

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor

(*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) en condiciones de Yanahuanca – Pasco

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Bach. Yuli Beatriz SARMIENTO MENDOZA

Bach. Jesus Alberto SARMIENTO MENDOZA

Asesor:

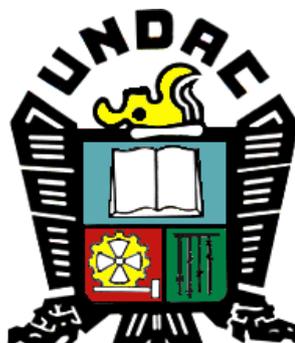
Mg. Josué Hernán INGA ORTIZ

Cerro de Pasco - Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor

(*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) en condiciones de Yanahuanca – Pasco

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Carlos Adolfo DE LA CRUZ MERA
PRESIDENTE

Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO
MIEMBRO

Mg. Alfredo Exaltación CONDOR PEREZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 057-2024/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
SARMIENTO MENDOZA, Yuli Beatriz
SARMIENTO MENDOZA, Jesus Alberto

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Yanahuanca

Tipo de trabajo
Tesis

Efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea var. Botrytis*) en condiciones de Yanahuanca – Pasco

Asesor
Mag. Inga Ortiz, Josué Hernán

Índice de similitud
17%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti plagio.

Cerro de Pasco, 22 de junio de 2024



Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

A nuestros amados padres, hijos, hermanos y parejas, por apoyarnos en todo momento de nuestra carrera, muchos de nuestros logros se lo debemos a ustedes. Por motivarnos constantemente para escribir la tesis.

Yuli y Jesús

AGRADECIMIENTO

Queremos dejar constancia de un sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Agronomía, por darnos la oportunidad de estudiar y ser parte de ella, porque gracias a su cariño, guía, apoyo y confianza depositado, logramos terminar nuestros estudios que constituyen el regalo más grande que pudiéramos recibir por lo cual viviremos eternamente agradecidos.

De manera especial queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento leal y profundo reconocimiento al Mg. Josué Hernán Inga Ortiz, asesor de la presente tesis, quien nos guio en la planificación, desarrollo y culminación de esta tesis de título profesional.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo Determinar el efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea Var Botrytis*) en condiciones de Yanahuanca -Pasco, se estudió el efecto del silicio (Silikon ®) en la variedad snowball de coliflor, se usó el diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos en tres bloques, realizado el procesamiento de datos se obtuvo los siguientes resultados: las características agronómicas de las plantas de coliflor con el uso de silicio foliar se obtuvo más del 96 % de prendimiento, el tratamiento T4 formó 22.67 hojas también logró 27.47 cm de diámetro de cabeza, el tratamiento sin silicio formó 7 centímetros menos. La precocidad del cultivo de coliflor con el uso de silicio foliar, se observa que el tratamiento T4 a los 86 días ya empieza a formar las pellas, el tratamiento sin silicio tardó mayor tiempo en madurar, con 119 días, los mejores tratamientos fueron T3 y T4 con maduraron a los 109 y 107 días respectivamente. El rendimiento del cultivo de coliflor con el uso de silicio foliar se incrementa, el T4 dosis alta de silicio foliar logró un peso de 2.49 kg, y los tratamientos T1 y T5 que presentan dosis baja y testigo lograron menor peso con 1.66 y 1.61 kg de peso de cabeza respectivamente, el tratamiento T4 de dosis alta de silicio foliar consiguió mejores rendimientos con 67.67 t/ha el menor rendimiento lo obtuvo el T5 testigo o control que logra rendimiento de 46 t/ha. La senescencia de las pellas después de la cosecha con el uso de silicio mejora, el T4 presenta mayor duración con 14 días, el T1 y T5 con 10 y 8 días respectivamente.

Palabra clave: coliflor, silicio foliar, senescencia, precocidad.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of foliar silicon on the yield and postharvest in cauliflower (*Brassica oleracea* Var *Botrytis*) under Yanahuanca-Pasco conditions. The effect of silicon (Silikon ®) in the snowball variety of cauliflower was studied. The complete randomized block design was used with five treatments in three blocks. After processing the data, the following results were obtained: the agronomic characteristics of the cauliflower plants improved with the use of foliar silicon, obtaining more than 96% yield. The T4 treatment formed 22.67 leaves also achieved 27.47 cm in head diameter, the treatment without silicon formed 7 centimeters less. The precocity of the cauliflower crop with the use of foliar silicon, it is observed that the T4 treatment already begins to form pellets after 86 days, the treatment without silicon took longer to mature, with 119 days, the best treatments were T3 and T4 matured at 109 and 107 days respectively. The yield of the cauliflower crop with the use of foliar silicon improves, the T4 high dose of foliar silicon achieved a weight of 2.49 kg, and the T1 and T5 treatments that present a low dose and control achieved a lower weight with 1.66 and 1.61 kg of weight. head respectively, the T4 treatment with a high dose of foliar silicon achieved better yields with 67.67 t/ha, the lowest yield was obtained by the T5 control or control that achieved a yield of 46 t/ha. The senescence of the pellets after harvesting with the use of silicon improves, T4 has a longer duration with 14 days, T1 and T5 with 10 and 8 days respectively.

Keyword: cauliflower, foliar silicon, senescence, precocity.

INTRODUCCIÓN

La coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) es una hortaliza crucífera ampliamente cultivada en todo el mundo debido a su valor nutricional y su versatilidad en la cocina. En el distrito de Yanahuanca, ubicada en el departamento de Pasco, Perú, la producción de coliflor desempeña un papel fundamental en la economía local y en la seguridad alimentaria de la población. Sin embargo, como en cualquier sistema agrícola, los productores se enfrentan a diversos desafíos que pueden afectar tanto la cantidad como la calidad de la cosecha.

Uno de los factores críticos que influyen en el rendimiento y la poscosecha de la coliflor es la disponibilidad de nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo. Entre estos nutrientes, el silicio ha ganado atención en la comunidad científica y agrícola debido a sus potenciales beneficios en la mejora de la resistencia a enfermedades, el aumento de la calidad del producto y el incremento de la tolerancia a condiciones adversas. A pesar de ello, el papel específico del silicio foliar en el cultivo de coliflor en las condiciones particulares de Yanahuanca aún no ha sido exhaustivamente investigado.

Esta investigación tiene como objetivo principal explorar el efecto del silicio foliar en el rendimiento y la calidad poscosecha de la coliflor en el contexto agrícola de Yanahuanca, Pasco. A través de un experimento cuidadosamente diseñado y ejecutado, buscamos proporcionar una base científica sólida para comprender cómo la aplicación de silicio foliar puede influir en aspectos clave.

El capítulo I presenta la identificación del problema investigado, la delimitación, el planteamiento del problema, la formulación de los objetivos, la justificación de la investigación y las limitaciones que se presentaron en la ejecución. El capítulo II describe los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y científicas, la definición de términos básicos, el planteamiento de la hipótesis, la identificación, definición y

operacionalización de variables. El capítulo III presenta el tipo, nivel y métodos de investigación, así como el diseño, técnicas de recolección y procesamiento de datos, también el tratamiento estadístico y la población y muestra. El capítulo IV presenta los resultados y discusión de los hallazgos, así como también la prueba de hipótesis. Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	3
1.3.	Formulación del problema.....	4
1.3.1.	Problema general	4
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	Formulación de objetivos	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	8
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	10

2.3.	Definición de términos básicos	20
2.4.	Formulación de hipótesis.....	21
2.4.1.	Hipótesis general	21
2.4.2.	Hipótesis específicas	21
2.5.	Identificación de variables.....	22
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	22

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	23
3.2.	Nivel de investigación	23
3.3.	Métodos de investigación	23
3.4.	Diseño de investigación.....	24
3.5.	Población y muestra	25
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	25
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	26
3.9.	Tratamiento estadístico.....	26
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	26

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	27
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	32
4.3.	Prueba de hipótesis	44

4.4. Discusión de resultados	44
------------------------------------	----

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contenido nutricional de la coliflor.....	11
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables	22
Tabla 3 Tratamientos en estudio.....	26
Tabla 4 Resultados de análisis de suelo.	28
Tabla 5 Precipitación mensual en Yanahuanca periodo 2021	29
Tabla 6 Análisis de variancia para porcentaje de prendimiento (%).	33
Tabla 7 Análisis de variancia para número de hojas por planta (n°).	34
Tabla 8 Prueba de Tukey para número de hojas por planta (n°)	34
Tabla 9 Análisis de varianza para diámetro de cabeza (cm)	35
Tabla 10 Prueba de Tukey para diámetro de cabeza o pellas (cm)	36
Tabla 11 Análisis de varianza para número de días al inicio de formación de pellas (n°).	37
Tabla 12 Prueba de Tukey para días al inicio de formación de pellas (n°)	37
Tabla 13 Análisis de varianza para número de días a la cosecha (n°).	38
Tabla 14 Prueba de Tukey para de número de días a la cosecha (n°)	39
Tabla 15 Análisis de variancia para peso de cabeza o pellas (kg).	40
Tabla 16 Prueba de Tukey para peso de cabeza o pellas (kg)	40
Tabla 17 Análisis de variancia para rendimiento por hectárea (t/ha).	41
Tabla 18 Prueba de Tukey para rendimiento por hectárea (t/ha)	42
Tabla 19 Análisis de variancia para días a la duración postcosecha (n°).	43
Tabla 20 Prueba de Tukey para días a la duración postcosecha (n°)	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Croquis experimental	25
Figura 2 Porcentaje de prendimiento (%).....	33
Figura 3 Número de hojas por planta (n°)	35
Figura 4 Diámetro de cabeza o pellas (cm)	36
Figura 5 Número de días a la formación de pellas (n°).....	38
Figura 6 Número de días a la cosecha (n°).....	39
Figura 7 Peso de cabeza o pellas (kg)	41
Figura 8 Rendimiento por hectárea (t/ha).....	42
Figura 9 Duración postcosecha de las pellas o cabeza (dás)	44

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La coliflor es una hortaliza rica en vitaminas, minerales y en fibra, previene enfermedades intestinales, disminuye la tensión arterial, favorece el sistema inmunitario, es anticancerígeno (Cartea y Ordás, 2002) por lo que es un alimento muy consumido en las grandes ciudades y el precio es estable, si bien es cierto fue domesticado en el Mediterraneo oriental, actualmente es conocido y aceptado mundialmente por lo que la exportación es una alternativa, el consumo puede ser en crudo, cocido o industrializado. Para la formación de la pella (cabeza) se necesita periodos de baja temperatura o vernalización, por lo que Yanahuanca, sería una zona adecuada para su cultivo. La provincia de Tarma es uno de las principales zonas productoras de hortalizas y presenta condiciones edafoclimáticas semejantes a Yanahuanca, sin embargo, aún falta investigar muchos aspectos del cultivo como es el uso de silicio foliar y capacitar a los agricultores. El uso de silicio en plantas ha mostrado muchos beneficios, por ejemplo inhibe la toxicidad por NO_3 y NH_4 , el contenido de silicio en ciperáceas

es alto 4% (Liang et al, 2015) y su efecto es mejorar el metabolismo de las plantas e induce a la producción de defensas naturales como las fitoalexinas que protegen del ataque de hongos fitopatógenos, también mejora la resistencia al estrés biótico y abiótico, así mismo el silicio favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo antes mencionado se pretende investigar el efecto del silicio en la sanidad, rendimiento y poscosecha de coliflor y de esa manera mejorar la productividad de los agricultores.

La producción de coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) es una actividad agrícola importante en el distrito de Yanahuanca, Pasco. Sin embargo, se ha observado que el rendimiento y la calidad poscosecha de la coliflor pueden verse afectados por diversas condiciones ambientales y prácticas de manejo agronómico. Uno de los factores que se ha identificado como potencialmente influyente es el uso de silicio foliar en la producción de coliflor.

A pesar de la importancia económica de la producción de coliflor en Yanahuanca, Pasco, existen desafíos relacionados con la optimización del rendimiento y la calidad poscosecha de esta hortaliza. Uno de los factores que se sospecha podría tener un impacto en la producción de coliflor es la aplicación de silicio foliar, una práctica agronómica que ha demostrado mejorar la resistencia de las plantas a diversas tensiones abióticas y bióticas.

El problema principal que se plantea en esta investigación es la falta de evidencia científica sólida que respalde el efecto del silicio foliar en la producción de coliflor en las condiciones específicas de Yanahuanca, Pasco. A pesar de que se han realizado estudios sobre el uso de silicio en otros cultivos y regiones, la adaptación y los efectos en la coliflor pueden variar según las condiciones locales, la variedad de coliflor y las prácticas de cultivo empleadas en Yanahuanca.

Por lo tanto, el problema de investigación se centra en determinar si la aplicación de silicio foliar tiene un efecto significativo en el rendimiento y la calidad poscosecha de la coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) cultivada en Yanahuanca, Pasco, y en qué medida este efecto puede beneficiar a los agricultores locales. Además, se busca evaluar si las prácticas de aplicación de silicio foliar pueden ser una estrategia efectiva y sostenible para mejorar la producción de coliflor en esta región.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se enfocará exclusivamente en el Fundo Auquipac, distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión, región Pasco, Perú. Se investigó específicamente la variedad de coliflor Snowball (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*).

1.2.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo durante los meses de mayo a setiembre del 2021, se consideró desde la formulación de la investigación hasta la presentación del informe final de tesis. La tesis beneficiará a los agricultores de la comunidad Campesina San Pedro de Yanahuanca.

1.2.3. Delimitación social

Para la realización de esta investigación se trabajó con el equipo humano; quienes son el asesor de la tesis y los tesistas.

La investigación se centró únicamente en el efecto de la aplicación de silicio foliar como variable independiente. Otros tratamientos o prácticas agronómicas no fueron considerados en este estudio. Rendimiento y Calidad Postcosecha: Los indicadores principales de interés fueron el rendimiento

(medido en términos de peso o cantidad de coliflor cosechada) y la calidad postcosecha de la coliflor (por ejemplo, vida útil, aspecto visual, firmeza, contenido de nutrientes). Otros aspectos agronómicos o de calidad no fueron investigados en este contexto. Recursos Disponibles: Los recursos disponibles, como el presupuesto, el personal y el equipo de investigación, determinaron la escala y la amplitud del estudio. Análisis de Datos: El análisis de datos se centró únicamente en evaluar el efecto del silicio foliar en el rendimiento y la calidad postcosecha de la coliflor en las condiciones específicas de Yanahuanca, Pasco. No se realizaron análisis de otros factores o variables no relacionados con el objetivo principal del estudio.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea Var Botrytis*) en condiciones de Yanahuanca -Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cómo se modifican las características morfológicas de las plantas de coliflor (*Brassica oleracea Var Botrytis*) con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca –Pasco?

¿Cómo será la precocidad del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea Var Botrytis*) con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca – Pasco?

¿Cuál será la dosis óptima de silicio foliar en la producción del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea Var Botrytis*) en condiciones de Yanahuanca – Pasco?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea* Var *Botrytis*) en condiciones de Yanahuanca -Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características agronómicas de las plantas de coliflor (*Brassica oleracea* Var *Botrytis*) con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca -Pasco.
- Evaluar la precocidad del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* Var *Botrytis*) con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca - Pasco.
- Determinar el rendimiento del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* Var *Botrytis*) con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca - Pasco.
- Evaluar la senescencia de las pellas después de la cosecha del (*Brassica oleracea* Var *Botrytis*) con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca - Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

- Relevancia Local y Económica: La producción de coliflor es una actividad económica importante en la región de Yanahuanca, Pasco. Contribuye significativamente a los ingresos de los agricultores locales y a la economía regional en general. Por lo tanto, mejorar la productividad y la calidad poscosecha de la coliflor tiene un impacto directo en la comunidad agrícola y en la seguridad alimentaria de la región.
- Desafíos en la Producción: A pesar de su importancia económica, la producción de coliflor en Yanahuanca enfrenta diversos desafíos, como enfermedades, condiciones climáticas variables y prácticas de manejo

agronómico que pueden no estar optimizadas. La investigación sobre el efecto del silicio foliar podría ofrecer soluciones prácticas para superar estos desafíos y aumentar la productividad.

- Sostenibilidad Agrícola: El uso de silicio foliar como un posible mejorador de la resistencia y calidad de las plantas puede contribuir a prácticas agrícolas más sostenibles. Reducir la dependencia de pesticidas químicos y mejorar la salud de las plantas puede tener beneficios a largo plazo para el medio ambiente y la salud humana.
- Falta de Evidencia Local: Aunque existen estudios que respaldan el uso de silicio foliar en la agricultura, la adaptación y los efectos en la coliflor pueden variar según las condiciones locales. La falta de evidencia científica específica para Yanahuanca, Pasco, subraya la necesidad de llevar a cabo esta investigación para proporcionar datos concretos y aplicables a la región.
- Apoyo a la Toma de Decisiones: Los resultados de esta investigación pueden servir como base para que los agricultores, extensionistas agrícolas y autoridades locales tomen decisiones informadas sobre la adopción de prácticas de manejo que incluyan el uso de silicio foliar. Esto puede llevar a un aumento en la productividad y la rentabilidad de la producción de coliflor en la región.
- Contribución al Conocimiento Científico: La investigación contribuirá al cuerpo de conocimientos científicos en el campo de la agricultura y la horticultura al proporcionar datos específicos sobre el efecto del silicio foliar en la coliflor en un contexto geográfico y climático particular.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Las condiciones climáticas pueden variar significativamente de un año a otro en Yanahuanca, Pasco. Esta variabilidad podría afectar los resultados de la investigación, ya que las condiciones ambientales son un factor importante en la producción de cultivos.
- Los suelos en Yanahuanca pueden variar en términos de composición, pH y nutrientes disponibles. Estas diferencias en la calidad del suelo podrían influir en la respuesta de la coliflor al silicio foliar y deberán ser controladas o consideradas en el análisis.
- En un entorno agrícola, varios factores interactúan, como el manejo del riego, la fertilización y el control de plagas y enfermedades. Estos factores podrían influir en los resultados, y separar el efecto del silicio foliar de otros factores puede ser un desafío.
- Si la investigación se realiza durante un período corto, puede no capturar completamente los efectos a largo plazo del silicio foliar en la producción de coliflor.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En la provincia de Daniel Alcides Carrión, no se han llevado a cabo trabajos de investigación referente al uso de silicio foliar en coliflor. Sin embargo, en otras latitudes existen trabajos referentes al uso de silicio foliar:

Tabango et al. (2023) en la investigación “Efecto de la aplicación edáfica de Silicio y Magnesio en el desarrollo del cultivo de col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) en el cantón Tulcán” reporta el silicio mejora de la resistencia al estrés abiótico: El silicio puede aumentar la tolerancia de la coliflor a factores de estrés como la sequía, el exceso de salinidad, la toxicidad de metales pesados y el estrés por frío o calor. Esto se debe a que ayuda a fortalecer la pared celular y a regular el metabolismo de la planta bajo condiciones de estrés.

Cortez (2021) en la investigación “Zeolita en la producción de plántula de coliflor (*Brassica oleraceae* var. *Botrytis*) en invernadero” reporta los siguientes resultados la zeolita (silicio+aluminio) ayuda a mejorar la aireación y estructura del suelo, lo que permite un mejor desarrollo del sistema radicular de la coliflor.

Al aumentar la porosidad del suelo, facilita el crecimiento de las raíces y el acceso a nutrientes.

Borda *et al.* (2007) investigando los efectos benéficos del silicio en avena forrajera en Bogotá Colombia, reportan que se evaluaron los macollos, altura de planta, diámetro de tallo, materia seca de tallo y raíz, se probaron dosis de 0, 50, 100, 150, y 200 mg/kg de ácido monosílico. Los resultados muestran que el silicio tiene un efecto positivo con 100 mg/kg (116,42 g/macetero) respecto al testigo (90 g/macetero) y aplicado en época temprana del cultivo.

Barreto *et al.* (2017) investigando como el silicio amortigua la toxicidad del amonio en coliflor y brócoli, refieren que usaron silicato de sodio y potasio y se observaron efectos positivos del silicio ya que ambos cultivos brócoli y coliflor tuvieron mayor eficacia en el uso de agua debido a que mejora el uso de NH_4^+ y NO_3^- .

Coloma (2015) determinando el efecto de la aplicación foliar de silicio en el cultivo de arroz, manifiestan que se aplicó ácido monosílico 1000, 1500 y 2000 cc/ha y llegó a los siguientes resultados, con silicio se puede lograr mayor número de macollos y panículas, también mayor granos por panícula, menor acame y menor esterilidad de grano a la dosis de 1000 cc/ha, por lo que afirma que el silicio presenta buenos resultados.

De la Cruz (2012) investigando el efecto de la aplicación foliar con potasio, calcio y silicio en el cultivo de fresa, menciona que evaluaron clorofila, azúcares totales, área foliar y peso seco. Se aplicaron 1000 y 2000 mg/litro de Ca y K; 100 y 400 mg/litro de Silicio, usando como fuente Nitrato de potasio y Phytophos-K, Nitrato de calcio y silicato de potasio respectivamente, se aplicaron cada 14 días, las plantas con silicio tuvieron mayor área foliar, las con potasio

mayor contenido de azúcares, el calcio influye en el peso de fruto, por lo que recomienda una interacción de los elementos en estudio.

Romero *et al.* (2011) investigando el efecto del silicio en las enfermedades de plantas reporta que el silicio tiene efectos benéficos en el crecimiento, desarrollo y estado sanitario de los cultivos. El silicio activa los mecanismos de defensa de la planta e influye en la tolerancia a enfermedades causadas por hongos mediante la formación de fitoalexinas.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Historia de la coliflor

La coliflor se introdujo en Europa durante la Edad Media y se convirtió en una parte importante de la dieta en regiones como Italia, Francia y España.

Selección y Mejora: A lo largo de los siglos, los agricultores y horticultores realizaron selección y mejora genética para desarrollar variedades de coliflor con características específicas, como cabezas compactas y blancas. Estos esfuerzos de mejoramiento llevaron a la variedad que conocemos hoy.

Expansión Global: Con la colonización europea de América y otras partes del mundo, la coliflor se introdujo en nuevas regiones y se adaptó a diversos climas y suelos. Hoy en día, se cultiva en todo el mundo.

Usos en la Cocina: La coliflor se ha utilizado en una amplia variedad de platos culinarios, desde guarniciones hasta sopas, ensaladas, y platos principales. También se ha convertido en un ingrediente popular en la preparación de platos bajos en carbohidratos, como la "coliflor al gratinado" y la "coliflor pizza".

2.2.2. Origen de la coliflor

García (1962) manifiesta que la coliflor es oriunda de la región mediterránea de Europa, pues existen datos de la utilización de esta hortaliza

desde tiempos muy remotos, en el sur de Italia, Egipto y Malta. Así mismo manifiesta que la coliflor recién comenzó a perfeccionarse en 1660 y que las coliflores de invierno, llamadas brócolis o brocoleras y las coliflores de verano, tienen origen muy próximo, a tal punto que no existe diferencias notables en sus caracteres botánicos, ambas derivadas de la *Brassica oleracea botrytis*.

2.2.3. Clasificación taxonómica

Strasburger (2003) manifiesta que la coliflor presenta la siguiente clasificación:

Orden	: Capparales
Clase	: Dicotiledonea
Sub clase	: Dillenidae
Familia	: Brassicaceae (Antiguamente cruciferae)
Nombre científico	: <i>Brassica oleracea var. botrytis</i> .

2.2.4. Composición de la coliflor

La coliflor es una fuente rica de nutrientes como la vitamina C, la vitamina K, el ácido fólico y minerales esenciales. Además, es conocida por ser baja en calorías y carbohidratos, lo que la convierte en una opción saludable para muchas dietas:

Tabla 1 Contenido nutricional de la coliflor

Peso de 100 gramos	Contenido
Agua (%)	92
Energía (kcal)	24
Proteína (g)	2.0
Grasa (g)	0.2
Carbohidratos (g)	4.9
Fibra (g)	0.9
Calcio (mg)	29

Fósforo (mg)	46
Hierro (mg)	0.6
Sodio (mg)	15
Potasio (mg)	355
Vitamina A (U.I.)	16
Tiamina (mg)	0.08
Riboflavina (mg)	0.06
Niacina (mg)	0.63
Ácido ascórbico (mg)	71.5
Vitamina B ₆ (mg)	0.23

Fuente: Carlier (1978)

2.2.5. Variedades cultivadas de coliflor

Variantes de Colores, aunque la coliflor blanca es la variedad más común, existen variantes de coliflor en colores como el morado y el naranja, cada una con sus propios perfiles de sabor y nutricionales.

2.2.6. Requerimiento edafoclimático

Knott (1956), explica que el cultivo de coliflor requiere las siguientes condiciones edafo climáticas:

a. Clima

La coliflor crece mejor en climas fríos y húmedos. Temperaturas del aire o del suelo muy bajas durante la primera parte del cultivo, pueden provocar la aparición de inflorescencias tempranas. Altas temperaturas cuando están madurando provocan la maduración de cabezas defectuosas y causa un rápido crecimiento de estas siendo imposibles en grandes extensiones, cosechar en el momento oportuno. En climas secos y cálidos, el crecimiento se dificulta, formándose cabezas duras y pequeñas.

Shoemaker (1965), dice que es deseable que, durante el último periodo de crecimiento, la temperatura sea baja y uniforme prevaleciendo las mejores

condiciones. Cuando se presentan temperaturas por debajo del óptimo, la madurez se entorpece, las cabezas reducen su tamaño y la producción disminuye. Para que haya una buena germinación, la semilla deberá contar con temperaturas que oscilen entre los 10 y 24 °C los requerimientos mensuales para el cultivo de coliflor se encuentran entre los 16 y 21 °C, contando además con alta humedad atmosférica.

San Martín (1985), menciona que Las coliflores son algo más sensibles al frío que el brócoli, ya que responden mal a las bajas temperaturas (0 °C), afectándole además las altas temperaturas (> 26 °C). La temperatura óptima para su ciclo de cultivo oscila entre 15.5 - 21.5 °C. Las variedades y su ciclo se cultivan en relación con las posibles heladas donde se presenten. En estos casos se utilizarán variedades cuyas hojas arropen las pellas cuando alcancen su tamaño de mercado, debiendo cosecharlas antes de que las hojas se abran y dejen de proteger la pella que puede ser dañada entonces por las heladas.

Delgado (1982), señala que esta especie crece a 7 °C, sin embargo, su crecimiento óptimo se encuentra entre los 15,5 - 18 °C. También afirman que con temperaturas sobre 27 °C se puede presentar un crecimiento del tallo lo cual ocasiona que la cabeza se abra indeseablemente.

b. Suelos

Thompson (1949), manifiesta con respecto al suelo que la coliflor se siembra en diversas clases de suelo, estos deberán ser fértiles y contar con buenas condiciones físicas, químicas y biológicas, entre las que tenemos: buena cantidad de materia orgánica, buena retención de humedad y buen drenaje. En cuanto a la reacción del suelo, a la coliflor se le considera como poco tolerante a la alta acidez. Se ha encontrado que los mejores rendimientos se

obtienen en suelos con un pH de 5.5 a 6.6. Cuando el pH tiende a la neutralidad los rendimientos decrecen.

San Martín (1985), menciona que la coliflor es más exigente en cuanto al suelo que los restantes cultivos de su especie, necesitando suelos con buena fertilidad y con gran aporte de nitrógeno y de agua. En tierras de mala calidad o en condiciones desfavorables no alcanzan un crecimiento óptimo. La coliflor es un cultivo que tiene preferencia por suelos porosos, no encharcados, pero que al mismo tiempo tengan capacidad de retener la humedad del suelo.

2.2.7. Descripción morfológica

Lozada (1997), explica la descripción morfológica de la coliflor:

- Sistema radicular

El sistema radicular de la coliflor es reducido, con una raíz pivotante de cerca de 50 cm de largo y de raíces laterales relativamente pequeñas, provistas de numerosos pelos radicales, la capacidad de exploración del suelo no es por tanto muy elevada.

- Tallos

Los tallos son cilíndricos, cortos terminando en una masa voluminosa de yemas florales hipertrofiadas muy apretadas unas juntas a otras.

- Hojas

Las hojas son sésiles, enteras, poco o muy onduladas, oblongas (de unos 40 – 50 cm de largo y 20 cm de ancho), elípticas y muy erguidas,

extendiéndose en forma más vertical y cerrada que en el caso del brócoli.

- **Flores**

Las flores son amarillas o blanquecinas, de unos 2,5 mm de diámetro y se agrupan en racimos desarrollados a partir del tallo principal y de sus ramificaciones. Durante la diferenciación floral se desarrollan sucesivamente cuatro sépalos erectos, seis estambres, dos carpelos y cuatro pétalos, disponiéndose sobre pedicelos a lo largo del pedúnculo de la inflorescencia. La polinización es cruzada y entomófila. El fruto es una silicua cilíndrica, dehiscente y glabra, de aproximadamente 10 cm de longitud y 4 a 5 mm de ancho, y contiene unas 20 semillas por lóculo, las que son redondeadas y pequeñas (2 mm de diámetro).

Becerra (1956), menciona que “la coliflor es una planta anual, de porte arrocetado bastante sensibles a heladas y que prefiere suelos bien mullidos. Posee una raíz pivotante leñosa y fuerte. Presenta hojas grandes, pennadas y pennatipartidas; con el lóbulo terminal más grande que los laterales, los cuales son de diversos tamaños, puede medir hasta 60 cm. de largo por 25 cm. de ancho. La coloración de las hojas es de verde grisáceo”.

La cabeza, que es la parte comestible, es una panoja terminal muy ramificada, inicialmente es muy contraída y tiene ejes florales gruesos y tiernos, que son los que van a producir las yemas florales blancas y muy pequeñas. Sus flores son heteroclamídeas, grandes y largas del tipo cuatro: cáliz de cuatro sépalos dispuestos en dos ciclos; y corolas con cuatro pétalos de color amarillo cremoso libres entre sí que tiene una uña bien desarrollada y están dispuestas en

un solo ciclo en forma de cruz. Además, tienen seis estambres tetradinos con ovario supero, dos carpelos y dos lóbulos con placentación parietal, el fruto es silicua lomentácea con pico largo, en el interior se encuentra las semillas que son pequeñas y con embrión conduplicado, germinan a los seis días y su poder germinativo puede durar hasta los cuatro años, en diez gramos hay alrededor de 5000 semillas.

2.2.8. Técnica de producción

Sembrío: Becerra (1956), manifiesta que en el Perú el único sistema empleado para la siembra es el indirecto, posteriormente se trasplanta al campo definitivo. Las razones porque se prefiere este método de cultivo son: economía de semillas pues el precio es sumamente alto, el buen cuidado que se puede tener con las plantas en el almácigo, la economía de agua y tierra, se puede adelantar considerablemente el cultivo, aun cuando las temperaturas exteriores sean muy baja o muy alta y por último debemos considerar la alta sanidad que es posible alcanzar en los almácigos, debido a su pequeña extensión. Gamero (1956), reporta que el estancamiento que sufren las plantas después del trasplante sería una ventaja, pero se puede compensar con el adelanto en la fecha de siembra que se realiza por almácigos. El sembrío de los almácigos se puede hacer a mano tanto al boleó como líneas. Terminados de sembrar, se procederá a regar los almácigos con regaderas, dando una lluvia fina, nunca con choro fuerte ya que las semillas serían sacadas a la superficie del suelo o se malograrían las plantas recién brotadas. Knott (1956), sostiene que el suelo de los almácigos, se mantendrá siempre limpio de malas hierbas y con una humedad adecuada, efectuando dos riegos al día, especialmente en verano. La cantidad de semilla para sembrar una

hectárea es de 400 - 500 g la temperatura mínima del suelo para que crezca la semilla es de 4.4 °C, la óptima es de 26.6 °C y la máxima es de 36.7 °C.

Almácigos: Becerra (1956), dice que los almácigos pueden ser hechos en camas profundas, superficiales y altas, son mejores las intermedias, siempre y cuando estén protegidas por un tinglado que defiende a las plantitas de temperaturas muy altas o de temperaturas frías. La tierra de los almácigos se prepara con tierra vegetal y arena en proporciones adecuadas a manera de tener un suelo que reúna las condiciones suficientes de soltura. Se mezcla bien estos elementos y luego se nivela lo mejor posible la cama de almacigo. Se debe evitar los suelos demasiado ricos, debido a que la planta sufre estrés en el momento del trasplante. Las semillas se sembrarán en hileras de 10 cm. de separación. No se recomienda una densidad más alta. Quince días antes del trasplante, se procederá al agoste de las plantitas.

Semillas: Knott (1956), reporta que es deseable que ésta sea lo más pura posible, posea un alto poder germinativo, estando libre de toda contaminación de plagas y enfermedades. Es recomendable que todo horticultor se provea de buenos semilleros, conocidos y sobre todo que el producto de la compra sea garantizado y certificado.

Trasplante: Knott (1956), manifiesta que aproximadamente que al mes y medio de sembrados los almácigos, las plantitas estarán en condición de ser trasplantadas al campo definitivo. Se regará el terreno definitivo, unas seis u ocho horas antes de efectuar esta operación. En el país en trasplante se hace a mano, aunque ya está en uso en algunas zonas de los E.E.U.U., el trasplante a máquina, que se justifica solo para grandes extensiones. Las plantas aptas para el trasplante deberán medir 15 a 18 cm. está probado que cuando esta tiene un mayor tamaño

crecen defectuosamente y se produce el abotonamiento temprano. Plantas demasiadas pequeñas no se emplean porque carecen del vigor suficiente y por lo tanto el porcentaje de rendimiento será muy bajo. Esta operación se realiza generalmente por las tardes, por las mañanas solo en los días de invierno bien nublados y, sobre todo, nunca en horas de mucho sol. Inmediatamente después de terminada esta operación o a la mañana siguiente, se procederá a dar un riego suave para favorecer el prendimiento. Esta etapa del cultivo es de suma importancia para los rendimientos finales, por lo cual se recomienda hacerlo con mucho cuidado, para obtener un porcentaje bajo de fallas.

Distanciamiento: Becerra (1956), manifiesta que los distanciamientos varían según la variedad, el tamaño de las plantas y la fertilidad del terreno. Usualmente se usa un distanciamiento entre surcos de 80 a 85 cm. cuando se usan variedades tempranas el distanciamiento entre plantas serán de 40 cm. aproximadamente y cuando se usan variedades tardías será de 60 a 80 cm.

Riegos: Shoemaker (1965), manifiesta que la coliflor es una planta susceptible a la sequía. La cantidad de agua por aplicarse dependerá del tipo de suelo, así en suelos arenosos los riegos serán frecuentes y ligeros, en cambio en suelos arcillosos, los riegos serán más espaciados. La frecuencia de los riegos varía en invierno o en verano. El intervalo en invierno será de 10 días mientras que durante el verano será de 6 días aproximadamente. La coliflor requiere una considerable cantidad de agua, cuando la cabeza empieza a formarse, en este tiempo riegos semanales serán apropiados, siendo el tiempo de duración de estos, de 4 a 5 horas, dependiendo siempre de la calidad de suelo.

Cultivo: Shoemaker (1965), reporta que la coliflor es un cultivo superficial que mata las malas hierbas y a la vez ayuda a conservar la humedad

del suelo. Cultivos profundos destruyen las raíces y hacen que la tierra pierda humedad. Estos deberán prolongarse hasta cuando las cabezas estén formadas, ya que el polvo que levantan malograría la calidad de estas. Durante el último paso de cultivadora, se procederá a hacer un pequeño aporque, para evitar la tumbada de la planta por causa del viento.

2.2.9. Silicio en las plantas

Como muchos macronutrientes, la concentración de Si en las plantas varía entre 0,1 y 10% en peso seco. Plantas que tienen menores contenidos de Si son estructuralmente más débiles y más propenso a un crecimiento, desarrollo y reproducción anormales (Epstein, 1999). La presencia de Si en la planta es el resultado de su absorción del suelo en una forma soluble como el ácido monosilícico, también llamado ortosilícico ácido $\text{Si}(\text{OH})_4$, y su polimerización controlada en una ubicación final, pero la capacidad de las plantas para acumular Si varía mucho entre especies. Una alta acumulación de Si en monocotiledóneas, así como que las diferentes partes de la misma planta pueden tener grandes diferencias en la acumulación de Si (Currie y Perry, 2007). Si absorbido por la difusión y absorción de las raíces es inducida por la transpiración por el proceso de flujo másico. La especie de la familia Poaceae (pastos) acumulan Si en niveles acordes con su tasa de transpiración (Jones y Handreck, 1967). Cuando el Si es absorbido por la planta en forma de fitolitos o cuerpos de sílice ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) que ocupan espacios entre la raíz (apoplasto de la corteza) y las paredes celulares de algunos de las células de la planta, por ejemplo, las de las hojas (Yoshida et al., 1962) se acumula en mayor cantidad en hojas maduras que en las jóvenes (Takahashi, 2002). Algunos estudios indican que, en el arroz, la mayoría de los depósitos de Si acumulados en las hojas. Epstein, 1999) y una vez depositado se

inmoviliza y no se redistribuye a los tejidos en crecimiento debido a la baja movilidad en el floema (Datnoff et al., 2007).

2.2.10. Silicio foliar usado

Hortus (2021) menciona que Silikon es un inductor de defensa que contiene Silicio en su composición. Su formulación favorece la acumulación de silicio en los tejidos de las epidermis en forma polimérica, orgánica y cristalina, permitiendo proteger bioquímica y mecánicamente a los tejidos contra ataques de microorganismos patógenos. Silikon promueve la colonización de las raíces por algas, líquenes, bacterias y micorrizas, mejorando la fijación y asimilación de nitrógeno y fósforo entre Otros minerales. Silikon incrementa la resistencia de la planta a la salinidad. Silikon incrementa la resistencia a la en las plantas. La fertilización con silicio puede optimizar el aprovechamiento del agua de riego en un 30 a y ampliar los intervalos del riego sin efectos negativos sobre las plantas. Adicionalmente al sistema irrigación-drenaje, la fertilización con minerales de silicio activo, permiten completar la rehabilitación de suelos afectados por sales, compactación y bajos niveles de pH.

2.3. Definición de términos básicos

Silicio

El silicio es un elemento químico metaloide, número atómico 14 y situado en el grupo 14 de la tabla periódica de los elementos de símbolo Si. Es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno.

Abono foliar

Generalmente se usa para corregir carencias rápidamente, donde se aplica un químico diluido en agua directamente a la parte aérea de la planta (tallos, hojas). Los resultados se pueden apreciar muy rápidamente.

Rendimiento

Es la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. Se mide usualmente en toneladas métricas por hectárea (T.M./ha.).

Poscosecha

La poscosecha se refiere al manejo adecuado para la conservación de diversos productos agrícolas, con el fin de determinar la calidad y su posterior comercialización o consumo. Los objetivos de la poscosecha son los siguientes: Mantener la integridad física y calidad de los productos.

Coliflor

La coliflor es una hortaliza perteneciente a la familia de las coles. La parte que se consume es la flor o inflorescencia, muy apreciada por su sabor. Se puede utilizar de distintas maneras, tanto cruda como cocinada. Es una fuente importante de vitaminas y minerales. Además, aporta fibra y es un alimento bajo en calorías.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El efecto del silicio foliar será positivo en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea Var Botrytis*) en condiciones de Yanahuanca -Pasco.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Las características morfológicas de las plantas de coliflor (*Brassica oleracea Var Botrytis*) se modifican positivamente con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca –Pasco.

- La precocidad del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* Var *Botrytis*) se modifica positivamente con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca – Pasco.
- La dosis óptima de silicio foliar en la producción del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* Var *Botrytis*) en condiciones de Yanahuanca – Pasco será de

2.5. Identificación de variables

- **Variable independiente:** efecto del silicio foliar.
- **Variable dependiente:** rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea* Var *Botrytis*).

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Unidad de medida
Variable independiente: efecto del silicio foliar.	- % de prendimiento	%
	- Número de hojas por planta	n°
	- Diámetro de la inflorescencia	cm
Variable dependiente: rendimiento y poscosecha en coliflor (<i>Brassica oleracea</i> Var <i>Botrytis</i>)	- Días al inicio de formación de pellas	n°
	- Días a la cosecha	n°
	- Registro de insectos plagas y enfermedades	%
	- Peso de cabeza o pellas por planta	g
Variable interviniente: condiciones de Yanahuanca	- Rendimiento por hectárea	kg/ha
	- Senescencia-Días de duración después de la cosecha.	n°

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo cuantitativo, aplicativo y experimental, aplicando parámetros técnicos que determinaron los beneficios de la aplicación de silicio foliar al cultivo de coliflor.

3.2. Nivel de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó a nivel explicativo y experimental. Los estudios experimentales implican la manipulación de una variable (en este caso, la aplicación de silicio foliar) para evaluar su efecto en otras variables (rendimiento y calidad poscosecha), lo que es característico de este tipo de investigación.

3.3. Métodos de investigación

Se usó el método científico y experimental, se identificaron diversos variables durante la conducción del experimento.

3.4. Diseño de investigación

El diseño experimental utilizado fue el diseño de bloques completamente aleatorizados.

3.4.1. Características del campo experimental

a. Del campo experimental

- Largo : 20.0 m
- Ancho : 10 m
- Área total : 200 m²
- Área Experimental : 160 m²
- Área de caminos : 40 m²

b. De la parcela

- Largo : 4.0 m
- Ancho : 2.6 m
- Área neta : 10.4 m²

c. Bloques

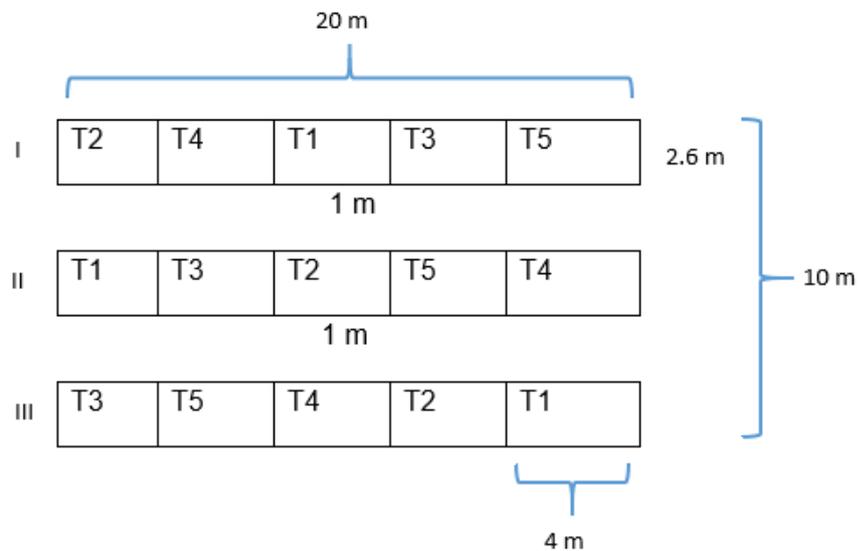
- Largo : 20.0 m
- Ancho : 2.6 m
- Total : 52 m²
- N° de parcelas por bloque : 5
- N° de bloques : 3
- N° total de parcelas del experimento: 15

d. Surcos

- Número de surcos/parcela : 8
- Número de surcos/bloque : 40
- Distancia entre surcos : 0,52 m
- Distancia entre plantas : 0.5 m
- Número de plantas /hilera : 5
- Número de plantas /tratamiento : 40
- Número total de plantas del exp. : 600

- Longitud de surcos : 2,6 m
- Ancho de parcela : 4,0 m

Figura 1 Croquis experimental



3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población fue de 600 plantas de coliflor que fueron sembrada en un área de 200 m² donde cada parcela experimental contó con 40 plantas.

3.5.2. Muestra

El muestreo en cada parcela experimental fue al azar de 5 plantas de coliflor, considerando 4 golpes de los 02 surcos centrales, dejando 01 golpes en la parte superior e inferior de cada parcela experimental.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Observación experimental
- Análisis documental.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se usaron balanza de precisión, regla métrica, fichas de evaluación, datos meteorológicos del SENAMHI y se utilizó el coeficiente de viabilidad (C.V) para

la confiabilidad, expresado en %. Según Calzada (2003), son aceptables valores menores a 40% para este tipo de trabajo.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos serán analizados mediante la prueba de Análisis de varianza (ANVA), prueba de significación Tukey, mediante el uso de paquetes estadísticos para una mejor precisión Infostat versión 2017.

3.9. Tratamiento estadístico

Tabla 3 Tratamientos en estudio

Trat.	Dosis de silicio
T1	1.0 L/200L de agua
T2	2.0 L/200L de agua
T3	3.0 L/200L de agua
T4	4.0 L/200L de agua
T5	sin silicio

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

3.10.1. Autoría

Los autores SARMIENTO MENDOZA Yuli Beatriz y SARMIENTO MENDOZA Jesús Albertoson los que plantearon y ejecutaron la presente tesis.

3.10.2. Originalidad

Todos los autores considerados en la presente investigación fueron citados respetando su autoría en la sección referencias bibliográficas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación del campo experimental

Los diferentes trabajos realizados durante su ejecución se llevaron a cabo en el distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión Región Pasco.

4.1.2. Ubicación geográfica

Región	: Pasco
Provincia	: Daniel Alcides Carrión
Distrito	: Yanahuanca
Latitud Sur	: 10° 29' 29"
Longitud Oeste	: 76° 31' 0"

4.1.3. Ubicación geográfica

Región Geográfica	: Marañón- Amazonas
Sub-cuenca	: Alto Huallaga
Altitud	: 3,250 m.s.n.m.
Temperatura	: 10 – 17°C.

4.1.4. Análisis de suelos

Para realizar el uso exacto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos, se efectuó el análisis físicos y químicos del suelo, para tomar la muestra representativa del suelo se tomaron sub muestras luego se homogenizó y se tomó un kilogramo de suelo para su análisis respectivo.

Tabla 4 Resultados de análisis de suelo.

Análisis mecánico	Resultado	Resultados
- Arena	38.1 %	
- Limo	35.8 %	Franco Arenoso
- Arcilla	26.1 %	
Análisis químico		
- Materia orgánica	2.13 %	bajo
- Nitrógeno	0.10 %	bajo
- Reacción del suelo (pH)	7.12	neutro
Elementos disponibles		
- Fósforo	5.2 ppm	bajo
- Potasio	122 ppm	medio

Fuente: INIA Huancayo

4.1.5. Resultados del análisis de suelos

Realizado el análisis de suelo se detalla que el suelo posee una textura franco arenosa, los elementos mayores como nitrógeno es bajo, el fosforo y potasio es medio y la aplicación de los fertilizantes orgánicos se realizaron de acuerdo a las recomendaciones por el INIA de 2 a 4 toneladas por hectárea, para lo cual se hizo los cálculos respectivos, igualmente para cumplir con la dosis de recomendación máxima de 150-160-110 kg/ha de NPK para el cultivo de coliflor se usó el fertilizante sintético 20-20-20 de NPK, de la misma manera se realizaron los cálculos para 200 m².

4.1.6. Datos meteorológicos

La tabla 5 presenta los datos climatológicos del periodo en el que se ejecutó el experimento, observado la tabla de datos climatológicos en donde se establece la temperatura máxima y mínima; la humedad máxima y mínima y la totalidad de precipitación que se registró durante los meses que duró el trabajo, se puede deducir que los datos son favorables para el desarrollo normal de la siembra del cultivo de coliflor.

Tabla 5 Precipitación mensual en Yanahuanca periodo 2021

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2016	34.7	47.1	67.8	11.5	0.2	0.4	0.2	1.1	1.2	34.3	37.5	70.2

Fuente: SENAMHI Yanahuanca (2021).

4.1.7. Conducción del experimento

a. Preparación de suelo

Cuando el terreno se encontraba con una humedad adecuada se realizó la preparación del terreno, roturación, desterronado, nivelación y trazado de los surcos.

b. Traslado a campo definitivo

Se realizó el traslado de las plántulas hacia el campo definitivo en horas de la tarde, cuando las plántulas tenían una altura de 10 a 15 centímetros, esta práctica se realizó transcurrido 60 días de la siembra en cama de almácigo, las plantitas tienen cuatro hojas y una altura de 10 – 15 centímetros, se cavan pequeños hoyos para el trasplante, finalmente se presionó muy bien para facilitar la germinación.

c. Resiembra

d. Transcurrido el tiempo necesario del trasplante, se realiza la resiembra para evitar la desuniformidad en el campo y para que haya uniformidad en el crecimiento de las plantas.

e. Abonamiento

Se utilizó abonos orgánicos como estiércol de oveja bien descompuesto, se aplicó 50 gramos por planta, realizado el estudio de suelo y establecido las recomendaciones se utilizó abonamiento inorgánico, el fertilizante que se usó fue 20-20-20 kg NPK

f. Empleo del silicio foliar

El empleo del silicio foliar (Silikon ® - Hortus) estuvo dirigido a la parte aérea de las plantas, se aplicaron en cuatro oportunidades (inmediatamente después del trasplante, las tres aplicaciones siguientes fueron cada 15 días) se aplicó según las dosis planteadas.

g. Labores culturales

- Deshierbo y aporque

La práctica cultural de deshierbo y aporque tuvo como finalidad dar soporte a la planta, facilitando la distribución del oxígeno en el suelo y el aprovechamiento de los nutrientes, se realizó a los 30 días del trasplante y luego a los 60 días.

- Humedad

El rocoto es un cultivo que requiere buena presencia de humedad a lo largo de todo su ciclo vegetativo, se realizaron con precisión en el momento oportuno y a las necesidades de la planta.

h. Control fitosanitario

Durante el ciclo del cultivo hubo poca presencia de plagas como los pulgones y babosas, para su control no se utilizaron productos químicos, para el control de las babosas se utilizó el control cultural que consiste en el recojo de los mismos a altas horas de la noche con ayuda de una linterna.

i. Observación de enfermedades

No se realizó control alguno porque la incidencia fue baja menor a 5% se presentó mildiu, porque se llevaron a cabo con precisión las prácticas culturales.

j. Cosecha

La cosecha se efectuó cuando las cabezas estuvieron bien formadas y compactas, así como también con un tamaño comercial, se procedió recolectando de acuerdo a las variables en estudio.

4.1.8. Registro de datos

Se evaluaron las siguientes variables:

a. % de prendimiento

Se determinó en el porcentaje de prendimiento después de 7 días del trasplante.

b. Número de hojas

Se contaron el número de hojas por planta para observar el efecto del silicio foliar en la formación de hojas.

c. Diámetro de cabeza o pellas

Se midió el diámetro de la cabeza de cada tratamiento para lo cual se midió con regla ya que esta variable influye en el valor comercial.

d. Días al inicio de formación de pellas

Se contabilizó los días hasta el inicio de la formación de pellas.

e. Días a la cosecha

Se contó el número de días a la cosecha para lo cual se observó que las cabezas estuvieron bien maduras y compactas.

f. Peso de cabeza o pella

Se pesó las cabezas o pellas después de haber sido cosechadas, para lo cual se usó una balanza digital, sin embargo, la venta en los mercados de la sierra del Perú se realiza por el tamaño de la hortaliza y pocas veces se vende en peso, lo cual ocurre de manera diferente en los supermercados donde la venta se realiza por kilogramos de hortaliza.

g. Rendimiento por hectárea

Después de la cosecha, se realizó el ploteo para una hectárea, para lo cual se tomó el peso por metro cuadrado y se multiplicó por diez mil para obtener el rendimiento por hectárea.

h. Senescencia o días de duración del fruto después de la cosecha

Se contabilizó cuantos días duran las cabezas o pellas después de la cosecha hasta que perdieran su valor comercial. Es importante realizar esta evaluación de postcosecha ya que en nuestro país la cadena de refrigeración está aún en desarrollo y en muchos mercados de la sierra no se realiza tratamientos postcosecha.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Para efectuar los cálculos estadísticos de las variables independientes, se utilizó el análisis de varianza. La diferencia estadística entre tratamientos se realizó mediante la prueba de Fisher. La comparación de los datos entre los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey.

4.2.1. Porcentaje de prendimiento (%)

A continuación, se muestran los análisis de varianza.

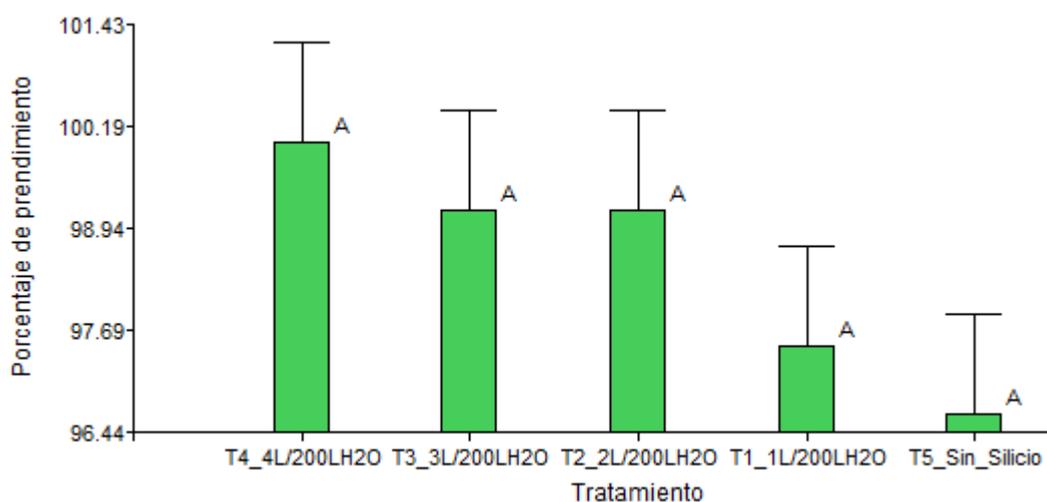
Tabla 6 Análisis de varianza para porcentaje de prendimiento (%).

F. V	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloques	2	2.5	1.25	0.29	4.45	NS
Tratamiento	4	22.5	5.63	1.29	3.83	NS
Error	8	35.0	4.38			
Total	14	60.0				

C.V. 2.12 %

La tabla 6 presenta que, a nivel de tratamientos no hay significación entre ellos, siendo el coeficiente de variabilidad de 2.12 %.

Figura 2 Porcentaje de prendimiento (%)



Analizando los datos se observa que después de haber aplicado el silicio antes del trasplante, no se tuvo un efecto ya que el porcentaje de prendimiento depende principalmente de la formación de raíces en el almácigo, en la presente investigación se realizó el almácigo en bandejas, lo cual favoreció el prendimiento en campo definitivo.

4.2.2. Número de hojas por planta (n°)

Tabla 7 Análisis de variancia para número de hojas por planta (n°).

F. V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	Ft 0.05	
Bloques	2	0.03	0.02	0.19	4.45	NS
Tratamiento	4	8.06	2.01	22.49	3.83	*
Error	8	0.72	0.09			
Total	14	8.81				

C.V. 1.39 %

Observando la tabla 7 se puede apreciar que no hay significación entre los bloques, pero si existe alta diferencia entre los tratamientos en estudio, esto nos demuestra que existe un efecto del silicio foliar en el número de hojas por planta.

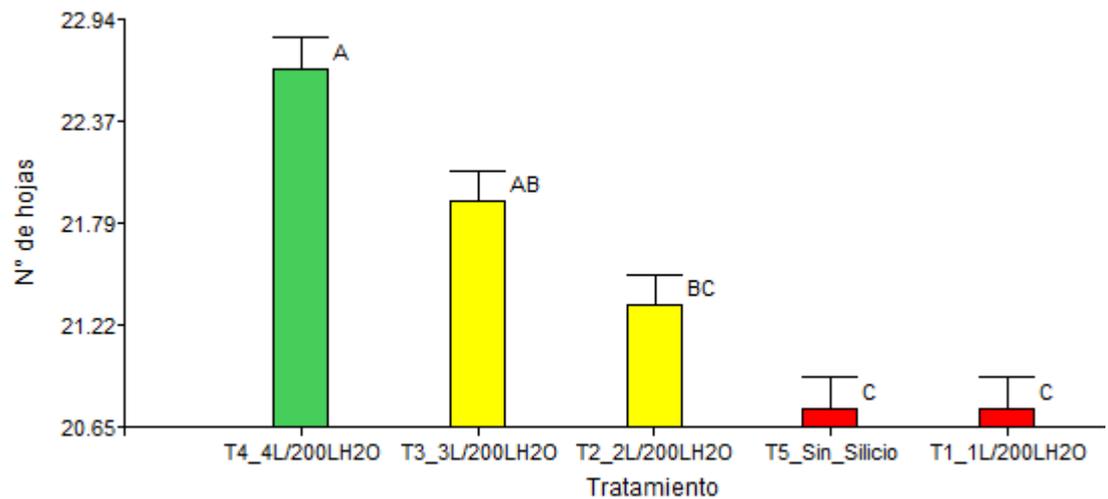
Tabla 8 Prueba de Tukey para número de hojas por planta (n°)

Mérito	Tratam.	Media (n°)	Nivel de significación 0.05
1	T4_4L/200LH2O	22.67	A
2	T3_3L/200LH2O	21.92	A B
3	T2_2L/200LH2O	21.33	B C
4	T5_Sin_Silicio	20.75	C
5	T1_1L/200LH2O	20.75	C

La tabla 8 muestra que entre los tratamientos T4 y T3 no existe diferencia estadística con promedios de 22.67 y 21.92 de número de hojas, respectivamente (A), así mismo entre los tratamientos T3 y T2 no existe diferencia estadística (B), y entre los tratamientos T2, T5 y T1 no existe diferencia (C) con valores de 21.33, 20.75 y 20.75 número de hojas respectivamente.

El número de hojas es importante ya que cuanto mayor sea las hojas habrá mayor actividad fotosintética y por ende habrá mayor peso de pella y por consecuencia mayor rendimiento por hectárea.

Figura 3 Número de hojas por planta (n°)



La figura 3 muestra que el silicio foliar a dosis alta de 4 L en 200 L H₂O incrementa el número de hojas, con respecto al tratamiento testigo y al tratamiento con menor dosis por hectárea. El silicio promueve en las hojas la sanidad al prevenir de ataques de plagas y enfermedades, una hoja sana tendrá mayor contenido de clorofila lo cual favorece a la sanidad del cultivo de coliflor y al rendimiento del cultivo.

4.2.3. Diámetro de cabeza (cm)

Tabla 9 Análisis de varianza para diámetro de cabeza (cm)

F.V.	G. L.	S.C.	CM	Fc	Ft	
Bloques	2	0.16	0.08	8.07	4.45	*
Tratamiento	4	86.78	21.70	2244.38	3.83	*
Error	8	0.08	0.01			
Total	14	87.02				

C.V. 0.41 %

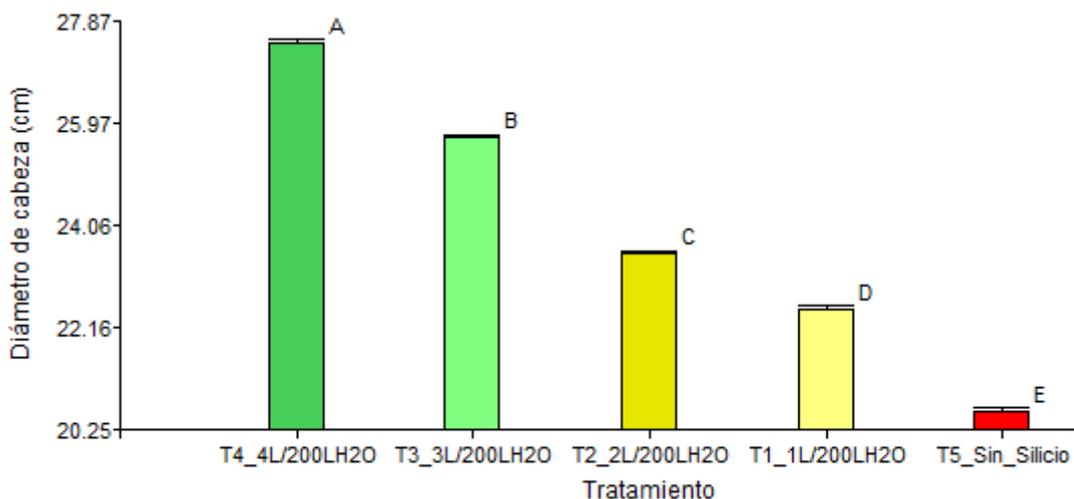
La tabla 9 muestra que entre bloques y tratamientos existe diferencia estadística, lo cual demuestra que el silicio foliar si tuvo un efecto significativo en el diámetro de cabeza o pellas. El coeficiente de variabilidad fue 0.41 % y según la escala de calificación es considerado como homogéneo (Calzada, 1970).

Tabla 10 Prueba de Tukey para diámetro de cabeza o pellas (cm)

Mérito	Tratam.	Media (cm)	Nivel de significación 0.05
1	T4_4L/200LH2O	27.47	A
2	T3_3L/200LH2O	25.70	B
3	T2_2L/200LH2O	23.53	C
4	T1_1L/200LH2O	22.50	D
5	T5_Sin_Silicio	20.60	E

La tabla 10 muestra que entre todos los tratamientos existe diferencia estadística, el mejor tratamiento lo tuvo el T4 dosis alta de silicio foliar con 27.47 cm de diámetro de cabeza. El tratamiento sin silicio foliar alcanzó el menor diámetro de cabeza con 20.6 cm es decir 7 centímetros menos que el mejor tratamiento.

Figura 4 Diámetro de cabeza o pellas (cm)



La figura 4 muestra que la dosis alta de silicio foliar presenta un efecto versátil para formar cabezas con mayor diámetro, así mismo las demás dosis presentan buenos resultados, y el tratamiento control alcanza el menor diámetro de cabeza, el silicio foliar influye en la sanidad y en la actividad metabólica de planta lo cual influye en el diámetro de la cabeza ya que presenta mejor crecimiento y desarrollo.

4.2.4. Número de días al inicio de formación de pellas (n°)

Tabla 11 Análisis de varianza para número de días al inicio de formación de pellas (n°).

F.V.	G. L.	S. C.	CM	FC	FT 0.05	
Bloques	2	1.6	0.8	0.76	4.45	NS
Tratamiento	4	39834	99.6	94.86	3.83	*
Error	8	8.4	1.05			
Total	14	408.4				

C.V. 1.11 %

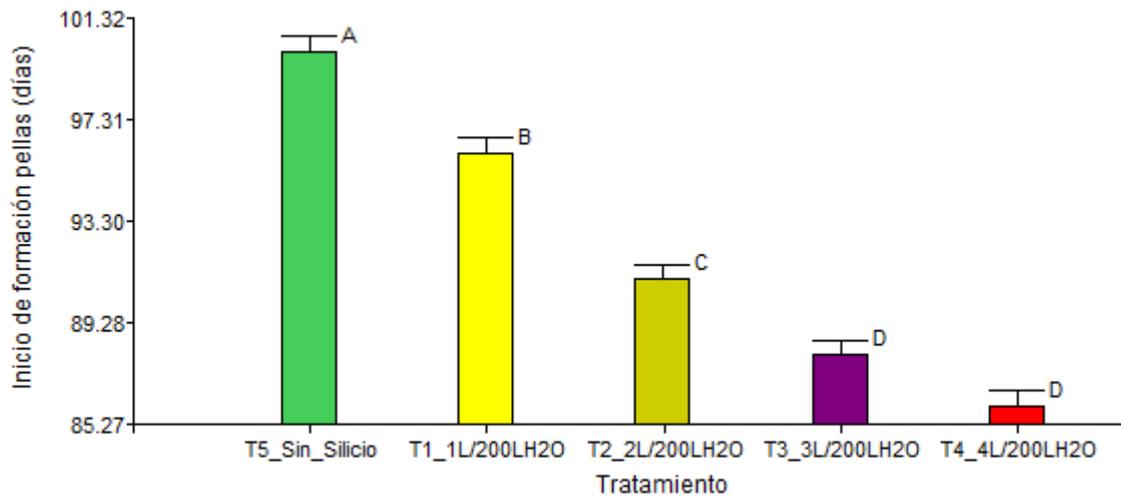
La tabla 11 muestra que entre bloques no existe diferencia estadística, y entre tratamientos si existe diferencia estadística, el coeficiente de variabilidad es de 1.11 % y según Calzada (1970) está considerado como homogéneo.

Tabla 12 Prueba de Tukey para días al inicio de formación de pellas (n°)

Mérito	Tratam.	Media	Nivel de significación 0.05
1	T5_Sin_Silicio	100	A
2	T1_1L/200LH2O	96	B
3	T2_2L/200LH2O	91	C
4	T3_3L/200LH2O	88	D
5	T4_4L/200LH2O	86	D

La tabla 12 muestra que cuando no se adiciona silicio foliarmente el inicio de formación se retarda y empieza a formarse recién a los 100 días después del trasplante y cuando se adiciona silicio foliarmente la formación de pellas empieza en menor tiempo y se observa que a los 86 días ya se empieza a formar las pellas. Cuando las plantas presentan sanidad aceleran su metabolismo lo cual influye en la precocidad para la formación de pellas. Además, se observa que las dosis más elevadas aceleran significativamente la formación de los órganos de la planta como las pellas o conjunto de botones florales.

Figura 5 Número de días a la formación de pellas (n°)



La figura 5 muestra el efecto significativo y positivo del silicio foliar en la formación temprana de las pellas o botones florales. La diferencia es de hasta en 14 días de precocidad lo cual favorece en la producción y en la comercialización temprana de las cosechas.

4.2.5. Número de días a la cosecha (n°)

Tabla 13 Análisis de varianza para número de días a la cosecha (n°)

F.V.	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	0.05
Bloques	2	3.6	1.8	2.25	4.45	NS
Tratamiento	4	297.6	74.4	93.0	3.83	*
Error	8	6.4	0.8			
Total	14	307.6				

C.V. 0.8 %

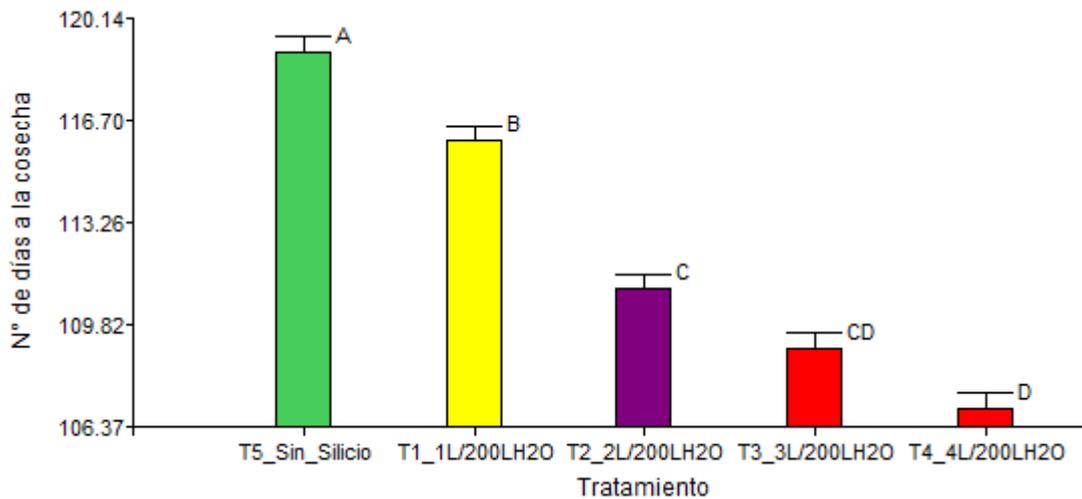
El análisis de varianza para número de días a la cosecha muestra que entre los tratamientos no existe diferencia estadística, pero si existe diferencia entre los tratamientos a un nivel de significancia de 0.05, el coeficiente de variabilidad es 0.8 %, lo cual según Calzada (1970) está considerado como homogéneo. Esto demuestra que si existe un efecto significativo del silicio aplicado foliarmente.

Tabla 14 Prueba de Tukey para de número de días a la cosecha (n°)

Mérito	Tratam.	Media (días)	Nivel de significación 0.05
1	T5_Sin_Silicio	119	A
2	T1_1L/200LH2O	116	B
3	T2_2L/200LH2O	111	C
4	T3_3L/200LH2O	109	C D
5	T4_4L/200LH2O	107	D

La prueba de Tukey para días a la cosecha muestra que el tratamiento T5 sin silicio tardó mayor tiempo en madurar, con 119 días (A), los mejores tratamientos fueron T3 y T4 con 109 y 107 días respectivamente, maduraron 12 días antes respecto al tratamiento control.

Figura 6 Número de días a la cosecha (n°)



La figura 6 muestra el efecto de la aplicación del silicio foliar en los días a la maduración y se observa que existe una reducción o precocidad para la cosecha, las dosis altas T3 y T4 de 3 y 4 litros en 200 litros de H₂O logran mejores resultados. Obtener cosechas en menor tiempo es importante para maximizar los procesos productivos, además nos permite planificar y mejorar la eficiencia del uso del suelo para una producción sostenible.

4.2.6. Peso de cabeza o pellas (kg)

Tabla 15 Análisis de variancia para peso de cabeza o pellas (kg)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT 0.05	
Bloques	2	0.01	0.0046	4.47	4.45	*
Tratamientos	4	1.84	0.46	446.95	3.83	*
Error	8	0.01	0.0010			
Total	14	1.86				

C.V. = 1.62 %

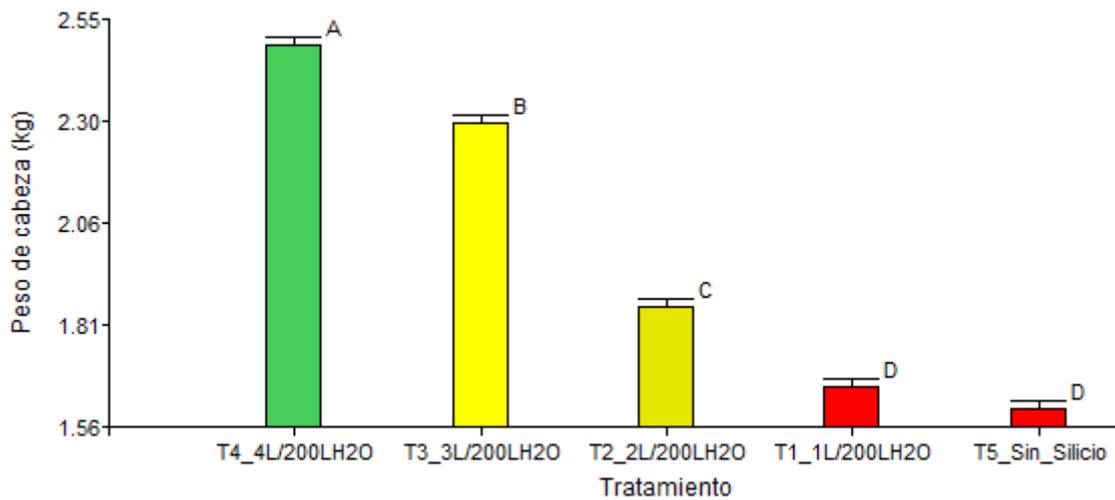
El análisis de variancia muestra que existe diferencia tanto a nivel de bloques como tratamientos, el coeficiente de variabilidad es 1.62 %, según Calzada (1970) está considerado como homogéneo lo cual es adecuado para este tipo de trabajos realizado en campo, lo cual confirma el efecto significativo del silicio foliar en el peso del cultivo de coliflor.

Tabla 16 Prueba de Tukey para peso de cabeza o pellas (kg)

Mérito	Tratam.	Media (kg)	Nivel de significación 0.05
1	T4_4L/200LH2O	2.49	A
2	T3_3L/200LH2O	2.30	B
3	T2_2L/200LH2O	1.85	C
4	T1_1L/200LH2O	1.66	D
5	T5_Sin_Silicio	1.61	D

La prueba de Tukey para peso de cabeza muestra que el tratamiento T4 dosis alta de silicio foliar supera estadísticamente a los demás tratamientos con un peso de 2.49 kg, y los tratamientos T1 y T5 que presentan dosis baja y testigo lograron menor peso con 1.66 y 1.61 kg de peso de cabeza respectivamente. El peso de cabeza de coliflor es importante para la comercialización en mercados grandes o en supermercados donde los consumidores compran media o cuarto de cabeza en familias pequeñas.

Figura 7 Peso de cabeza o pellas (kg)



La figura 7 muestra el efecto significativo y positivo del silicio foliar en el peso de la cabeza de la coliflor, la dosis baja muestra un comportamiento similar al testigo y logra un peso inferior en 880 gramos menos respecto al mejor tratamiento T4.

4.2.7. Rendimiento por hectárea (t/ha)

A continuación, se muestran los análisis de varianza.

Tabla 17 Análisis de variancia para rendimiento por hectárea (t/ha).

F.V.	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	
Bloques	2	6.4	3.20	1.45	4.45	NS
Tratamiento	4	858	214.50	97.50	3.83	*
Error	8	17.6	2.20			
Total	14	882.0				

C.V. = 2.6 %

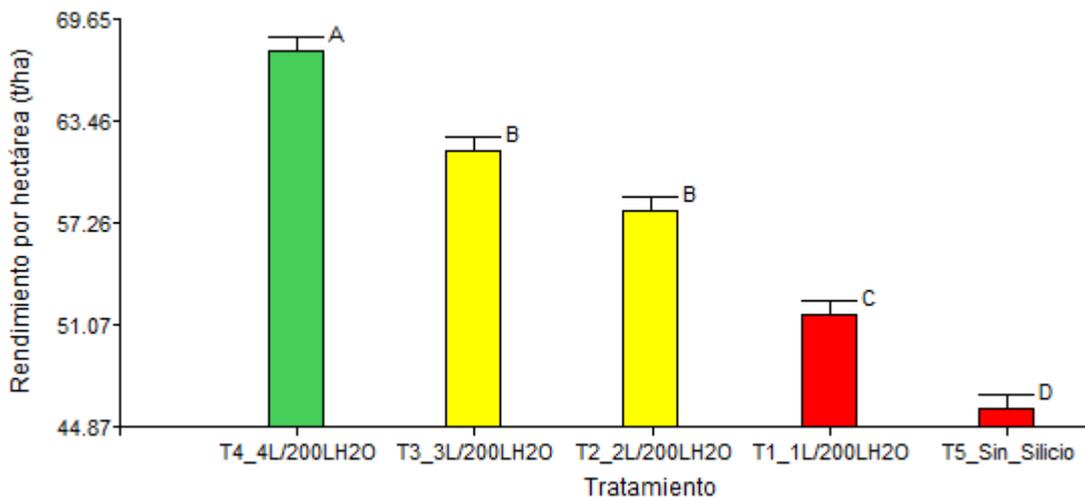
El análisis de varianza para rendimiento por hectárea muestra que no existe significancia estadística para la fuente de variación bloques, pero si existe diferencia para la fuente de variación tratamientos, donde se demuestra que existe un efecto significativo del silicio foliar en el rendimiento del cultivo, el coeficiente de variabilidad es 2.6 %.

Tabla 18 Prueba de Tukey para rendimiento por hectárea (t/ha)

Mérito	Tratam.	Media (t/ha)	Nivel de significación 0.05
1	T4_4L/200LH2O	67.67	A
2	T3_3L/200LH2O	61.67	B
3	T2_2L/200LH2O	58.00	B
4	T1_1L/200LH2O	51.67	C
5	T5_Sin_Silicio	46.00	D

La prueba de Tukey muestra que el tratamiento T4 de dosis alta de silicio foliar consiguió mejores rendimientos con 67.67 t/ha y supera estadísticamente a los demás tratamientos (A), el menor rendimiento lo obtuvo el T5 testigo o control que logra rendimiento de 46 t/ha (D) y se diferencia estadísticamente de los demás tratamientos, es decir con 21.67 t/ha menos respecto al mejor tratamiento.

Figura 8 Rendimiento por hectárea (t/ha)



La figura 8 muestra el efecto positivo y significativo del silicio foliar aplicado al cultivo de coliflor y que la dosis alta presenta alto rendimiento en comparación a la menor dosis, la sanidad del cultivo de coliflor producto del silicio foliar logra que el rendimiento mejore significativamente, además el metabolismo vegetal se incrementa.

4.2.8. Días a la duración postcosecha senescencia (n°)

A continuación, se muestran los análisis de varianza.

Tabla 19 Análisis de variancia para días a la duración postcosecha (n°).

F.V.	G.L.	SC	CM	Fc	Ft 0.05	
Bloques	2	1.20	0.60	0.55	4.45	NS
Tratamiento	4	69.60	17.40	15.82	3.83	*
Error	8	8.80	1.10			
Total	14	79.60				

C.V. = 9.2 %

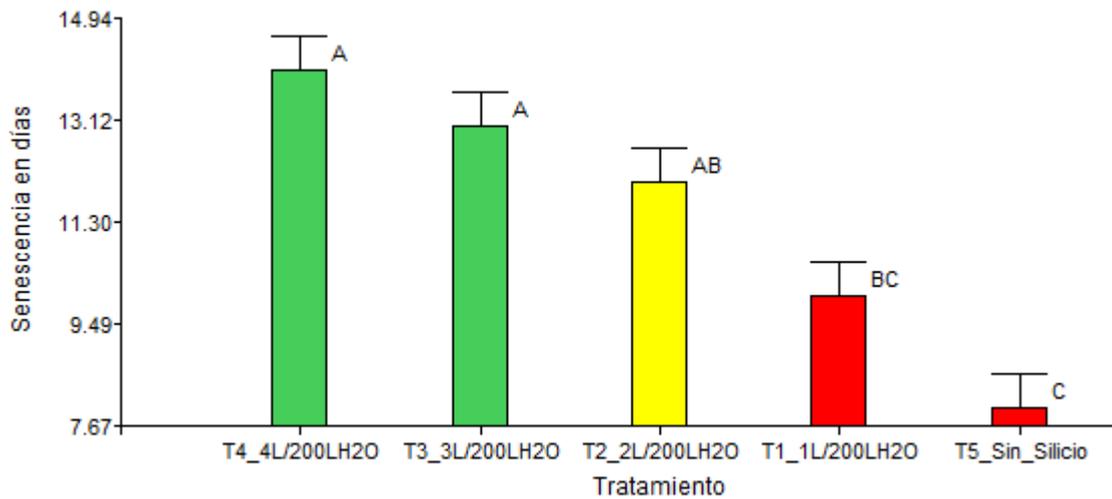
La tabla 19 muestra que para la fuente de variación bloques no existe diferencia estadística, pero si existe diferencia para la fuente de variación tratamientos, lo que confirma que el silicio foliar influye en la duración en postcosecha del cultivo de coliflor, el coeficiente de variabilidad es 9.2 % lo cual está considerado como homogéneo según Calzada (1970).

Tabla 20 Prueba de Tukey para días a la duración postcosecha (n°)

Mérito	Tratam.	Media (días)	Nivel de significación 0.05
1	T4_4L/200LH2O	14	A
2	T3_3L/200LH2O	13	A
3	T2_2L/200LH2O	12	A B
4	T1_1L/200LH2O	10	B C
5	T5_Sin_Silicio	8	C

La prueba de Tukey para días a la duración postcosecha muestra que con la aplicación de silicio foliar T4, las cabezas presentan mayor duración con 14 días, sin embargo, no existe diferencia estadística con los tratamientos T3 y T2, con 13 y 12 días de duración respectivamente (A). Así mismo se observa que entre los tratamientos T2 y T1 no existe diferencia (B), así mismo el T1 y T5 no presentan diferencia entre ellos con 10 y 8 días respectivamente (C).

Figura 9 Duración postcosecha de las pellas o cabeza (días)



La figura 9 muestra el efecto positivo del silicio foliar en la duración de las pellas o cabezas después de haber cosechadas donde se observa que con la aplicación de dosis alta de silicio foliar se logra mejorar la duración en 6 días, presentando un mayor tiempo de comercialización.

4.3. Prueba de hipótesis

Se acepta la premisa general de que el efecto del silicio foliar es positivo en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea Var Botrytis*) en condiciones de Yanahuanca -Pasco.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Porcentaje de prendimiento (%)

En la investigación se obtuvo más de 96 % de prendimiento en todos los tratamientos y esto se debe a que el almácigo se realizó en bandejas y solo se sembró plantines vigorosos lo cual favoreció el prendimiento, adicionalmente al momento de la siembra se aplicó silicio vía foliar, para promover la formación de fitoalexinas o defensas naturales de la planta.

Pérez (2021) manifiesta que el silicio favorece el prendimiento de los cultivos después del trasplante debido a que mejora la sanidad del cultivo al inducir la formación de fitoalexinas o defensas naturales de la planta.

4.4.2. Número de hojas (n°)

En la investigación el tratamiento T4 formó 22.67 hojas y el tratamiento T5 control formó 20.75 hojas, existe diferencia estadística.

Coloma (2015) menciona que la adición de silicio foliar incrementa la formación de órganos en diferentes cultivos debido a las enzimas promotoras de hormonas de formación de crecimiento y desarrollo.

4.4.3. Diámetro de cabeza (cm)

En la investigación el mejor tratamiento lo tuvo el T4 dosis alta de silicio foliar con 27.47 cm de diámetro de cabeza. El tratamiento sin silicio foliar alcanzó el menor diámetro de cabeza con 20.6 cm es decir 7 centímetros menos que el mejor tratamiento.

De la Cruz (2012) menciona que el silicio interacciona con el fósforo y el potasio y favorece la absorción de esos elementos esenciales para la planta y mejora el tamaño de los órganos como las hojas, flores o frutos.

4.4.4. Número de días a la formación de pellas (n°)

En la investigación se observa que cuando no se adiciona silicio foliarmente el inicio de formación se retarda y empieza a formarse recién a los 100 días después del trasplante y cuando se adiciona silicio foliarmente la formación de pellas empieza en menor tiempo y se observa que a los 86 días ya empieza a formar las pellas.

Angulo (2015) menciona que el silicio favorece la precocidad en la formación de órganos de la planta, acelera la división celular y el desarrollo de nuevos órganos.

4.4.5. Número de días a la cosecha (n°)

En la investigación el tratamiento T5 sin silicio tardó mayor tiempo en madurar, con 119 días, los mejores tratamientos fueron T3 y T4 con 109 y 107 días respectivamente, maduraron 12 días antes respecto al tratamiento control.

Vargas (2019) manifiesta que el silicio influye en la maduración temprana de los cultivos lo cual permite realizar más campañas por año y hacer un uso eficiente del suelo para una producción sostenible, además permite planificar mejor los sistemas de producción.

4.4.6. Peso de cabeza o pella (kg)

En la investigación el tratamiento T4 dosis alta de silicio foliar supera estadísticamente a los demás tratamientos con un peso de 2.49 kg, y los tratamientos T1 y T5 que presentan dosis baja y testigo lograron menor peso con 1.66 y 1.61 kg de peso de cabeza respectivamente.

Borda *et al.* (2007) menciona que con la adición de silicio a los cultivos se incrementa el peso debido a que el silicio previene el ataque de patógenos especialmente hongos, además promueve la formación de enzimas que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

4.4.7. Rendimiento por hectárea (t/ha)

En la investigación el tratamiento T4 de dosis alta de silicio foliar consiguió mejores rendimientos con 67.67 t/ha y supera estadísticamente a los demás tratamientos, el menor rendimiento lo obtuvo el T5 testigo o control que

logra rendimiento de 46 t/ha y se diferencia estadísticamente de los demás tratamientos, es decir con 21.67 t/ha menos respecto al mejor tratamiento.

Barreto *et al.* (2017) mencionan que el silicio mejora la absorción de NO_3 y NH_4 lo cual favorece en el rendimiento del cultivo debido a que el nitrógeno forma aminoácidos y posteriormente proteínas.

4.4.8. Días de duración de las pellas después de la cosecha (n°)

En la investigación con la aplicación de silicio foliar T4, las cabezas presentan mayor duración con 14 días, el T1 y T5 no presentan diferencia entre ellos con 10 y 8 días respectivamente, se mejora la duración en 6 días.

Romero *et al.* (2011) manifiesta que el silicio mejora la sanidad de las plantas y por consiguiente después de la cosecha brinda una protección y permite que las cosechas especialmente de hortalizas se mantengan más sanas y duren mayor tiempo en postcosecha.

CONCLUSIONES

1. El efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor en condiciones de Yanahuanca -Pasco fue significativo y positivo
2. Las características agronómicas de las plantas de coliflor con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca -Pasco mejoraron se obtuvo más de 96 % de prendimiento, el tratamiento T4 formó 22.67 hojas y el tratamiento T5 control formó 20.75 hojas, el T4 dosis alta de silicio foliar logró 27.47 cm de diámetro de cabeza, el tratamiento sin silicio formó 7 centímetros menos.
3. La precocidad del cultivo de coliflor con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca – Pasco, se observa que el tratamiento T4 a los 86 días ya empieza a formar las pellas, el tratamiento sin silicio tardó mayor tiempo en madurar, con 119 días, los mejores tratamientos fueron T3 y T4 con maduraron a los 109 y 107 días respectivamente.
4. El rendimiento del cultivo de coliflor con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca – Pasco mejoran el T4 dosis alta de silicio foliar logró un peso de 2.49 kg, y los tratamientos T1 y T5 que presentan dosis baja y testigo lograron menor peso con 1.66 y 1.61 kg de peso de cabeza respectivamente, el tratamiento T4 de dosis alta de silicio foliar consiguió mejores rendimientos con 67.67 t/ha el menor rendimiento lo obtuvo el T5 testigo o control que logra rendimiento de 46 t/ha.
5. La senescencia de las pellas después de la cosecha con el uso de silicio foliar en condiciones de Yanahuanca – Pasco mejora el T4 presenta mayor duración con 14 días, el T1 y T5 con 10 y 8 días respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar silicio foliar a dosis de 4 L/200 LH₂O en el cultivo de coliflor por los resultados obtenidos.
2. Se recomienda utilizar silicio foliar, ya que influye en el cultivo de coliflor a producir buen tamaño de cabeza o pellas, precocidad y rendimiento.
3. Seguir investigando el uso de silicio foliar en diversos cultivos y en las parcelas de los agricultores.
4. Difundir los resultados de la investigación mediante proyección social y efecto multiplicador en el ministerio de agricultura y otras instituciones relacionados al agro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo Huicho, N. (2015). Rendimiento de papa (*Solanum Tuberosum* L.) con aplicación de fósforo, magnesio y silicio. Manallasacc a 3450 msnm, Ayacucho.
- Barreto, R. F., Júnior, A. A. S., Maggio, M. A., & de Mello Prado, R. (2017). Silicon alleviates ammonium toxicity in cauliflower and in broccoli. *Scientia Horticulturae*, 225, 743-750.
- Bercerra de la Flor, J. (1956) Curso de Olericultura, Edit. La Molina. Lima - Perú.
- Borda, O. A., Barón, F. H., & Gómez, M. I. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 273-279.
- Calzada Benza, J. (1970). Métodos estadísticos para la investigación (No. 519.5 C32 1970).
- Cartea, M. E., & Ordás, A. (2002). El cultivo de la coliflor en España y perspectivas de futuro.
- Coloma Cedeño, L. M. (2015). Efecto de la aplicación foliar con dos fuentes de silicio en la agronomía y rendimiento del cultivo de arroz *Oryza sativa* L (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Cortes, M. C. (2021). Zeolita en la producción de plántula de coliflor (*Brassica oleraceae* var. *Botrytis*) en invernadero.
- Currie, H. and C. Perry. (2007). Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. *Ann. Bot.* 100, 1383-1389.
- Datnofft, L., W. Elmer, and D. Huber. (2007). Mineral nutrition and essential element for higher plants. *Comments Agric. Food Chem.* 2, 99-122

- De la Cruz, M. (2012). Fertilización foliar con potasio, calcio y silicio en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). Universidad Autónoma Chapingo. México. 83pp.
- Delgado de la Flor, F. (1982) Datos básicos en cultivos hortícolas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- Epstein, E. (1994). The anomaly of silicon in plant biology. Proc. Natl. Acad. Sci. 91, 11-17.
- Gamero, D. M. (1956) Estado de la densidad de siembra en el cultivo de la coliflor. Lima - Perú.
- García, R. (1962) Horticultura. Barcelona, Madrid. Salvat S. A. España
- Jones, L. and K. Handreck. (1967). Silica in soils, plants, and animals. Adv. Agron. 19, 107-149.
- Knott, J. (1956) Vegetable Growers, California - EE.UU.
- Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H., & Song, A. (2015). Silicon uptake and transport in plants: Physiological and molecular aspects. In Silicon in Agriculture (pp. 69-82). Springer, Dordrecht.
- Lozada P. (1997) Comparativo de siete cultivares de coliflor (*Brassicca oleracea* var. *Botrytis*). Tesis UNSA Arequipa- Perú.
- Romero, A., Munévar, F., & Cayón, G. (2011). Silicon and plant diseases. A review. Agronomía Colombiana, 29(3), 473-480.
- Perez Chavez, J. (2021). Efecto del magnekling silicio en sustratos de un suelo degradado en la producción de plantones de *Theobroma cacao* L. “cacao” en fase de vivero- Aucayacu.
- San Martin Zevallos (1985) Douglas. Manual de Horticultura para el Perú, Tomo I y II. Editorial MANFER. Barcelona - España.

- Shoemaker, J. (1965) Vegetable Growing, Ontario. Silicon in rice plant II. Soil Sci. Plant Nutr. 8(2), 36-41.
- Strasburger, E. (1956) Tratado de botánica.
- Tabango Guerrero, T. L. (2023). Efecto de la aplicación edáfica de Silicio y Magnesio en el desarrollo del cultivo de col morada “*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*” en el cantón Tulcán. UPEC.
- Takahashi, E., J. Ma, and Y. Miyake. (1990). The possibility of as an essential element for higher plants. Comments on Agricultural and Food Chemistry, 2(2), 99-102.
- Thompson, H. (1949) Vegetable Crops, New York - EE.UU.
- Vargas, J. J. (2019). Efecto de la aplicación foliar de silicio y VIUSID® agro en el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo dos sistemas de riego (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2019.).
- Yoshida, S., Y. Ohnishi, and K. Kitagishi. (1962). Histochemistry of silicon in rice plant: III. The presence of cuticle-silica double layer in the epidermal tissue. Soil Science and Plant Nutrition, 8(2), 1-5.

ANEXOS

Instrumentos para recolección de datos

- Cartillas de registro de datos (evaluación)
- GPS, Laptop
- Cuaderno de evidencias
- Celular con cámara fotográfica, USB
- Balanzas electrónica
- Wincha y vernier
- Programa Excel e Infostat
- Observación de fenómenos y entrevista a expertos como técnicas para recojo de la información.
- Supuestos e ideas
- Métodos analíticos y cuantitativo.

FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
PEÑA CHAVEZ Pedro	Ingeniero agrónomo	Director de Agencia Agraria Yanahuanca	aplicación de silicio foliar en el cultivo de coliflor	SARMIENTO MENDOZA Yuli Beatriz SARMIENTO MENDOZA Jesús Alberto
Título de la tesis: Efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Botrytis</i>) en condiciones de Yanahuanca – Pasco				

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.					X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos de la tecnología educativa.					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					X

9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.				X
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado				X
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN: Se trata de un Instrumento adecuado a la realización del experimento para ser aplicado en la investigación por los puntajes alcanzados al ser evaluado en estricta relación con las variables y sus dimensiones.					
IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 84%					
Cerro de Pasco, 20 de julio de 2023	43535458				978589822
Lugar y Fecha	N° DNI	Firma del experto			N° Celular

FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

V. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
BERROSPI BECERRA Christian	Ingeniero agrónomo	Consultor privado	aplicación de silicio foliar en el cultivo de coliflor	SARMIENTO MENDOZA Yuli Beatriz SARMIENTO MENDOZA Jesús Alberto
Título de la tesis: Efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Botrytis</i>) en condiciones de Yanahuanca – Pasco				

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.					X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos de la tecnología educativa.					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					X

9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X
VII. OPINIÓN DE APLICACIÓN: Se trata de un Instrumento adecuado a la realización del experimento para ser aplicado en la investigación por los puntajes alcanzados al ser evaluado en estricta relación con las variables y sus dimensiones.						
VIII. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 84%						
Cerro de Pasco, 20 de julio de 2023	41822781	 Ing. Christian R. BERROSPI BECERRA. CIP.112376			959785931	
Lugar y Fecha	Nº DNI	Firma del experto			Nº Celular	

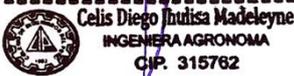
FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

IX. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
CELIS DIEGO Jhulisa Madeleyne	Ingeniero agrónomo	AgroRural Huánuco	aplicación de silicio foliar en el cultivo de coliflor	SARMIENTO MENDOZA Yuli Beatriz SARMIENTO MENDOZA Jesús Alberto
Título de la tesis: Efecto del silicio foliar en el rendimiento y poscosecha en coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Botrytis</i>) en condiciones de Yanahuanca – Pasco				

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.					X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos de la tecnología educativa.					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					X

9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X
XI. OPINIÓN DE APLICACIÓN: Se trata de un Instrumento adecuado a la realización del experimento para ser aplicado en la investigación por los puntajes alcanzados al ser evaluado en estricta relación con las variables y sus dimensiones.						
XII. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 84%						
Cerro de Pasco, 20 de julio de 2023	71842807	 				921 433 983
Lugar y Fecha	N° DNI	Firma del experto	N° Celular			

Evaluaciones realizadas

Porcentaje de prendimiento (%)

Dosis de silicio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	Promedio
T1 1.0 L/200L H2O	97.5	100	95	97.5
T2 2.0 L/200L H2O	100	97.5	100	99.2
T3 3.0 L/200L H2O	100	97.5	100	99.2
T4 4.0 L/200L H2O	100	100	100	100.0
T5 Sin silicio	95	100	95	96.7

Número de hojas por planta (n°)

Trat	Dosis de silicio	Bloque I					Bloque II					Bloque III					
		Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	promedio	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	promedio	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	promedio	
T1	1.0 L/200L de agua	21	20	21	21	20.75	21	20	22	21	21	20	21	20	21	21	20.5
T2	2.0 L/200L de agua	21	21	22	21	21.25	21	22	21	22	21.5	21	21	22	21	21.25	
T3	3.0 L/200L de agua	22	21	22	22	21.75	22	22	21	22	21.75	22	22	23	22	22.25	
T4	4.0 L/200L de agua	23	23	22	23	22.75	23	22	23	22	22.5	23	23	22	23	22.75	
T5	sin silicio	21	22	21	21	21.25	21	21	20	20	20.5	21	20	21	21	20.5	

Diámetro de cabeza o pellas (cm)

Trat	Dosis de silicio	Bloque I					Bloque II					Bloque III				
		Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	promedio	Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	promedio	Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	promedio
T1	1.0 L/200L de agua	22.6	22.7	22.1	22.3	22.4	22.9	22.6	22.3	22.1	22.5	22.3	22.5	22.7	22.9	22.6
T2	2.0 L/200L de agua	23.5	23.1	23.7	23.2	23.4	23.8	23.5	23.1	23.7	23.5	23.6	23.9	23.7	23.4	23.7
T3	3.0 L/200L de agua	25.4	25.3	25.8	25.7	25.6	25.8	25.9	25.7	25.3	25.7	25.8	25.7	25.9	25.6	25.8
T4	4.0 L/200L de agua	27.3	27.4	27.1	27	27.2	27.6	27.8	27.9	27.4	27.7	27.9	27.5	27.4	27.2	27.5
T5	sin silicio	20.1	21.2	20.3	20.4	20.5	20.9	20.7	20.4	20.2	20.6	20.7	20.5	20.8	20.9	20.7

Días a la formación de pellas (n°)

Trat	Dosis de silicio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1	1.0 L/200L de agua	95	96	97
T2	2.0 L/200L de agua	90	92	91
T3	3.0 L/200L de agua	88	87	89
T4	4.0 L/200L de agua	86	87	85
T5	sin silicio	100	99	101

Días a la cosecha (n°)

Trat	Dosis de silicio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1	1.0 L/200L de agua	115	116	117
T2	2.0 L/200L de agua	110	111	112
T3	3.0 L/200L de agua	108	109	110
T4	4.0 L/200L de agua	106	107	108
T5	sin silicio	120	119	118

Peso de cabeza (kg)

Trat	Dosis de silicio	Bloque I					Bloque II					Bloque III				
		Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	promedio	Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	promedio	Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	promedio
T1	1.0 L/200L de agua	1.62	1.69	1.65	1.64	1.65	1.63	1.65	1.69	1.78	1.69	1.6	1.64	1.67	1.63	1.64
T2	2.0 L/200L de agua	1.84	1.83	1.81	1.86	1.84	1.79	1.84	1.78	1.83	1.81	1.86	1.89	1.92	1.97	1.91
T3	3.0 L/200L de agua	2.23	2.25	2.21	2.27	2.24	2.31	2.29	2.34	2.28	2.31	2.31	2.29	2.38	2.36	2.34
T4	4.0 L/200L de agua	2.43	2.46	2.47	2.41	2.44	2.45	2.59	2.43	2.51	2.50	2.46	2.55	2.54	2.51	2.52
T5	sin silicio	1.53	1.58	1.56	1.59	1.57	1.52	1.57	1.68	1.72	1.62	1.62	1.64	1.59	1.68	1.63

Rendimiento por hectárea (t/ha)

Trat	Dosis de silicio	BI I	BI II	BI III
T1	1.0 L/200L de agua	50	52	53
T2	2.0 L/200L de agua	57	59	58
T3	3.0 L/200L de agua	62	63	60
T4	4.0 L/200L de agua	68	69	66
T5	sin silicio	44	46	48

Días de duración de la pella o cabeza después de la cosecha (n°)

Trat	Dosis de silicio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1	1.0 L/200L de agua	11	10	9
T2	2.0 L/200L de agua	12	13	11
T3	3.0 L/200L de agua	13	12	14
T4	4.0 L/200L de agua	14	13	15
T5	sin silicio	8	7	9

Panel fotográfico



Preparación y marcado de terreno



Instalación del cultivo



Manejo del cultivo



Control fitosanitario



Cosecha



Finalización de la investigación