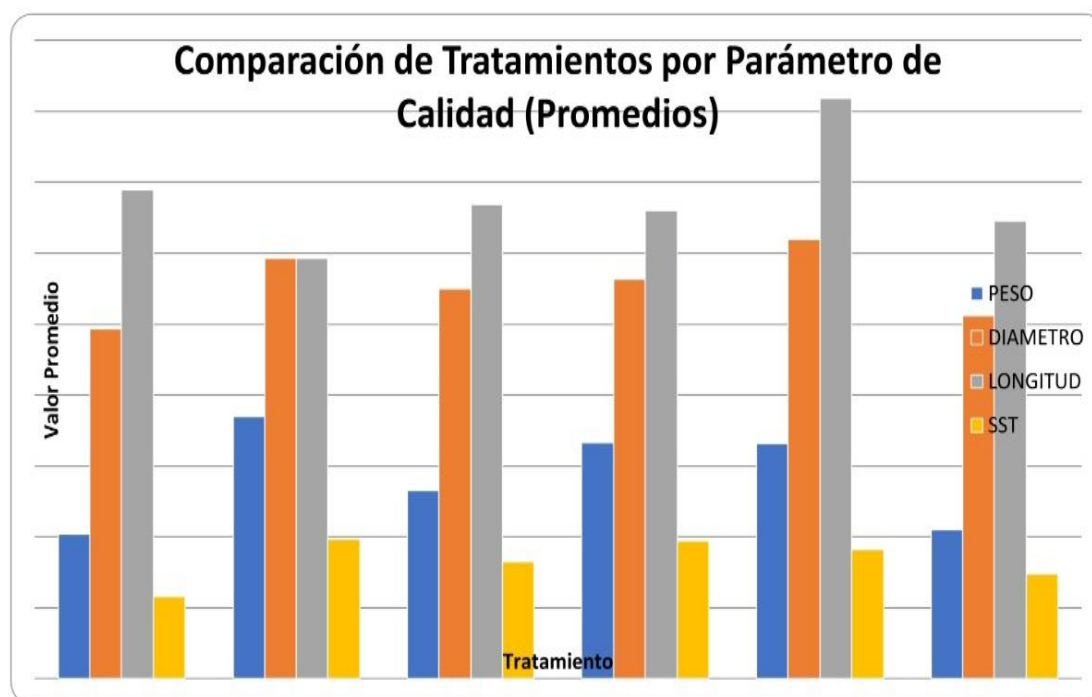
Anexo 6:

Este cuadro consolida automática los promedios calculados para cada tratamiento en las pestañas de cada parámetro

*PROYECTO: Efecto de cinco sustratos sobre la producción de frutos de *Fragaria ananassa* Var. Sabrina en condiciones de macetas bajo fitotoldo*

Este cuadro consolida automáticamente los promedios calculados para cada tratamiento en las pestañas de cada parámetro.

Tratamiento	PESO	DIAMETRO	LONGITUD	SST
T1	10.18	24.68	34.49	5.78
T2	18.48	29.64	29.64	9.83
T3	13.24	27.51	33.42	8.23
T4	16.67	28.15	33.04	9.70
T5	16.61	30.99	40.90	9.10
T6	10.50	25.59	32.28	7.40
Promedio General	14.28	27.76	33.96	8.34



PANEL DE FOTOGRAFIAS



Armado y acondicionado del área experimental para la investigación





Acondicionamiento del área experimental para la investigación





Siembra de plantines de fresa





Monitoreo de unidades experimentales





Monitoreo de unidades experimentales





Determinación de sólidos solubles totales en laboratorio-UNAH





Determinación de sólidos solubles totales en laboratorio-UNAH

