

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**



**Influencia del silicio en la calidad química poscosecha de Fresa (*Fragaria ananassa*) en el Valle “La Carbonera”, Ancash.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO**  
**AGRÓNOMO**

**AUTOR:**

Bach. Manay Romero, Bruno Eduardo

**ASESORA:**

Ms. Escalante Espinoza, Nélida Guillesi  
Código ORCID: 0009-0005-2115-7220

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**

**2026**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

En cumplimiento con las disposiciones vigentes en el reglamento general de grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, la tesis denominada **Influencia del silicio en la calidad química poscosecha de Fresa (*Fragaria ananassa*) en el Valle “La Carbonera”, Ancash**. Ha sido ejecutado con rigor científico, por lo que en mi condición de asesor doy la conformidad para su revisión.

ASESORA

Ms. Escalante Espinoza, Nélida Guillesi

DNI: 40559155

Código ORCID: 0009-0005-2115-7220

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

El presente jurado evaluador da la conformidad de la tesis desarrollado en el cumplimiento del objetivo con las disposiciones vigentes en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, titulado **Influencia del silicio en la calidad química poscosecha de Fresa (*Fragaria ananassa*) en el Valle "La Carbonera", Ancash.**



PRESIDENTE  
Ms. Lazaro Rodriguez, Walver Keyser  
DNI: 40320788  
Código ORCID: 0009-0002-2626-5010



SECRETARIO  
Ms. Aquino Minchán, Wilmer  
DNI: 26602902  
Código ORCID: 0000-0002-2624-1174



INTEGRANTE  
Ms. Escalante Espinoza, Nélida Guillesi  
DNI: 40559155  
Código ORCID: 0009-0005-2115-7220



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AGRÓNOMA  
epagronoma@uns.edu.pe

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

Al 21 día del mes de Julio del año dos mil veintiseis, siendo las 1.00 pm. en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma-FI-UNS, campus II, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 382-2026-UNS-CFI, integrado por los docentes: **Ms. Walver Keiser Lazaro Rodriguez (Presidente)**, **Ms. Wilmer Aquino Minchán (Secretario)** y **Ms. Nelida Guillesi Escalante Espinoza (Integrante)** y, de Exedito según Resolución Decanal N° 382-2026-UNS-FI, para la sustentación de la Tesis intitulada **“INFLUENCIA DEL SILICIO EN LA CALIDAD QUIMICA POSCOSECHA DE FRESA (*Fragaria ananassa*) EN EL VALLE LA CARBONERA, ANCASH”**, perteneciente a el bachiller: **Manay Romero Bruno Eduardo**, con código de matrícula N° 0201915012, asesoradas por el docente: **Ms. Nelida Guillesi Escalante Espinoza (R.D. N° 146-2025-UNS-FI)**.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, vigente, declaran aprobar:

| BACHILLER                  | PROMEDIO VIGESIMAL | PONDERACIÓN |
|----------------------------|--------------------|-------------|
| MANAY ROMERO BRUNO EDUARDO | 16                 | REGULAR     |

Siendo las 1:10 pm del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 21 de Julio de 2026

  
Ms. Walver Keiser Lazaro Rodriguez  
PRESIDENTE

  
Ms. Wilmer Aquino Minchán  
SECRETARIO

  
Ms. Nelida Guillesi Escalante  
Espinoza  
INTEGRANTE

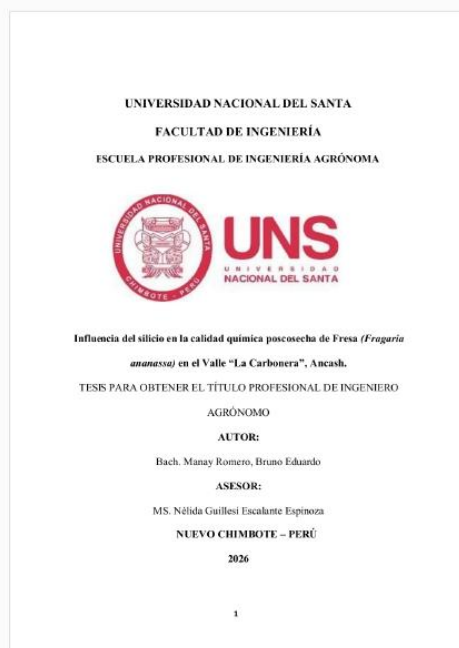


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Bruno Eduardo Manay Romero  
Título del ejercicio: EVALUACIÓN DE DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENT...  
Título de la entrega: Influencia del silicio en la calidad química poscosecha de Fresa...  
Nombre del archivo: TESIS\_BRUNO\_FINAL..docx  
Tamaño del archivo: 8.62M  
Total páginas: 66  
Total de palabras: 9,471  
Total de caracteres: 51,857  
Fecha de entrega: 07-jul-2026 06:04p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2994887555



## Influencia del silicio en la calidad química poscosecha de Fresa (*Fragaria ananassa*) en el Valle "L Carbonera", Ancash.

### INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUD

### FUENTES PRIMARIAS

1

[biotecnia.unison.mx](http://biotecnia.unison.mx)

Fuente de Internet

2

[repositorio.uns.edu.pe](http://repositorio.uns.edu.pe)

Fuente de Internet

3

[repositorio.ues.edu.sv](http://repositorio.ues.edu.sv)

Fuente de Internet

4

[smcsmx.org](http://smcsmx.org)

Fuente de Internet

5

[repositorio.continental.edu.pe](http://repositorio.continental.edu.pe)

Fuente de Internet

6

[repositorio.unsch.edu.pe](http://repositorio.unsch.edu.pe)

Fuente de Internet

7

[1library.co](http://1library.co)

Fuente de Internet

8

[www.revistas.unitru.edu.pe](http://www.revistas.unitru.edu.pe)

Fuente de Internet

9

[repositorio.unsaac.edu.pe](http://repositorio.unsaac.edu.pe)

Fuente de Internet

10

Submitted to Universidad Nacional Hermilio Valdizan

Trabajo del estudiante

11

[repositorio.sanfranciscochinchu.edu.pe](http://repositorio.sanfranciscochinchu.edu.pe)

Fuente de Internet

12

[repositorio.utn.edu.ec](http://repositorio.utn.edu.ec)

Fuente de Internet

13

Fánor Casierra-Posada, Jaime E. Peña-Olmos. "Modificaciones fotomorfogénicas inducidas por la calidad de la luz en plantas cultivadas", Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2015

Publicación

14

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

## **DICATORIA**

A mis padres, hermanas y abuelos, su amor y apoyo incondicional en toda mi formación académica. A mi tío Alexander, por ser mi inspiración en empezar y culminar mi carrera universitaria, por su esfuerzo y gran amor que me brindo. A mi novia Nicoll por ser mi soporte emocional en todo el desarrollo de esta investigación.

Manay Romero, Bruno.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida y la fortaleza para culminar esta etapa.  
A mis padres, por su apoyo incondicional y sacrificio constante. A mi asesora de tesis,  
por su orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo.  
Finalmente, a todas las personas que contribuyeron de alguna manera en la  
realización de esta investigación, mi sincero agradecimiento.

Manay Romero, Bruno.

## INDICE

|        |                                                       |    |
|--------|-------------------------------------------------------|----|
| I.     | INTRODUCCION .....                                    | 16 |
| 1.1.   | DESCRIPCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....         | 16 |
| 1.2.   | OBJETIVOS .....                                       | 18 |
| 1.2.1. | Objetivo general .....                                | 18 |
| 1.2.2. | Objetivos Específicos .....                           | 18 |
| 1.3.   | FORMULACION DE LA HIPÓTESIS .....                     | 18 |
| 1.4.   | JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN ..... | 19 |
| II.    | MARCO TEORICO.....                                    | 20 |
| 2.1.   | ANTECEDENTES.....                                     | 20 |
| 2.2.   | MARCO CONCEPTUAL.....                                 | 26 |
| 2.2.2. | CALIDAD.....                                          | 31 |
| 2.2.3. | SILICIO.....                                          | 34 |
| 2.2.4. | SILICIO EN LAS PLANTAS .....                          | 34 |
| III.   | METODOLOGÍA .....                                     | 36 |
| 3.1.   | MATERIALES.....                                       | 36 |
| 3.2.   | LOCALIZACIÓN .....                                    | 37 |
| 3.3.   | MÉTODO.....                                           | 37 |
| 3.4.   | PROPUESTA EXPERIMENTAL .....                          | 37 |
| 3.5.   | EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS.....                       | 38 |
| 3.6.   | VARIABLES EN ESTUDIO .....                            | 39 |

|      |                                                 |    |
|------|-------------------------------------------------|----|
| 3.7. | TRATAMIENTOS EN ESTUDIO .....                   | 42 |
| 3.8. | DETALLE DEL ÁREA Y UNIDADES EXPERIMENTALES..... | 42 |
| 3.9. | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS.....         | 44 |
| IV.  | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                     | 45 |
| V.   | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....            | 54 |
| VI.  | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....                | 56 |
| VII. | ANEXOS .....                                    | 58 |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Ciclo de desarrollo de las raíces .....                               | 27 |
| <b>Tabla 2.</b> Fenología del cultivo de fresa .....                                  | 29 |
| <b>Tabla 3.</b> Enfermedades Poscosecha en el cultivo de fresa .....                  | 31 |
| <b>Tabla 4.</b> Parámetro de acidez titulable en frutas.....                          | 33 |
| <b>Tabla 5.</b> Parámetro de grados Brix en frutas .....                              | 34 |
| <b>Tabla 6.</b> Tabla de operacionalización .....                                     | 41 |
| <b>Tabla 7.</b> Descripción de los tratamientos del proyecto.....                     | 43 |
| <b>Tabla 8.</b> ANOVA .....                                                           | 44 |
| <b>Tabla 9.</b> Evaluación de Brix en muestras del cultivo de fresa.....              | 45 |
| <b>Tabla 10.</b> ANOVA dimensión Brix.....                                            | 46 |
| <b>Tabla 11.</b> Evaluación de pH en muestras de cultivo de fresa .....               | 47 |
| <b>Tabla 12.</b> ANOVA dimensión pH.....                                              | 48 |
| <b>Tabla 13.</b> Evaluación de Acidez Titulable en muestras de cultivo de fresa ..... | 49 |
| <b>Tabla 14.</b> ANOVA dimensión Acidez Titulable .....                               | 50 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Ubicación del área experimental.....                                                | 37 |
| <b>Figura 2.</b> Croquis de tratamientos .....                                                       | 43 |
| <b>Figura 3.</b> Comparación de °Brix en frutos de fresa bajo distintos tratamientos .....           | 46 |
| <b>Figura 4.</b> Comparación de pH en frutos de fresa bajo distintos tratamientos.....               | 48 |
| <b>Figura 5.</b> Comparación de acidez titulable en frutos de fresa bajo distintos tratamientos..... | 51 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1. Distribución y dimensiones del área experimental .....       | 58 |
| Anexo 2. Medicion y delimitacion del area experimental .....          | 58 |
| Anexo 3. Aplicaciones de silicio en el cultivo de fresa .....         | 59 |
| Anexo 4. Recoleccion de muestras de frutos .....                      | 60 |
| Anexo 5. Medición de solidos solubles(°brix) de zumo de fresa.....    | 61 |
| Anexo 6. Medición de pH del zumo de las fresas .....                  | 64 |
| Anexo 7. Extracción de zumo para determinar la acidez titulable ..... | 67 |
| Anexo 8. Determinación de acidez titulable mediante titulación.....   | 67 |

## RESUMEN

La presente investigación titulada *“Influencia del silicio en la calidad química poscosecha de fresa (Fragaria ananassa) en el Valle La Carbonera, Áncash”*, tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de silicio sobre la calidad del fruto después de la cosecha. Este cultivo es de gran importancia económica en la región, pero presenta problemas como la corta vida útil y la baja calidad química, lo que afecta su comercialización.

El estudio se desarrolló con un enfoque cuantitativo y un Diseño Completamente al Azar, considerando cuatro tratamientos: tres dosis de silicio (500 ml, 700 ml y 1 L por hectárea) y un testigo, con una muestra de 322 plantas y 3 repeticiones. Las variables analizadas fueron sólidos solubles (°Brix), pH y acidez titulable, indicadores importantes de la calidad química poscosecha.

Los datos se evaluaron mediante análisis de varianza (ANOVA), lo que permitió comparar los efectos de cada tratamiento. Los resultados evidenciaron que la aplicación de silicio no produjo mejoras significativas en los parámetros evaluados. Por ello, se concluye que el uso de silicio no es una alternativa viable para mejorar la calidad química poscosecha de la fresa en esta zona.

**Palabras clave:** Silicio, calidad de fruta, sólidos solubles (°Brix), acidez titulable

## ABSTRACT

This study, titled “The Influence of Silicon on the Postharvest Chemical Quality of Strawberries (*Fragaria ananassa*) in the La Carbonera Valley, Áncash,” aimed to evaluate the effect of different silicon doses on fruit quality after harvest. This crop is of great economic importance in the region, but it faces problems such as a short shelf life and low chemical quality, which affect its marketability.

The study was conducted using a quantitative approach and a completely randomized design, with four treatments: three silicon doses (500 ml, 700 ml, and 1 L per hectare) and a control, with a sample size of 322 plants and 3 replicates. The variables analyzed were soluble solids (°Brix), pH, and titratable acidity—important indicators of postharvest chemical quality.

The data were evaluated using analysis of variance (ANOVA), which allowed for a comparison of the effects of each treatment. The results showed that the application of silicon did not produce significant improvements in the evaluated parameters. Therefore, it is concluded that the use of silicon is not a viable alternative for improving the postharvest chemical quality of strawberries in this region.

**Keywords:** Silicon, fruit quality, soluble solids (°Brix), titratable acidity.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fresa (*Fragaria ananassa*) de la familia Rosaceae, es un cultivo de gran importancia económica y alta rentabilidad a nivel mundial. Debido a estas características, su siembra se realiza en grandes extensiones en el Valle “La Carbonera”, donde las condiciones son favorables para su producción. A su vez, los agricultores han optado medidas para contrarrestar situaciones adversas que se presentan durante la campaña.

Según Jares y Cordero (2023), en el Perú su producción ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años, alcanzando en la campaña 2024 una cifra de exportación de 34,094 toneladas por un valor de 62.5 millones de dólares. Este crecimiento refleja el interés tanto nacional como internacional por este fruto, lo que ha impulsado su siembra en distintas zonas del país, incluyendo el Valle “La Carbonera”, ubicado en el departamento de Áncash. Este valle presenta condiciones edafoclimáticas favorables para el cultivo de fresa, con siembras concentradas entre los meses de marzo y abril, y cosechas entre julio y agosto.

A pesar del potencial productivo del valle, uno de los principales desafíos es mantener la calidad del fruto durante la poscosecha. Las modificaciones en parámetros químicos como los sólidos solubles (°Brix), el pH y la acidez titulable influyen directamente en la aceptación comercial, el sabor y la aptitud del fruto para su comercialización. Asimismo, el manejo agronómico y las condiciones de conservación pueden acelerar estos cambios, afectando la calidad final de la fresa.

En este contexto, surge la necesidad de evaluar estrategias que contribuyan a conservar la calidad química del fruto durante la poscosecha. Una alternativa es la aplicación de silicio, elemento que ha sido asociado con mejoras en la fisiología y calidad de diversos cultivos, al favorecer procesos relacionados con el metabolismo y la conservación de los frutos. La

incorporación de silicio fortalece las paredes celulares del fruto reduciendo su deterioro y extendiendo su vida útil, lo cual sería clave para mejorar la comercialización tanto a nivel nacional como internacional.

De acuerdo al tema y propósito de investigación se plantea la siguiente pregunta: *¿Cuál es la influencia del silicio en la calidad química poscosecha del cultivo de fresa (Fragaria ananassa) en el Valle, “la Carbonera”, Áncash?*

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Evaluar la influencia de la aplicación de silicio en la calidad química poscosecha de fresa (*Fragaria ananassa*) en el valle “La Carbonera”, Áncash.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el contenido de sólidos solubles (°Brix) en los frutos de fresa de los diferentes tratamientos.
- Determinar el pH de los frutos de fresa en la etapa de poscosecha de los diferentes tratamientos.
- Determinar la acidez titulable de los frutos de fresa en la etapa de poscosecha de los diferentes tratamientos.

## **1.3. FORMULACION DE LA HIPÓTESIS**

H1: La aplicación de diferentes dosis de silicio influye significativamente en la calidad química poscosecha de los frutos de fresa (*Fragaria ananassa*), expresada en los sólidos solubles (°Brix), el pH y la acidez titulable, en el valle “La Carbonera”, Áncash.

H0: La aplicación de diferentes dosis de silicio no influye significativamente en la calidad química poscosecha de los frutos de fresa (*Fragaria ananassa*), expresada en los sólidos solubles (°Brix), el pH y la acidez titulable, en el valle “La Carbonera”, Áncash.

#### 1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La fresa “*Fragaria ananassa*” es uno de los cultivos con alta demanda por su sabor característico, valor nutricional y productos industriales que se fabrican a base del mismo más requerido por los mercados nacionales e internacionales.

La presente investigación es importante porque permitirá generar información sobre el efecto de la aplicación de silicio en la calidad química poscosecha de los frutos de fresa cultivados en el valle “La Carbonera”, Áncash. Diversos estudios señalan que el silicio favorece procesos fisiológicos relacionados con el metabolismo de los frutos y puede contribuir a mantener el equilibrio de compuestos asociados con la calidad química durante la poscosecha. En este estudio, dicho efecto será evaluado mediante los sólidos solubles (°Brix), el pH y la acidez titulable, parámetros ampliamente utilizados para determinar la calidad química de los frutos.

Asimismo, los resultados obtenidos contribuirán a ampliar el conocimiento sobre la respuesta del cultivo a la aplicación de silicio bajo las condiciones del valle “La Carbonera”, proporcionando información técnica que podrá servir como referencia para futuras investigaciones relacionadas con la calidad química poscosecha de la fresa.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. ANTECEDENTES

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Núñez et al. (2025), en su investigación “Soluciones nutritivas y aplicación foliar de silicio en la producción hidropónica de chile serrano”. Tuvieron como objetivo de la investigación evaluar el efecto de la concentración de la solución nutritiva Steiner (50, 75, 100 y 125 %) y la aplicación foliar de silicio (con y sin aplicación) en la producción de chile serrano hidropónico. La distribución de tratamientos se aplicaron bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. La solución base (100 %) y de 75 % de concentración ocasionaron un mayor crecimiento de las plantas e índice de verdor (lecturas SPAD). Los altos rendimientos de frutos se obtuvieron con las soluciones al 75 y 50 %. La solución a una concentración iónica de 75 % aumentó el diámetro de frutos de alta calidad. No obstante, ninguna de las concentraciones de la solución nutritiva modificó los sólidos solubles (°Brix) de los frutos. Por otro lado, se mostró que el silicio favorece significativamente el crecimiento, el índice de verdor y la alta producción de las plantas, pero no la calidad de los frutos (°Brix). La SN al 75 % combinada con la aplicación foliar de silicio aseguran el mayor rendimiento del cultivo (2.02 kg m<sup>-2</sup>) y diámetro de los frutos (1.82 cm). Este estudio aporta evidencia de que la aplicación foliar de silicio favorece el crecimiento y el rendimiento de los cultivos, especialmente cuando se combina con un adecuado manejo nutricional. Estos resultados constituyen una base para la presente investigación al respaldar el uso del silicio como alternativa para mejorar variables productivas y de calidad del cultivo en evaluación.

En la investigación titulada “*Evaluación de silicio líquido sobre el crecimiento, calidad de fruto y post cosecha en tomate (Solanum lycopersicum var. Chonto) bajo condiciones protegidas*”, realizada por Mateus (2024). Utilizó un diseño experimental de bloques

completamente al azar con cuatro tratamientos a diferentes concentraciones de Silisuá: T1: 0,21 cm<sup>3</sup>/planta/ciclo, T2: 0,45 cm<sup>3</sup>/planta/ciclo, T3: 0,90 cm<sup>3</sup>/planta/ciclo y T4: Testigo, con cinco repeticiones. En los resultados, se observa que el T3, con una alta concentración de silicio, propició un menor crecimiento en la longitud, número de racimos, número de flores y número de frutos en comparación con los demás tratamientos, lo que resultó en diferencias significativas. En cuanto a la calidad de los frutos, se encontraron diferencias estadísticas, excepto en la variable de firmeza, que no mostró diferencias significativas. En la vida poscosecha, se observaron diferencias entre los tratamientos durante el período de evaluación de veinte días. Todos los frutos experimentaron pérdidas de calidad, siendo el grupo de control el que mantuvo los mayores pesos y diámetros, mientras que el T3 presentó los menores pesos y diámetros. También se observaron diferencias significativas en los contenidos de clorofilas y carotenoides entre los tratamientos. En conclusión, las altas dosis de silicio del T3 no proporcionan ventajas para el cultivo de tomate, excepto en los porcentajes de sólidos solubles totales (%SST) y el pH. Este antecedente demuestra que la respuesta del cultivo depende de la dosis aplicada, evidenciando que concentraciones elevadas de silicio pueden afectar negativamente el crecimiento y la calidad del fruto. Por ello, sirve como referencia para establecer dosis adecuadas de silicio en la presente investigación.

Jimenez (2024), en su investigación titulada *“La Aplicación de Silicio Aumenta la Calidad de Frutos en Plantas de Fresa Crecidas en Agricultura Vertical con Iluminación Artificial”*. Tuvo como objetivo determinar la concentración adecuada del Silicio (Si) foliar y drench que logre mejorar el crecimiento y las respuestas de plantas de fresa. Se lograron aplicar tratamientos con diferentes concentraciones de Si los cuales fueron suministradas de forma foliar y al drench cada 15 días. Las variables en evaluación en el experimento fueron: rendimiento total, diámetro ecuatorial del fruto, longitud, firmeza, curvatura, grados solubles, concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca y K en fruto, peso fresco total de hojas y tallos, longitud de tallo y diámetro de tallo. De acuerdo con los resultados, el Si no aumenta el rendimiento de frutos por

planta, y con una dosis de 0.2 g L<sup>-1</sup> en drench más 0.15 g L<sup>-1</sup> aplicada foliarmente se tuvo efectos negativos. Con tratamientos alternos se logró aumentar la calidad del fruto, ya que el contenido de sólidos solubles incrementa al aplicar en Drench 0.2 y 0.3 g L<sup>-1</sup> o bien en forma foliar 0.15 y 0.1 g L<sup>-1</sup>, mientras que con 0.1 o 0.2 g L<sup>-1</sup> de Si vía drench se consiguen frutos de mayor diámetro. El mejor tratamiento fue en el que se aplicó 0.2 g L<sup>-1</sup> vía foliar y 0.2 g L<sup>-1</sup> vía drench, ya que se consiguieron frutos de hasta 35 g. Este estudio evidencia que el silicio mejora principalmente algunos atributos de calidad del fruto, como el contenido de sólidos solubles y el diámetro, más que el rendimiento. Estos resultados sustentan la evaluación de variables de calidad en la presente investigación.

Cazarez et al. (2022), en su investigación titulada *“Silicio y cloro en el crecimiento, rendimiento y calidad poscosecha de pepino y tomate”*. Se llevó a cabo un experimento bajo un diseño de bloques completamente al azar, utilizando riego por goteo. Los tratamientos aplicados incluyeron concentraciones de 20, 30 y 50 mg L<sup>-1</sup> de silicio (Si) o cloro (Cl), así como combinaciones de 20:20 y 30:30 mg L<sup>-1</sup> de Si:Cl, además de un tratamiento testigo. En el cultivo de pepino, la dosis más alta de silicio, las tres dosis de cloro y ambas combinaciones de Si:Cl promovieron un mayor crecimiento. Sin embargo, en cuanto al rendimiento, las dosis más efectivas fueron las dos concentraciones más altas de silicio y todas las de cloro. En el caso del tomate, la dosis más baja de cloro produjo un ligero aumento en el verdor de las hojas, aunque ambos nutrientes redujeron la altura de las plantas. La combinación más alta de Si:Cl logró un leve incremento en el área foliar, pero no se observaron mejoras en el rendimiento. En relación con los sólidos solubles totales, el pepino respondió mejor con la dosis más alta de cloro y la combinación más baja de Si:Cl, mientras que en el tomate, la mayor respuesta se obtuvo únicamente con la menor dosis de cloro. Los resultados obtenidos muestran que el efecto del silicio varía según la especie y la dosis aplicada, por lo que este antecedente respalda la necesidad de evaluar su comportamiento en diferentes cultivos y condiciones de producción,

como se plantea en la presente investigación.

Romero (2019) en su investigación “*Aplicación foliar y al suelo de fuentes de silicio para mejorar la calidad postcosecha en limón persa (Citrus latifolia Tan.)*”. Se investigó el impacto del silicio en las características agronómicas y de calidad del limón persa, aplicando tratamientos en la etapa precosecha. Los tratamientos incluyeron: Testigo (T1), aplicación foliar de silicato de calcio (T2), foliar de silicato de potasio (T3), aplicación al suelo de silicato de calcio (T4) y de silicato de potasio (T5). En términos de floración y amarre, la aplicación de silicio no mostró efectos positivos. Sin embargo, el tratamiento T4 (silicato de calcio al suelo) incrementó el rendimiento por árbol hasta en un 26.6 %. Las características de calidad como peso fresco, apariencia externa, volumen de jugo, grosor de la cáscara, acidez titulable (% de ácido cítrico) y grados Brix no presentaron mejoras con la aplicación de silicio. Se detectó, no obstante, una hiperacumulación de silicio en los frutos, con concentraciones de 13.2 % y 18.1 %. Además, los tratamientos T4 y T5 (aplicaciones al suelo de silicato de calcio y potasio, respectivamente) favorecieron una mayor firmeza del fruto, con valores de 29.3 y 28.5 Newtons. El tratamiento T5 también destacó por ofrecer un mayor índice de redondez y un color verde oscuro más intenso en los frutos. Esta investigación demuestra que la aplicación de silicio puede mejorar algunas características poscosecha, como la firmeza del fruto, aunque no necesariamente incrementa otras variables de calidad. Estos hallazgos constituyen un referente para la evaluación de la calidad poscosecha en el presente estudio.

### **2.1.1. Antecedente Nacional**

Sarmiento y Sarmiento (2024) en su investigación titulada “*Efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor (Brassica oleracea var. Botrytis) en condiciones de Yanahuanca – Pasco*”. Tuvieron como objetivo determinar el efecto del silicio foliar en el rendimiento y la poscosecha de la coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) en condiciones de Yanahuanca, Pasco. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los resultados evidenciaron que el tratamiento T4 (mayor dosis de silicio) obtuvo más del 96 % de prendimiento, mayor número de hojas y un diámetro de cabeza superior al testigo. Además, mostró mayor precocidad, iniciando la formación de pellas a los 86 días, y alcanzó el mejor rendimiento con 2.49 kg por cabeza y 67.67 t/ha. En poscosecha, también destacó por prolongar la vida útil de las pellas hasta 14 días, superando a los tratamientos con menor o nula aplicación de silicio. Este antecedente nacional evidencia que la aplicación foliar de silicio mejora significativamente el rendimiento y prolonga la vida poscosecha del cultivo, constituyendo un soporte científico para evaluar el efecto del silicio bajo las condiciones de la presente investigación.

### 2.1.2. Antecedente Local

Castañeda y Romero (2021) en su investigación titulada “*Efectos del silicio sobre la calidad del arandano (Vaccinium corymbosum L.) var. Biloxi*”. Tuvieron como objetivo ejecutar en una parcela de 70 plantas de arándano *Vaccinium corymbosum L.* var. Biloxi de la empresa Camposol S.A. ubicada en Viru, La Libertad. Estuvo conformada por un testigo y tres tratamientos aplicados con silicio desde “fruto verde temprano” hasta “fruto 75 % azul”. Donde evaluaron la firmeza del fruto en cosecha y la vida postcosecha a los 15, 20, 25, 30 y 35 días guardadas en congelador (durómetro Baxlo). Se evaluó el contenido de silicio en el fruto mediante un análisis de laboratorio aplicado a las muestras, tanto antes de las aplicaciones (664 mg/kg) como después de las mismas (1,317 mg/kg). Como resultados obtuvieron, se obtuvo que la dosis T3=2.5 fue la más eficiente con una dureza de 82.45 un. Shore en cosecha y 79.33 u Shore en postcosecha como parámetro de calidad. Este antecedente local demuestra que la aplicación de silicio incrementa la firmeza del fruto y mejora su conservación poscosecha en condiciones similares a la zona de estudio. Por ello, constituye un referente directo para la presente investigación al evidenciar los beneficios del silicio sobre los parámetros de calidad del fruto.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1. *Fragaria ananassa*

#### 2.2.1.1. *Taxonomía*

Según la teoría de Carpio (2020):

REINO: Plantae

DIVISIÓN: *Magnoliophyta*

CLASE: *Magnoliopsida*

ORDEN: *Rosales*

FAMILIA: *Rosaceae*

GÉNERO: *Fragaria*

ESPECIE: *Fragaria ananassa*

#### 2.2.1.2. *Morfología*

Según Huacon (2020) se tiene que la morfología se constituye por lo siguiente:

- **Raíz.** Presenta una gran cantidad de raíces en el las partes iniciales del suelo, aproximadamente a 25 cm de profundidad, alcanzando aproximadamente hasta los 40 cm. Las raíces primarias tienen capacidad de diferenciación secundaria, lo que les otorga una persistencia extendida de hasta dos años. En contraste, las raíces secundarias, carecen de actividad de cambio, tienen un ciclo de vida temporal y son reemplazadas periódicamente en lapsos de días a semanas, reflejando un patrón dinámico de renovación radical característico de especies con sistemas radiculares fasciculados.

**Tabla 1.** Ciclo de desarrollo de las raíces

| ESTACIÓN DEL AÑO | CRECIMIENTO                                                      |
|------------------|------------------------------------------------------------------|
| Otoño            | Con más de 12°C en el suelo, nacen nuevas raíces desde la corona |
| Invierno         | Acumulación de reservas                                          |
| Primavera        | Crecimiento y desarrollo, traslado de las reservas a las hojas   |
| Verano           | Muerte de raicillas, subsistiendo solo las más gruesas           |

**Nota.** Especificación de desarrollo de raíces por estaciones de año

- **Corona.** Constituye la parte desde donde emergen las yemas axilares, responsables tanto del crecimiento vegetativo como del brotamiento de partes reproductivas, como las ramas florales. Morfológicamente, la corona presenta una coloración verde, y en su superficie se observan escamas foliares que se presentan alrededor del tallo, cumpliendo funciones de protección y cobertura de las yemas meristemáticas.
- **Hoja.** Están conformadas por tres folíolos dispuestos en forma de roseta. Su desarrollo sigue un patrón de crecimiento espiralado alrededor de la corona. Las hojas maduras pueden funcionar en la planta durante varios meses. Durante la translocación de nutrientes dentro de la planta, estos se movilizan preferentemente hacia las hojas jóvenes, favoreciendo así su desarrollo y expansión foliar.
- **Flores.** Se origina a partir de una yema axilar. La flor está compuesta por un verticilo de 5 a 6 pétalos, acompañados de un androceo que comprende entre 20 y 35 estambres. El gineceo se encuentra representado por numerosos pistilos sobre un receptáculo carnososo, el cual posteriormente dará lugar al desarrollo del fruto.

- **Fruto.** Luego de la fecundación de los óvulos, estos se transforman en aquenios, los cuales promueven el crecimiento y engrosamiento del receptáculo, se forma una consistencia carnosa, conformando el fruto. La coloración del receptáculo varía según el estado de desarrollo, presentando tonalidades que van desde el verde en las primeras etapas, pasando por el amarillo, hasta alcanzar el color rojo característico de la madurez.

### 2.2.1.3. Etapas de desarrollo

Según Muyulema (2021), se tiene que las etapas de desarrollo se constituyen por lo siguiente:

- **Desarrollo vegetativo.** Esta etapa empieza con el trasplante mediante estolones o plantas jóvenes. En esta etapa la planta desarrolla su sistema radicular, su brotamiento donde aparecen las primeras yemas donde darán inicio al desarrollo de hojas y la formación de los estolones.
- **Iniciación floral.** En fresas ocurre cuando las plantas se exponen a temperaturas bajas, esto induce a la diferenciación de las yemas florales, se le conoce como prefloración.
- **Desarrollo de flor.** Las plantas empiezan a desarrollar las flores, esta etapa aproximadamente dura 20 a 30 días, que al inicio son pequeños y verdes, apertura de las primeras flores, flores abiertas y caída de pétalos.
- **Desarrollo del fruto.** Una vez ocurrida la polinización y fecundación, se inicia el desarrollo del fruto, el cual tiene una duración aproximada de 30 a 45 días. Durante esta fase, los frutos experimentan cambios de color, pasando de verde a rojo, además de un incremento en el contenido de azúcares y una reducción en los niveles de ácidos.

- **Maduración.** Esta fase es la última del cultivo y varía entre 3 y 7 días, en esta etapa el fruto alcanza su tamaño final, adquiere un color rojo típico, se engrosan y se desarrolla su sabor y aroma distintivos.

**Tabla 2.** Fenología del cultivo de fresa

| DÍAS    | ETAPA                                                                                  |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 0       | Dormancia, hojas postradas                                                             |
| 03      | Inflamación del cogollo principal                                                      |
| 10      | Emergencia de la primera hoja                                                          |
| 11      | Primera hoja desplegada                                                                |
| 12      | Segundas hojas desplegada                                                              |
| 13 – 19 | Despliegue de hasta 9 o más hojas                                                      |
| 41      | Inicio de la formación del estolón                                                     |
| 42 – 49 | Plantas hijas con raíces propias para plantar                                          |
| 55      | Primeros primordios florales en la base de la roseta                                   |
| 56 - 59 | Desde la inflorescencia agarrándose hasta la mayoría de flores con pétalos             |
| 60      | Primeras flores abiertas                                                               |
| 61 – 67 | Desde el inicio de la floración hasta flores marchitas                                 |
| 71      | Receptáculo sobresaliendo del verticilo del sépalo                                     |
| 73      | Semillas visibles en el tejido del receptáculo                                         |
| 81      | Inicio de la maduración, color blanco                                                  |
| 85 – 89 | Desde los primeros frutos con color específico de la variedad hasta la segunda cosecha |
| 91      | Inicio de la formación de yemas axilares                                               |

---

**Nota.** Detalle de la fenología de la fruta en estudio.

---

#### 2.2.1.4. Condiciones edafoclimáticas

Las temperaturas óptimas para el cultivo de la fresa oscilan entre los 15 y 25 °C; cuando se superan estos valores, disminuye la cantidad de inflorescencias, flores y frutos. Durante el desarrollo del fruto, las temperaturas bajas pueden provocar daños permanentes como deformaciones o pérdida de color. No obstante, el cultivo de fresa requiere acumular un número determinado de horas de frío, con temperaturas por debajo de los 7 °C, para asegurar un buen crecimiento vegetativo y una fructificación adecuada.

Las temperaturas críticas para la fresa varían según la etapa de desarrollo: Floración: 23 °C durante el día y 18 °C por la noche, Acumulación de frío entre 0 y 7 °C, idealmente alrededor de 2 °C, Fotosíntesis óptima entre 15 y 27 °C, Crecimiento de la corona alrededor de 18 °C, Crecimiento radicular aproximadamente 10 °C, Parálisis del crecimiento entre 2 y 5 °C, Muerte de yemas florales a 0 °C, Alteración de la floración por debajo de -1 °C o por encima de 29 °C

Daño total en flores a -3 °C, Daños severos en la corona y muerte de la planta a -12 °C. La humedad relativa óptima para el cultivo de la fresa se encuentra entre el 60 % y el 70 %. Cuando la humedad supera el 70 %, se crea un ambiente propicio para la aparición y proliferación de enfermedades. Por otro lado, la escasez de riego puede causar daños directos al fruto. Los suelos más apropiados para el cultivo de fresa son aquellos de textura arenosa o franco-arenosa, bien aireados, con buen drenaje y ligeramente ácidos, ya que estas condiciones favorecen el crecimiento adecuado del sistema radicular. (Lira & Ruiz, 2023)

### 2.2.1.5. Enfermedades poscosecha

**Tabla 3.** Enfermedades Poscosecha en el cultivo de fresa

| Enfermedad                                      | Daño                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Botrytis cinerea</i> “Podredumbre gris”      | Causa podredumbre en las flores y frutos, aparición de manchas marrones claras en los frutos, luego se cubren de moho gris aterciopelado, comienza en el cáliz del fruto o cualquier parte de la superficie, causando pudrición blanda y acuosa. |
| <i>Rhizopus stolonifer</i> “Podredumbre blanda” | Se manifiesta como podredumbre blanda, causando un deterioro de los frutos con manchas marrones o amarillentas, piel que se parte y jugo que fluye.                                                                                              |
| <i>Colletotrichum spp.</i> “Antracnosis”        | Inicia con manchas mojadas de agua de color marrón a negro en la fruta verde y madura. Se genera lesiones firmes, hundidas, de color marrón a negro.                                                                                             |
| <i>Penicillium expansum</i> “Moho azul”         | Aparecen con manchas blandas y acuosas de color marrón claro, los conidios se vuelven verde azulados, causándole una podredumbre blanda.                                                                                                         |

**Nota.** Especificación de enfermedades que afectan la fresa tras la cosecha.

### 2.2.2. CALIDAD

Según Chuquimarca et al. (2024), la calidad interna de una fruta abarca sus aspectos característicos como el sabor en las que se considera la dulzura, acidez, amargor, salinidad, astringencia, aromas y compuestos volátiles, la textura como la firmeza, “cruch”, jugosidad, ternura, masticabilidad y presencia de fibras, el contenido nutricional (grasas, carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales) y los posibles defectos internos (como cavidades, núcleo acuoso, daños por congelación o podredumbre). La evaluación de estos parámetros generalmente se requiere métodos donde se destruya la fruta, lo que limita su aplicación a un número reducido de muestras.

La calidad externa de una fruta tiene características como el tamaño (peso, volumen y dimensiones), la forma (diámetro y proporción de profundidad), el color (uniformidad e intensidad), así como los defectos visibles (patógenos fúngicos, perforaciones y manchas). Estos aspectos pueden evaluarse utilizando técnicas no destructivas, como los métodos de imagenología que no emplean radiación.

Según López (2022), presenta la teoría de estas definiciones:

- **pH.** Es un parámetro empleado para determinar el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia, generalmente líquida. Se define como el exponente positivo de la concentración de iones hidrógeno presentes. Los valores de pH varían en una escala de 0 a 14, siendo 7 el punto neutro a una temperatura de 25 °C. Una sustancia se considera ácida si su pH está entre 0 y 7, y básica si se encuentra entre 7 y 14. Cuanto más se aleja el valor de 7, mayor es el grado de acidez o basicidad de la muestra, siempre considerando una temperatura de 25 °C.
- **Medidor de % acidez titulable.** Es la representación de la cantidad de ácido en una fruta, la cantidad total de iones hidrogeno que están disponibles para ser neutralizados. Es importante porque evalúa la calidad y madurez de los productos, influye en el sabor y estabilidad de los alimentos, ya que contribuye al sabor agrio o acidez de la misma.

Pasos para medir la acidez titulable:

- Cargar la bureta con hidróxido de sodio 0.1 N.
- Medir 50 g o 10 ml de fruta en el vaso de precipitado
- Se agrega 10 ml de agua destilada
- Adicionar 3 gotas de fenolftaleína
- Descargar lentamente el hidróxido de sodio en el vaso precipitado hasta que empiece de color violáceo y apuntar la cantidad necesaria para generar ese color.

Calcular con la fórmula:

$$\% \text{Acidez} = (N \cdot VD \cdot \text{Meq}/M) \cdot 100$$

N: normalidad de reactivo

VD: Volumen de Hidróxido de sodio

Meq: Miliequivalentes del ácido dominante

M: Gramos de la muestra

**Tabla 4.** Parámetro de acidez titulable en frutas

| Frutas         | Acidez titulable % (g/100ml) |
|----------------|------------------------------|
| Manzana y pera | 0.36-0.80                    |
| Ciruela        | 0.94-1.64                    |
| Uva            | 0.4-0.9                      |
| Arándanos      | 1.6-3.6                      |
| Pomelo         | 1.2-2.0                      |
| Limonas        | 4-6.2                        |
| Mango          | 0.34-0.84                    |
| Naranja        | 0.8-1.4                      |
| Melocotón      | 0.24-0.94                    |
| Piña           | 0.7-1.6                      |
| Fresa          | 0.6-1.1                      |
| Tomate         | 0.34-1.00                    |

**Nota.** Los valores de acidez titulable están expresados en gramos de ácido por cada 100 ml de jugo de fruta.

- **Medición de Brix.** Se refiere a la estipulación del porcentaje de sólidos solubles o azúcares en la muestra utilizando para ello un prisma refractométrico. Se utiliza para determinar la madurez, calidad y sabor de las frutas. Esta evaluación se realiza comúnmente con un refractómetro y su principio se basa en la relación directa entre la densidad y el índice de refracción.

**Tabla 5.** Parámetro de grados Brix en frutas

| Fruta     | Grados Brix |
|-----------|-------------|
| Manzana   | 12-18       |
| Fresa     | 7-14        |
| Cereza    | 15-25       |
| Arándano  | 10-15       |
| Mora      | 9-12        |
| Mandarina | 11-13       |

**Nota.** Los valores de grados Brix indican el contenido de azúcares solubles en las frutas.

### 2.2.3. SILICIO

El silicio es un elemento químico con el símbolo Si, número atómico 14 y peso atómico 28,086. El silicio es el segundo elemento de mayor cantidad en la corteza de la tierra con un 27%, después del oxígeno con un 45,5% que se encuentra asociado en el ambiente en forma de dióxido de silicio y silicatos complejos

El silicio se utiliza en una variedad de procesos industriales, la mayoría en forma de los minerales naturales. Se obtienen principalmente para la industria de construcción y las cerámicas, un porcentaje muy pequeño es empleado para la industria metalúrgica para materias químicas como carburo de silicio, silicatos solubles, gel de sílice, etc. (Alonso, 2019)

### 2.2.4. SILICIO EN LAS PLANTAS

El silicio tiene como función aumentar el grosor de la cutina del tallo, así también como el crecimiento del sistema vascular, así evita la inclinación o caída de cultivos de su posición

vertical. El silicio tiene influencia en las funciones de las plantas, como es la respiración y transpiración, evitando la rápida deshidratación por los cambios climáticos. El silicio beneficia en mejorar el equilibrio de carbono en las hojas, lo que incrementa persistencia, mejorando la fijación de carbono en el proceso de la fotosíntesis, evitando la competencia con el nitrógeno.

Posee efectos preventivos, ya que ayuda a proteger contra ciertas plagas y enfermedades, gracias a la combinación de las defensas activas y pasivas de las plantas.

Los beneficios del silicio es aumentar la resistencia a condiciones adversas de requerimientos hídricos, por eso es importante en condiciones de estrés durante el desarrollo del cultivo, también se enfoca en el sistema radicular activando los mecanismos de defensa contra hongos de suelo. (Hurtado, 2021)

El silicio actúa reduciendo la transpiración y la pérdida de agua, lo que forma una capa de silicio bajo la cutícula de las hojas, limita la absorción de sodio y cloro, lo que resulta en un aumento de potasio, calcio y magnesio. Esto es de gran importancia en la calidad y cantidad de producción. También contribuye en la rigidez de la pared celular del polen lo que garantiza una polinización eficaz y mayor productividad, aumenta la eficacia fotosintética de las plantas al mejorar la absorción de nutrientes y perfeccionar el uso de luz solar, siendo una planta mas vigorosa y con mayores condiciones de producción. (Futureco Bioscience , 2024)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. MATERIALES**

##### ***3.1.1. Material de oficina***

- Lapicero
- Hoja bond A4
- Lápiz
- Cuaderno

##### ***3.1.2. Materiales de campo***

- Mochila fumigadora
- Hilos de colores
- Baldes

##### ***3.1.3. Material de laboratorio***

- Bureta
- Vaso de precipitación
- Brixometro
- pHmetro
- Mortero

##### ***3.1.4. Bienes***

- Laptop
- Impresora
- Celular

##### ***3.1.5. Insumos de laboratorio***

- Agua destilada
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio

### **3.1.6. Insumos de campo**

- Silicato de potasio
- Pegamento siliconado

### **3.1.7. Contratación de servicios**

- Movilidad
- Internet

## **3.2. LOCALIZACIÓN**

El lugar donde se realizó el proyecto de investigación es en La Carbonera, Distrito de Nuevo Chimbote, con coordenadas: 9°04'57"S 78°24'28"W



**Figura 1.** Ubicación del área experimental

## **3.3. MÉTODO**

Este trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo.

## **3.4. PROPUESTA EXPERIMENTAL**

### **3.4.1. Diseño de investigación**

La investigación se realizó utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA), conformado por cuatro tratamientos, correspondientes a tres dosis de silicio y un tratamiento testigo. Cada tratamiento contó con tres repeticiones, dando un total de doce unidades experimentales. La asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se efectuó

mediante aleatorización simple, utilizando un sorteo previo para garantizar que todas las unidades experimentales tuvieran la misma probabilidad de recibir cualquiera de los tratamientos y minimizar el efecto de factores externos. Cada unidad experimental estuvo conformada por **27 plantas de fresa**, de las cuales se evaluó un fruto por planta al momento de la cosecha.

### **3.4.2. Población y muestra**

La población de este estudio comprende un total de 2000 plantas de fresa del terreno agrícola ubicado en el valle de la carbonera, donde se enfrenta una problemática de calidad química poscosecha del cultivo.

La muestra seleccionada para el presente estudio corresponde a 322 plantas donde se tomaron aleatoriamente con un nivel de confianza de 95%, nivel de confianza de 1.960 y error de 0.05, garantizando que sea representativa de las condiciones del área total afectada

$$n = \frac{Z^2 p \cdot q \cdot N}{E^2(N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

n: Tamaño de muestra

N: Tamaño de población (2000 plantas)

Z: Nivel de confianza (95% - 1.96)

p: Probabilidad de éxito (0.5)

q: 1-p

e: Error permitido (5%-0.05)

$$n = \frac{(1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5) \cdot 2000}{(0.05)^2 \cdot (2000 - 1) + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

Por lo tanto, se establecerá una muestra de 322 plantas

### **3.5. EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS**

La cosecha de los frutos se realizó cuando estos alcanzaron el estado de madurez comercial, correspondiente a una coloración roja uniforme en más del 90 % de la superficie del fruto, criterio utilizado para garantizar la homogeneidad de las muestras destinadas a los análisis

fisicoquímicos.

Se recolectó un fruto por cada planta evaluada de las doce unidades experimentales, obteniéndose un total de **322 frutos**, los cuales fueron distribuidos entre los cuatro tratamientos y sus tres repeticiones. Cada fruto constituyó una unidad de análisis para las evaluaciones de calidad química.

Las variables evaluadas fueron los **sólidos solubles totales (°Brix), el pH y la acidez titulable**.

**Determinación de sólidos solubles totales (°Brix).** La evaluación se realizó en el laboratorio de Agroindustria. De cada fruto se extrajo el zumo y se colocaron unas gotas sobre el prisma de un refractómetro previamente calibrado. El resultado se registró en grados Brix (°Brix).

**Determinación del pH.** Del mismo zumo obtenido de cada fruto se determinó el pH utilizando un potenciómetro (pH-metro) previamente calibrado con soluciones buffer. Los valores obtenidos se registraron individualmente para cada muestra.

**Determinación de la acidez titulable.** Para cada muestra se colocaron 10 mL de zumo de fresa en un vaso de precipitación, a los que se añadieron 10 mL de agua destilada y tres gotas de fenolftaleína como indicador. Posteriormente, la muestra se tituló con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, agregándola lentamente desde una bureta hasta observar un cambio permanente de coloración a rosado. Se registró el volumen de NaOH consumido y, posteriormente, se calculó el porcentaje de acidez titulable mediante la fórmula correspondiente, expresando los resultados como porcentaje de ácido cítrico.

### **3.6. VARIABLES EN ESTUDIO**

#### **3.6.1. Variable independiente**

Se considera como variable independiente a la aplicación del silicio

#### **3.6.2. Variable dependiente**

Se considera como variable dependiente a:

- Calidad química

**Dimensiones de variable dependiente**

- Brix
- pH
- Acidez titulable

**Tabla 6.** Tabla de operacionalización

| <b>Variable</b>                                                     | <b>Definición conceptual</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Definición operacional</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Dimensiones</b>                                            | <b>Indicadores</b>                                 | <b>Ítems</b>                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variable independiente:<br><b>Silicio</b>                           | El silicio, identificado con el símbolo Si, posee un número atómico de 14 y un peso atómico de 28,086. Es considerado el metaloide más común en la corteza terrestre, después del oxígeno. Se reconoce por su aspecto brillante similar al metal y por su fragilidad, ya que tiende a quebrarse con facilidad. (lenntech, 2020) | El silicio es un elemento que ayuda a la estructura y mejora el reforzamiento de la pared celular, fortaleciendo la sensibilidad física del vegetal, cuidando y protegiendo frente a situaciones adversas en desarrollo vegetativo o poscosecha que pueden presentarse como plagas y enfermedades. | Aplicación foliar en dosis de 500 L, 700 L y 1 L por hectárea | Resistencia mecánica a poscosecha                  | Litros, mililitros                                                                            |
| Variable dependiente:<br><b>Calidad Química poscosecha de fresa</b> | Chuquimarca et al. (2024), la calidad interna de una fruta incluye aspectos como el sabor, la textura, el valor nutricional y posibles defectos, y su análisis suele requerir métodos destructivos, lo que limita la cantidad de muestras evaluadas.                                                                            | Conjunto de atributos sensoriales, nutricionales y estructurales evaluados mediante análisis destructivos como sólidos solubles, pH y acidez titulable, en una muestra representativa de la fruta en poscosecha                                                                                    | 1. Brix<br>2. Ph<br>3. Acidez titulable                       | Nivel de madurez<br>Nivel de ph<br>Nivel de acidez | 1. Contenido de sólidos solubles (%).<br>2. Valor promedio de pH.<br>3. % de acidez titulable |

**Nota.** Se detalla la operacionalización de variables e indicadores.

### 3.7. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

El experimento estuvo conformado por cuatro tratamientos: un tratamiento testigo (T0), sin aplicación de silicio, y tres tratamientos con diferentes dosis del fertilizante foliar **Esenfol Silicio**. El producto presentó una composición de **56 % de silicato de potasio ( $K_2SiO_3$ )**, **29 % de dióxido de silicio ( $SiO_2$ )** y **27 % de óxido de potasio ( $K_2O$ )**. Las dosis evaluadas fueron: **T1: 500 mL ha<sup>-1</sup>**, **T2: 700 mL ha<sup>-1</sup>** y **T3: 1 L ha<sup>-1</sup>**.

La aplicación del producto se realizó por vía foliar, efectuándose un total de **cuatro aplicaciones**, con una frecuencia de **una aplicación por semana durante cuatro semanas consecutivas**, utilizando un equipo de aspersión para asegurar una distribución uniforme del producto sobre el follaje de las plantas.

### 3.8. DETALLE DEL ÁREA Y UNIDADES EXPERIMENTALES

#### *Detalle de la unidad experimental*

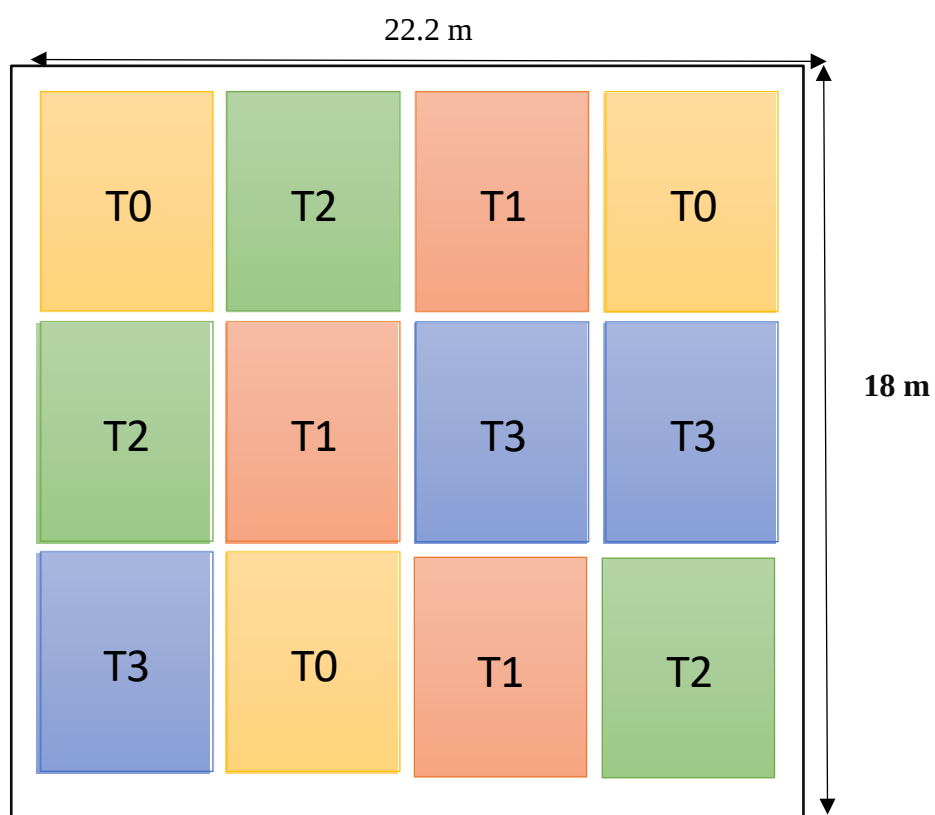
- Número de tratamientos: 4
- Número de repeticiones: 3
- Número de unidades experimentales: 12
- Numero de plantas de muestra: 322
- Numero de planta por unidad experimental: 27

#### *Campo experimental*

- Largo del área experimental: 18 m
- Ancho del área experimental: 22.2 m
- Área experimental: 400 m<sup>2</sup>

**Tabla 7.** Descripción de los tratamientos del proyecto

| TRATAMIENTOS | CLAVE | DESCRIPCIÓN (Ha) |
|--------------|-------|------------------|
| <b>T0</b>    | S0    | Sin silicio      |
| <b>T1</b>    | S1    | 500 ml           |
| <b>T2</b>    | S2    | 700 ml           |
| <b>T3</b>    | S3    | 1 L              |



**Figura 2.** Croquis de tratamientos

### 3.9. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### a) Técnica para el procesamiento de datos

Como instrumento se empleó la ficha de evaluación, luego los datos obtenidos se trasladaron al programa Excel para hallar los promedios.

Al recopilar todos los datos necesarios fueron sometidos al programa SPSS a un análisis de varianza (ANOVA)

**Tabla 8.** ANOVA

| <b>FV</b>           | <b>SC</b> | <b>GL</b>  | <b>CM</b>                       | <b>F0</b>           |
|---------------------|-----------|------------|---------------------------------|---------------------|
| <b>Tratamientos</b> | $SC_{TR}$ | <b>k-1</b> | $CM_{TR} = \frac{SC_{TR}}{k-1}$ | $CM_{TR}$<br>$CM_E$ |
| <b>Error</b>        | $SC_E$    | <b>N-k</b> | $CM_E = \frac{SC_E}{N-K}$       |                     |
| <b>Total</b>        | $SC_T$    | <b>N-1</b> |                                 |                     |

#### b) Modelo estadístico:

Respecto al modelo estadístico que se utilizó en el trabajo de investigación, fue el siguiente:

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

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto de i-ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = error experimental en la unidad j del tratamiento i

#### c) Programa estadístico

Se recolectaron los datos necesarios en la cartilla de evaluación, luego los datos se colocaron en el programa de IBM SPSS statistics, estos datos se sometieron al análisis de varianza (ANOVA) en dicho programa.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Grado Brix de la fresa en poscosecha

**Tabla 9.** Evaluación de Brix en muestras del cultivo de fresa

| Tratamiento | Repetición 1 | Repetición 2 | Repetición 3 | Promedio |
|-------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| T0          | 8.00         | 9.00         | 7.00         | 8.00     |
| T1          | 11.00        | 6.00         | 7.00         | 8.00     |
| T2          | 9.00         | 6.00         | 9.00         | 8.00     |
| T3          | 8.00         | 10.00        | 11.00        | 10.00    |

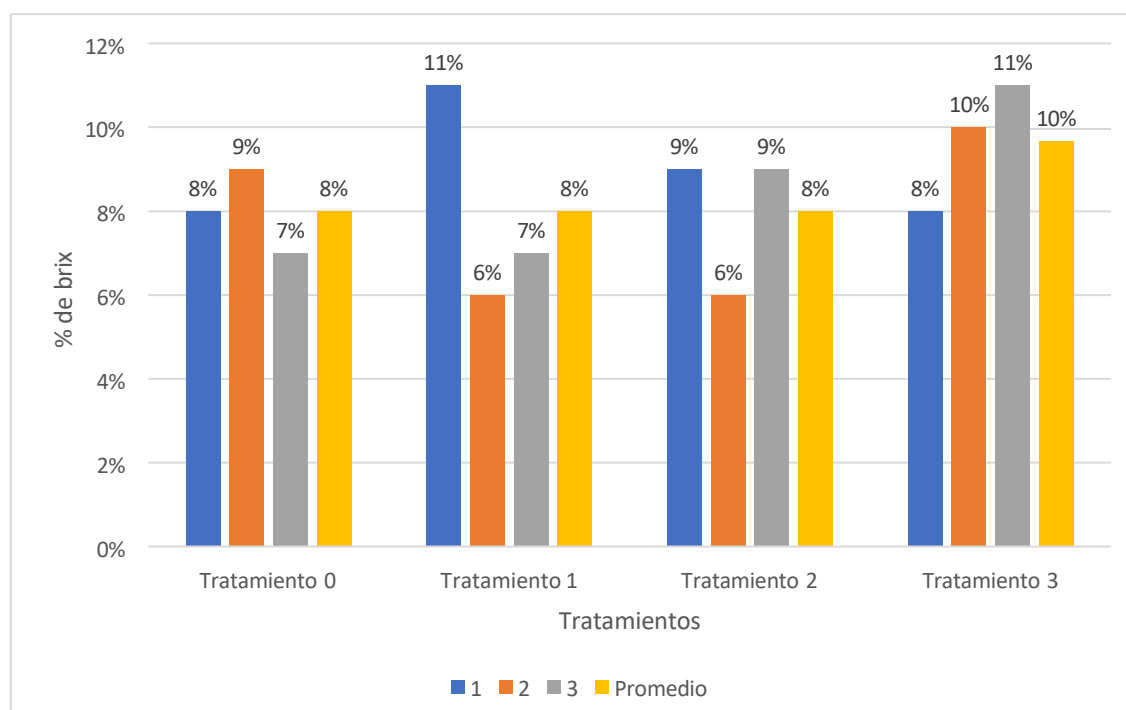
Los tratamientos 0, 1 y 2 presentan un promedio de 8% de sólidos solubles, evidenciando una relativa uniformidad en el contenido de azúcares entre estos tratamientos. En contraste, el tratamiento 3 alcanza un promedio de 10%, mostrando un mayor grado Brix en comparación con los demás. Asimismo, se observa variabilidad en los valores individuales, destacando que en la tercera evaluación el tratamiento 3 registró el valor más alto (11%), lo que sugiere una mayor acumulación de azúcares en este tratamiento durante la poscosecha.

En relación con el objetivo específico se determinó el contenido de °Brix en los frutos de fresa, evidenciando que la aplicación de silicio no generó incrementos marcados en el promedio general de sólidos solubles.

**Tabla 10.** ANOVA dimensión Brix

|                         | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F    | Sig. |
|-------------------------|----------------------|----|---------------------|------|------|
| <b>Entre grupos</b>     | 6,250                | 3  | 2,083               | ,625 | ,619 |
| <b>Dentro de grupos</b> | 26,667               | 8  | 3,333               |      |      |
| <b>Total</b>            | 32,917               | 11 |                     |      |      |

Se presenta el valor de la estadística F, calculado en 0.625. Este resultado arrojó un nivel de significancia (p) de 0.619, el cual es superior al nivel de significancia establecido de 0.05. En ese sentido, se determina que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados en cuanto al grado Brix en las muestras de fresa en poscosecha. Por lo tanto, se concluye que los tratamientos aplicados no influyen de manera significativa en el contenido de sólidos solubles (°Brix)

**Figura 3.** Comparación de °Brix en frutos de fresa bajo distintos tratamientos

Se presentan los valores de °Brix obtenidos en frutos de fresa para cuatro tratamientos (Tratamiento 0, 1, 2 y 3), con tres evaluaciones (1, 2 y 3), además de su respectivo promedio, diferenciados por colores. Se observa que los tratamientos 0, 1 y 2 muestran valores relativamente similares, con promedios cercanos al 8%, lo que indica una uniformidad en el contenido de sólidos solubles entre estos tratamientos.

Por otro lado, el tratamiento 3 presenta valores ligeramente superiores, alcanzando un promedio de 10%, destacando principalmente en la tercera evaluación con el valor más alto (11%). A pesar de estas variaciones, en general no se evidencian diferencias marcadas entre la mayoría de los tratamientos, manteniéndose una tendencia relativamente homogénea en el contenido de °Brix. Esto sugiere que los tratamientos aplicados no generaron un impacto significativo en la concentración de azúcares en los frutos de fresa durante la poscosecha.

#### 4.1.2. pH en el zumo de fresa en poscosecha

**Tabla 11.** Evaluación de pH en muestras de cultivo de fresa

| Tratamiento | Repetición 1 | Repetición 2 | Repetición 3 | Promedio |
|-------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| T0          | 3.59         | 3.00         | 3.68         | 3.42     |
| T1          | 3.31         | 3.32         | 3.42         | 3.35     |
| T2          | 3.28         | 3.87         | 3.63         | 3.59     |
| T3          | 3.51         | 3.52         | 4.29         | 3.77     |

El tratamiento 3 presenta el mayor valor promedio de pH (3.77), seguido del tratamiento 2 (3.59), mientras que los tratamientos 0 y 1 muestran valores menores, con promedios de 3.42 y 3.35, respectivamente. Asimismo, se observa variabilidad en los valores individuales, destacando que en la tercera evaluación el tratamiento 3 alcanzó el valor más alto (4.29),

evidenciando una mayor tendencia a la reducción de acidez en comparación con los demás tratamientos.

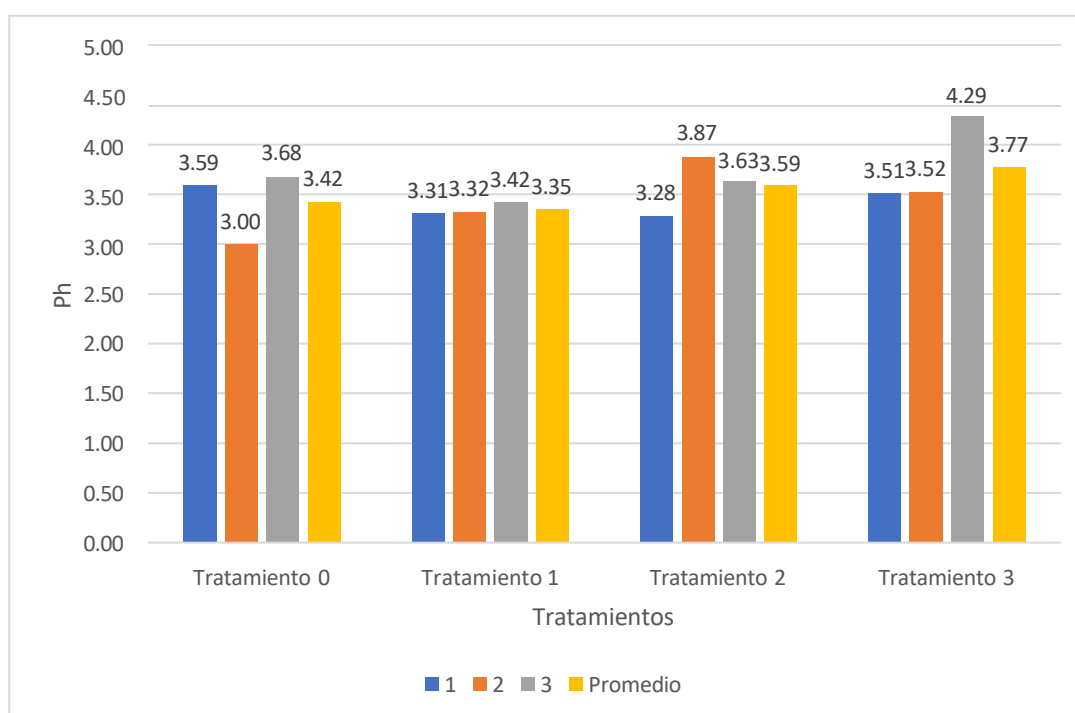
De acuerdo al objetivo específico, se determinó el pH del fruto en poscosecha, evidenciando variaciones leves entre tratamientos, sin cambios drásticos en la acidez del zumo.

**Tabla 12.** ANOVA dimensión pH

|                         | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F    | Sig. |
|-------------------------|----------------------|----|---------------------|------|------|
| <b>Entre grupos</b>     | ,140                 | 3  | ,047                | ,749 | ,553 |
| <b>Dentro de grupos</b> | ,500                 | 8  | ,062                |      |      |
| <b>Total</b>            | ,640                 | 11 |                     |      |      |

Se presenta el valor de la estadística F, calculado en 0.749. Este resultado arrojó un nivel de significancia (p) de 0.553, el cual es superior al nivel de significancia establecido de 0.05. En ese sentido, se determina que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados con respecto al pH en las muestras de fresa.

Por lo tanto, los tratamientos aplicados no influyen de manera significativa en el nivel de acidez del fruto en poscosecha



**Figura 4.** Comparación de pH en frutos de fresa bajo distintos tratamientos

Se presentan los valores de pH obtenidos en frutos de fresa para cuatro tratamientos (Tratamiento 0, 1, 2 y 3), con tres evaluaciones (1, 2 y 3), además de su respectivo promedio, diferenciados por colores. Se observa que el Tratamiento 1 muestra los valores de pH más bajos, con un promedio cercano a 3.35, lo que indica una menor variación en comparación con los demás tratamientos.

Por otro lado, los Tratamientos 2 y 3 presentan valores de pH más elevados, destacando especialmente el Tratamiento 3, que alcanza el valor máximo en la tercera evaluación (4.29) y un promedio aproximado de 3.77. El Tratamiento 0 presenta valores intermedios, con un promedio cercano a 3.42, mostrando cierta variabilidad entre sus evaluaciones.

#### 4.1.3. Acidez titulable en el zumo de fresa en poscosecha

**Tabla 13.** Evaluación de Acidez Titulable en muestras de cultivo de fresa

| TRATAMIENTOS  | Repeticiones | Peso (gr) | NaOH (ml) | Agua destilada (ml) | Ac. predominante (gr/meq) | % Ac. Titulable | Promedio |
|---------------|--------------|-----------|-----------|---------------------|---------------------------|-----------------|----------|
| Tratamiento 0 | 1            | 5.69      | 1.29      | 20                  | 0.064                     | 0.15            | 0.14     |
|               | 2            | 5.43      | 1.25      | 20                  | 0.064                     | 0.15            |          |
|               | 3            | 5.59      | 1.23      | 20                  | 0.064                     | 0.14            |          |
| Tratamiento 1 | 1            | 5.52      | 1.01      | 20                  | 0.064                     | 0.12            | 0.13     |
|               | 2            | 5.21      | 0.97      | 20                  | 0.064                     | 0.12            |          |
|               | 3            | 5.6       | 1.22      | 20                  | 0.064                     | 0.14            |          |
| Tratamiento 2 | 1            | 5.08      | 2         | 20                  | 0.064                     | 0.25            | 0.18     |
|               | 2            | 5.49      | 1.59      | 20                  | 0.064                     | 0.19            |          |
|               | 3            | 5.49      | 0.95      | 20                  | 0.064                     | 0.11            |          |
| Tratamiento 3 | 1            | 5.58      | 1.44      | 20                  | 0.064                     | 0.17            | 0.15     |
|               | 2            | 5.3       | 1.22      | 20                  | 0.064                     | 0.15            |          |
|               | 3            | 5.44      | 1.17      | 20                  | 0.064                     | 0.14            |          |

De acuerdo con la Tabla 13, el tratamiento 2 presenta el mayor promedio de acidez titulable (0.18%), evidenciando una mayor concentración de ácidos en comparación con los demás tratamientos. Por su parte, el tratamiento 3 muestra un promedio de 0.15%, seguido del

tratamiento 0 con 0.14%, mientras que el tratamiento 1 presenta el menor valor promedio (0.13%). Asimismo, se observa cierta variabilidad en los valores individuales, destacando que en el tratamiento 2 se registra el valor más alto (0.25%) en la primera repetición.

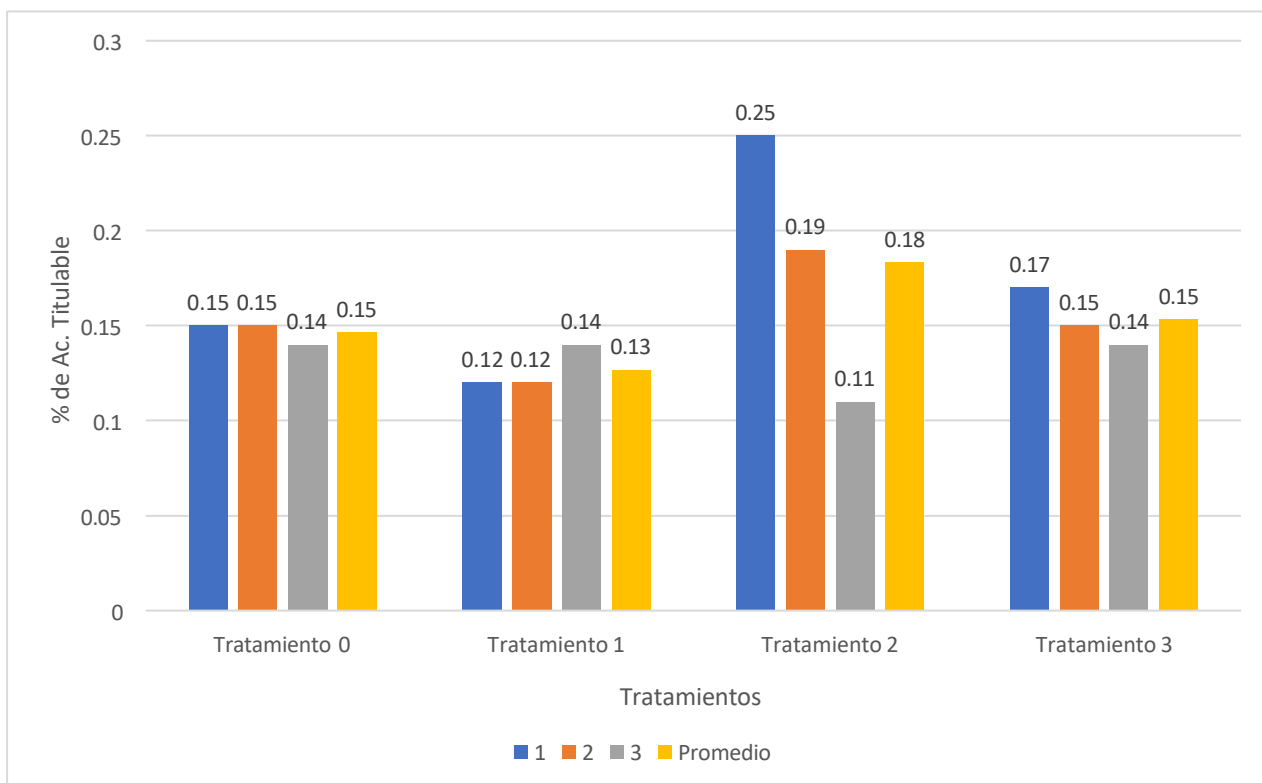
En relación con el objetivo específico, se determinó la acidez titulable en los frutos de fresa, observándose variaciones entre tratamientos sin un patrón definido asociado a la aplicación de silicio.

**Tabla 14.** ANOVA dimensión Acidez Titulable

|                         | Suma de<br>cuadrados | gl | Media<br>cuadrática | F     | Sig. |
|-------------------------|----------------------|----|---------------------|-------|------|
| <b>Entre grupos</b>     | ,005                 | 3  | ,002                | 1,240 | ,358 |
| <b>Dentro de grupos</b> | ,011                 | 8  | ,001                |       |      |
| <b>Total</b>            | ,016                 | 11 |                     |       |      |

Se presenta el valor de la estadística F, calculado en 1.240. Este resultado arrojó un nivel de significancia (p) de 0.358, el cual es superior al nivel de significancia establecido de 0.05. En ese sentido, se determina que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados en relación con la acidez titulable en las muestras de fresa.

Por lo tanto, se concluye que los tratamientos aplicados no influyen de manera significativa en el contenido de ácidos del fruto en poscosecha.



**Figura 5.** Comparación de acidez titulable en frutos de fresa bajo distintos tratamientos

Se presentan los valores de acidez titulable en frutos de fresa para cuatro tratamientos (Tratamiento 0, 1, 2 y 3), con tres evaluaciones y su respectivo promedio. Se observa que el Tratamiento 1 presenta los valores más bajos, con un promedio cercano a 0.13, lo que indica menor acidez en comparación con los demás tratamientos.

Por otro lado, el Tratamiento 2 muestra los valores más altos y mayor variabilidad, destacando la primera evaluación con 0.25, seguida de una disminución en las evaluaciones posteriores, alcanzando un promedio aproximado de 0.18. En cuanto a los Tratamientos 0 y 3, estos presentan valores intermedios, con promedios cercanos a 0.15.

## 4.2. Discusión

La aplicación de silicio no mostró diferencias significativas en el pH, °Brix ni acidez titulable en los frutos de fresa ( $p > 0.05$ ), lo que indica que este elemento no influyó en la calidad interna del fruto bajo las condiciones evaluadas. Este comportamiento puede explicarse debido a que el efecto del silicio depende de factores como la dosis aplicada, la forma de absorción, las condiciones edafoclimáticas y la capacidad fisiológica del cultivo para asimilarlo.

En ese sentido, los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Cazarez et al. (2022), quienes señalaron que la aplicación de silicio y cloro en pepino y tomate no generó mejoras consistentes en variables de calidad como sólidos solubles, pH y acidez titulable, evidenciando que su efecto es variable según el cultivo y la dosis aplicada.

De manera similar, Mateus (2024) encontró que el silicio en tomate no siempre mejora las variables de calidad, observándose incluso efectos negativos en algunas dosis elevadas, lo que sugiere que una concentración inadecuada puede limitar la respuesta fisiológica del cultivo.

Asimismo, Romero (2019) reportó que, aunque el silicio puede mejorar aspectos físicos como la firmeza y el rendimiento, no necesariamente genera cambios significativos en parámetros de calidad interna como °Brix y acidez titulable, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación.

En contraste, Núñez et al. (2025) evidenció que el silicio favoreció el crecimiento y rendimiento del cultivo, pero sin efectos significativos en la calidad del fruto, lo que refuerza la idea de que su acción está más relacionada con procesos fisiológicos que con la modificación de la calidad interna del fruto.

Sin embargo, estos resultados difieren de lo encontrado por Jiménez (2024), quien reportó mejoras en el contenido de sólidos solubles y características físicas del fruto de fresa bajo condiciones de agricultura vertical. Esta diferencia podría deberse a las condiciones de cultivo más controladas, mayor eficiencia en la absorción del silicio y diferencias en el sistema

de aplicación (drench y foliar), lo cual incrementa su disponibilidad para la planta.

Finalmente, también difiere de lo reportado por Sarmiento y Sarmiento (2024) y Castañeda y Romero (2021), quienes encontraron efectos positivos en rendimiento, calidad y poscosecha. Estas diferencias podrían explicarse por la especie cultivada, ya que cultivos como coliflor y arándano presentan distinta capacidad de acumulación y respuesta al silicio en comparación con la fresa, además de diferencias en condiciones ambientales y manejo agronómico

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Los resultados obtenidos permitieron caracterizar la calidad química poscosecha de la fresa (*Fragaria* × *ananassa*), evidenciándose que la aplicación foliar de silicio en las dosis evaluadas no generó efectos significativos sobre los parámetros evaluados bajo las condiciones experimentales del valle La Carbonera.
- En relación con los sólidos solubles totales (°Brix), el análisis de varianza (ANOVA) evidenció ausencia de diferencias estadísticas entre tratamientos ( $p = 0.619$ ), lo que indica que la aplicación de silicio no influyó en la concentración de azúcares del fruto en etapa de poscosecha.
- Respecto al pH del zumo de fresa, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0.553$ ), lo que demuestra que las dosis de silicio aplicadas no modificaron la acidez interna del fruto.
- De manera similar, la acidez titulable no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p = 0.358$ ), evidenciando que la aplicación de silicio no influyó en este parámetro de calidad química del fruto. los tratamientos.

## 5.2. Recomendaciones

- Debido a que el estudio evaluó únicamente tres dosis de silicio en condiciones de campo, se recomienda que futuras investigaciones incluyan un mayor rango de concentraciones y aplicaciones por suelo, con el fin de determinar con mayor precisión el punto óptimo de respuesta del cultivo de fresa.
- Considerando que la evaluación poscosecha se realizó en un único momento de madurez comercial, se recomienda ampliar el análisis a diferentes estados de madurez y tiempos de almacenamiento, a fin de reducir la limitación asociada a la variabilidad fisiológica del fruto.
- Dado que la investigación se desarrolló bajo condiciones ambientales naturales del valle La Carbonera, se recomienda realizar estudios en condiciones controladas o semicontroladas, para disminuir el efecto de factores externos como temperatura, humedad y radiación en la respuesta del cultivo.
- Debido a que la evaluación se centró únicamente en variables fisicoquímicas (°Brix, pH y acidez titulable), se recomienda complementar con variables adicionales como firmeza, pérdida de peso y vida útil, para una mejor caracterización del efecto del silicio en la calidad poscosecha del fruto.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alonso, B. (2019). *Z = 14, silicio, Si segundo elemento más abundante.*

<https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/713963/9094393.pdf>

Carpio, A. (2020). *Evaluación del rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa (Fragaria × ananassa Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos, bajo sistema hidropónico en mangas verticales.*

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0d6a5db0-9b83-4be3-a6be-52ca1a51a9a1/content>

Castañeda, S., & Romero, R. (2021). *Efecto del silicio sobre la calidad del arándano (Vaccinium corymbosum L.) var. Biloxi.* <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3783>

Cázar, L., Partida, L., Velásquez, T., Ayala, F., Díaz, T., Yáñez, M., & López, C. (2022). Silicon and chlorine on growth, yield and postharvest quality of cucumber and tomato. *Terra Latinoamericana.* <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.994>

Chuquimarca, L., Vintimilla, B., & Velastin, S. (2024). A review of external quality inspection for fruit grading using CNN models. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2024.10.002>

Cuba, Y., & Villar, J. (2023). *Efecto del silicio en el control de Botrytis cinerea en Fragaria × ananassa “fresa” variedad San Andreas en Vinzos, Santa, Áncash – 2021.* <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4393/Tesis%20Cuba%20-%20Villar.pdf>

Futureco Bioscience. (2024, julio 29). *El silicio en las plantas.* <https://www.futurecobioscience.com/el-silicio-en-las-plantas/>

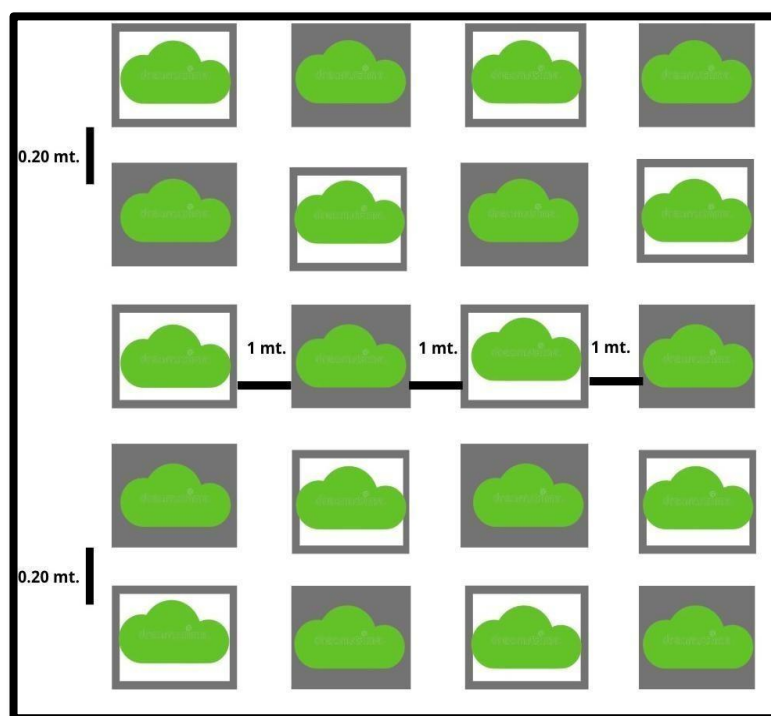
Hernández, R., Juárez, A., Pérez, A., Lozano, C., Zermeno, A., & González, A. (2022). Influencia de fertilizantes orgánicos y del silicio sobre la fisiología, el rendimiento y la calidad nutracéutica del cultivo de fresa. <https://doi.org/10.21640/ns.v14i28.3032>

Huacón, R. (2020). *Desarrollo morfológico y rendimiento de tres variedades de fresa mediante un sistema hidropónico NFT.* <http://181.198.35.98/Archivos/HUACON%20COELLO%20RUBEN%20DARIO.pdf>

Hurtado, J. (2021). Silicio, nutriente eficaz para la defensa contra fitopatógenos.

- <https://agroexcelencia.com/silicio-nutriente-eficaz-para-la-defensa-contra-fitopatogenos/>
- Jares, J., & Cordero, J. (2023). Actualmente la industria de la fresa en Perú se maneja con variedades muy degeneradas. <https://agraria.pe/noticias/actualmente-la-industria-de-la-fresa-en-peru-se-maneja-con-v-31153>
- Jiménez, U. (2024). *La aplicación de silicio aumenta la calidad de frutos en plantas de fresa crecidas en agricultura vertical con iluminación artificial*.  
<https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/50081>
- Jiménez, Y. (2024, agosto 28). La Botrytis podría llegar a causar hasta un 65% de daño en cultivos.  
<https://agraria.pe/noticias/la-botrytis-podria-llegar-a-causar-hasta-un-65-de-dano-en-lo-36830>
- López, A. (2022). *Determinación del comportamiento y relación de los parámetros fisicoquímicos de bebida carbonatada*.  
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/17980/1/Anna%20Isabel%20L%C3%B3pez%20Cord%C3%B3n.pdf>
- Mateus, D. (2024). *Evaluación de silicio líquido sobre el crecimiento, calidad de fruto y poscosecha en tomate (Solanum lycopersicum var. Chonto)*.  
<https://repository.udca.edu.co/entities/publication/61b30206-318a-47bf-9176-4de279a2dfc9>
- Muyulema, M. (2021). *Evaluación de la productividad de dos orígenes de fresa variedad Albión*.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/026eeee2-d781-403a-a2db-b8b4e7c47637/content>
- Núñez, R., Bueno, J., Chamú, J., Martínez, M., & Antúnez, O. (2025). Soluciones nutritivas y aplicación foliar de silicio en la producción hidropónica de chile serrano.  
<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2563>
- Romero, R. (2019). *Aplicación foliar y al suelo de fuentes de silicio para mejorar la calidad postcosecha en limón persa*.  
[http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3581/Romero\\_Martinez\\_R.pdf](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3581/Romero_Martinez_R.pdf)
- Sarmiento, Y., & Sarmiento, J. (2024). *Efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor*.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4778>

## VII. ANEXOS



**Anexo 1.** Distribución y dimensiones del área experimental



**Anexo 2.** Medición y delimitación del área experimental

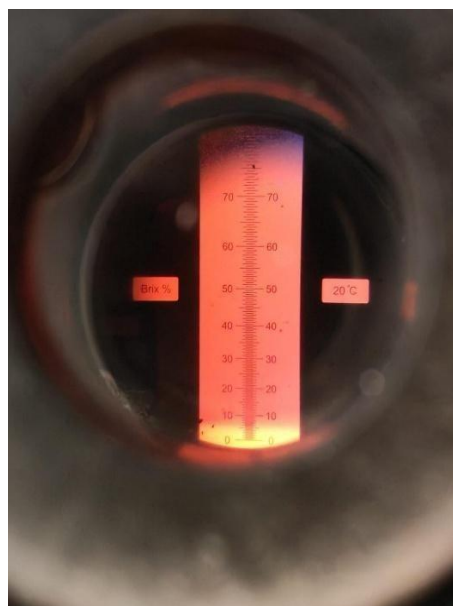
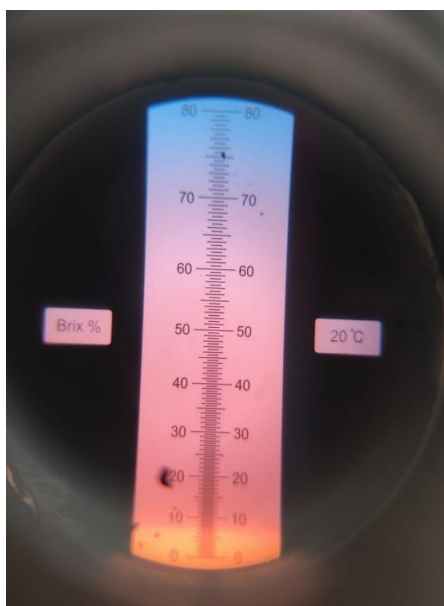
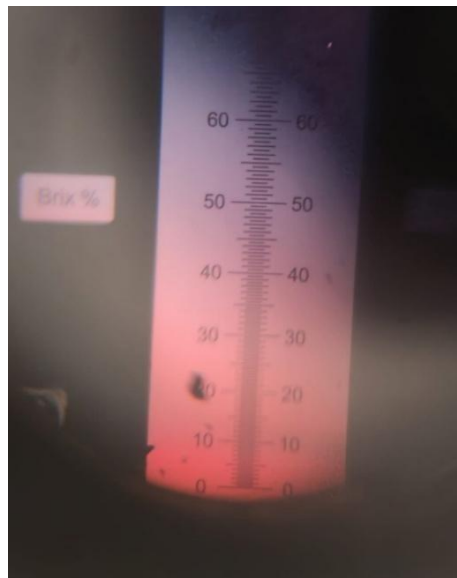
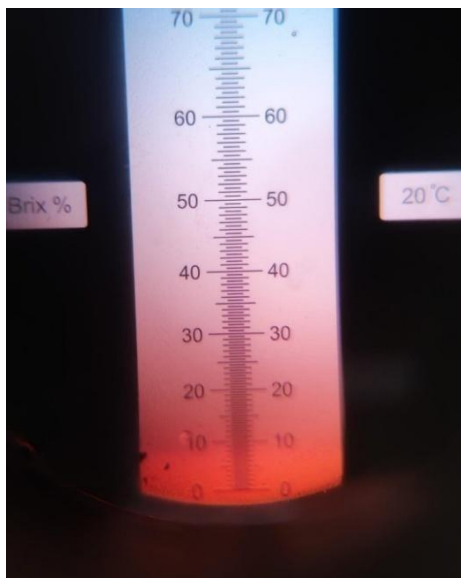
### Anexo 3. Aplicaciones de silicio en el cultivo de fresa

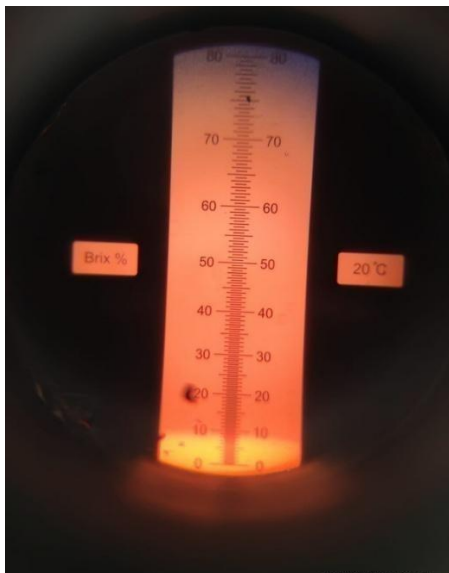
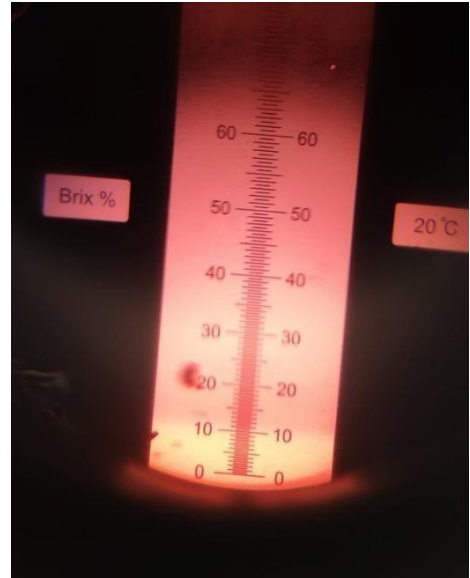


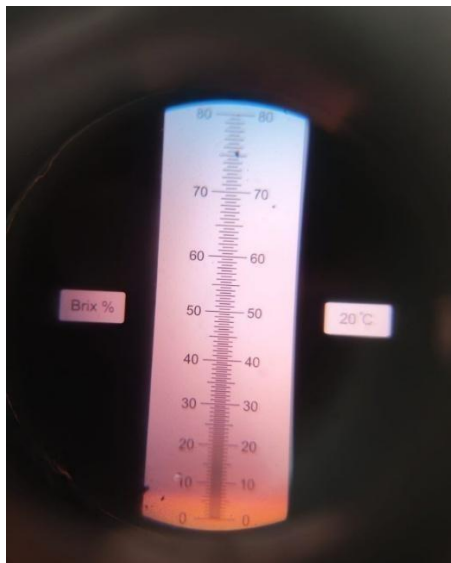
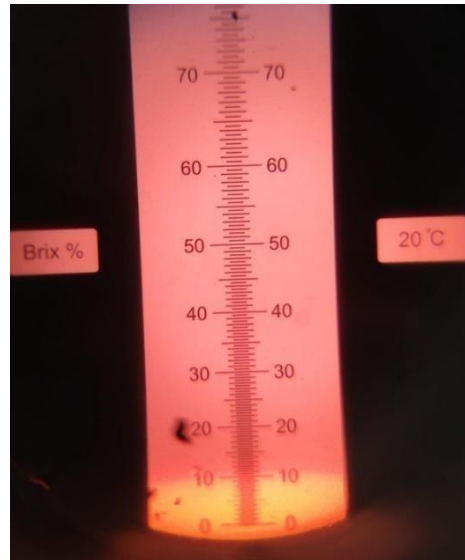
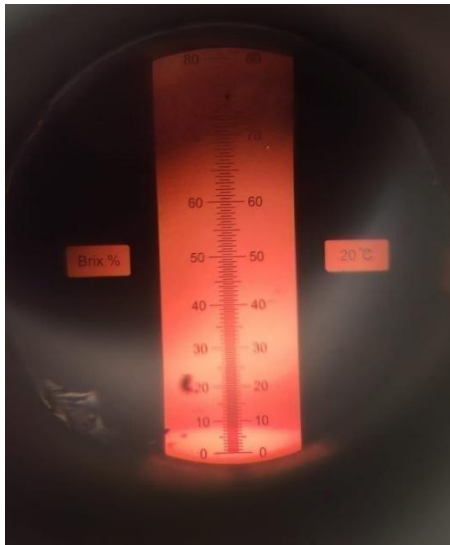


**Anexo 4.** Recolección de muestras de frutos de fresa

**Anexo 5.** Medición de solidos solubles(°brix) de zumo de fresa

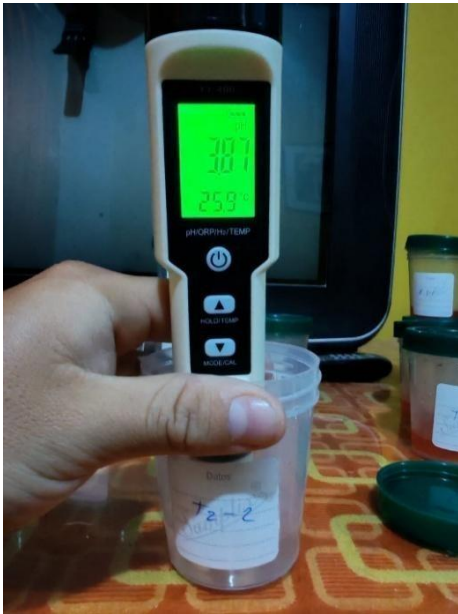






## Anexo 6. Medición de pH de zumo de fresa









**Anexo 7.** Extracción de sumo para determinar la acidez titulable



**Anexo 8.** Determinación de acidez titulable mediante titulación

### **LISTA DE SIGLA**

| <b>Sigla / Abreviatura</b>          | <b>Significado</b>                                                              |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>°Brix</b>                        | Grados Brix, unidad que mide la concentración de sólidos solubles en soluciones |
| <b>pH</b>                           | Potencial de hidrógeno, indicador de acidez o alcalinidad                       |
| <b>ANOVA</b>                        | Análisis de varianza                                                            |
| <b>NaOH</b>                         | Hidróxido de sodio                                                              |
| <b>N</b>                            | Normalidad (concentración de soluciones químicas)                               |
| <b>Si</b>                           | Silicio                                                                         |
| <b>SiO<sub>2</sub></b>              | Dióxido de silicio                                                              |
| <b>K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub></b> | Silicato de potasio                                                             |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>               | Óxido de potasio                                                                |
| <b>DCA</b>                          | Diseño completamente al azar                                                    |
| <b>SST</b>                          | Sólidos solubles totales                                                        |
| <b>CV</b>                           | Coeficiente de variación                                                        |
| <b>ha<sup>-1</sup></b>              | Hectárea                                                                        |
| <b>mL</b>                           | Mililitro                                                                       |
| <b>L</b>                            | Litro                                                                           |
| <b>g</b>                            | Gramo                                                                           |
| <b>t/ha</b>                         | Toneladas por hectárea                                                          |
| <b>cm<sup>3</sup></b>               | Centímetro cúbico                                                               |

