



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TEMA:

**Respuesta morfológica y productiva de plantas de pimiento
(*Capsicum annuum* L.) ante la aplicación foliar de
diferentes dosis de silicio.**

AUTOR:

Guzmán Sánchez, Juan Carlos

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero Agropecuario**

TUTORA:

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefania, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

14 de febrero del 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **Trabajo de Integración Curricular**, fue realizado en su totalidad por **Guzmán Sánchez, Juan Carlos**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**.

TUTORA

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefania, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefania, M.Sc.

Guayaquil, a los 14 días del mes de febrero del año 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Guzmán Sánchez, Juan Carlos**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Integración Curricular, Respuesta morfológica y productiva de plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) ante la aplicación foliar de diferentes dosis de silicio previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

Guayaquil, a los 14 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR

Guzmán Sánchez, Juan Carlos



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Guzmán Sánchez, Juan Carlos**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución el **Trabajo de Integración Curricular Respuesta morfológica y productiva de plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.) ante la aplicación foliar de diferentes dosis de silicio**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR:

Guzmán Sánchez, Juan Carlos



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICADO URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Integración Curricular, **Respuesta morfológica y productiva de plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.) ante la aplicación foliar de diferentes dosis de silicio** presentado por el estudiante **Guzmán Sánchez, Juan Carlos**, de la carrera de **Ingeniería Agropecuaria**, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.



Document Information

| | |
|-------------------|--|
| Analyzed document | TIC - Guzmán Sánchez Juan Carlos - 07 de febrero 2023 .docx (D158070053) |
| Submitted | 2/7/2023 6:02:00 PM |
| Submitted by | |
| Submitter email | juan.guzman04@cu.ucsg.edu.ec |
| Similarity | 0% |
| Analysis address | noelia.caicedo.ucsg@analysis.urkund.com |

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2023

Certifican,

Ing. Pincay Figueroa, Paola E., M.Sc.
Director Carreras Agropecuarias
UCSG-FETD

Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.
Revisora - URKUND

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios, quien ha forjado mi camino y ha estado conmigo brindándome sabiduría para culminar mis estudios universitarios.

A mis padres, quienes me formaron con valores, principios, y estuvieron motivando y aconsejándome constantemente a no rendirme en mi carrera profesional.

A mi tutora Ing. Paola Pincay Figueroa por compartir conmigo sus conocimientos durante estos años de estudios universitarios a través de su profesionalismo y dedicación, gracias por su paciencia, apoyo y motivación para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

DEDICATORIA

Dedicado con el cariño más grande a mis Padres, que con gran sacrificio y esmero supieron brindarme todo su apoyo a lo largo de todos estos duros años dentro de la universidad. Gracias por ser quienes son y por creer en mí.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefania, M.Sc.

TUTOR A

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefania, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Caicedo Coello, Noelia, M.Sc.

COORDINADOR DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

CALIFICACIÓN

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefania, M.Sc.

TUTORA

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1 | Objetivos | 3 |
| 1.1.1 | Objetivo general. | 3 |
| 1.1.2 | Objetivos específicos. | 3 |
| 2 | MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1 | Generalidades del pimiento | 4 |
| 2.1.1 | Origen | 4 |
| 2.2.2 | Taxonomía del pimiento | 4 |
| 2.3 | Descripción botánica del pimiento | 5 |
| 2.4 | Descripción morfología de la planta de pimiento | 5 |
| 2.5 | Requisitos climatológicos..... | 6 |
| 2.5.2 | Temperatura..... | 6 |
| 2.5.3 | Humedad..... | 7 |
| 2.5.4 | Luminosidad..... | 7 |
| 2.5.5 | Suelos. | 8 |
| 2.6 | Manejo del cultivo | 9 |
| 2.6.2 | Preparación del suelo..... | 9 |
| 2.6.3 | Siembra y trasplante. | 9 |
| 2.6.4. | Densidad de siembra | 9 |
| 2.6.4 | Crecimiento de la plántula. | 10 |
| 2.6.5 | Crecimiento vegetal rápido..... | 10 |
| 2.6.6 | Floración y fructificación..... | 10 |
| 2.6.7 | Riego..... | 11 |
| 2.6.8 | Fertilización. | 11 |
| 2.7 | Uso del Silicio en la agricultura (Si) | 12 |
| 3 | MARCO METODOLÓGICO | 14 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1 Localización..... | 14 |
| 3.2 Características climáticas de la zona | 14 |
| 3.3 Materiales..... | 15 |
| 3.4 Tipo de investigación..... | 15 |
| 3.5 Diseño experimental..... | 15 |
| 3.6 Análisis estadístico | 16 |
| 3.7 Tratamientos | 16 |
| 3.8 Variables a evaluar..... | 17 |
| 3.8.1 Altura de la planta..... | 17 |
| 3.8.2 Diámetro del tallo..... | 18 |
| 3.8.3 Número de hojas. | 18 |
| 3.8.4 Largo y ancho de las hojas..... | 18 |
| 3.8.5 Número de frutos..... | 18 |
| 3.8.6 Análisis económico..... | 18 |
| 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 19 |
| 4.1 Variables climatológicas | 19 |
| 4.2. Altura de la planta..... | 20 |
| 4.3. Diámetro del tallo..... | 21 |
| 4.4. Número de hojas | 22 |
| 4.5 Largo y ancho de las hojas | 24 |
| 4.6. Número de frutos | 26 |
| 4.7 Análisis económico | 28 |
| 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 29 |
| 5.1 Conclusiones | 29 |
| 5.2 Recomendaciones | 30 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 31 |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación taxonómica del pimiento. | 5 |
| Tabla 2. Características climáticas de la zona..... | 14 |
| Tabla 3. Análisis de varianza del diseño de bloques completamente al azar. | 15 |
| Tabla 4. Descripción de los tratamientos..... | 16 |
| Tabla 5. Análisis de varianza de variables climáticas durante investigación. | 19 |
| Tabla 6. Altura de las plantas evaluadas durante la investigación | 20 |
| Tabla 7. Evaluación del diámetro del tallo (cm) tomado durante el desarrollo de la investigación. | 21 |
| Tabla 8. Evaluación del número de hojas en las plantas durante la investigación | 23 |
| Tabla 9. Evaluación del largo y el ancho de las hojas (cm) durante el tiempo de investigación. | 25 |
| Tabla 10. Evaluación de conteo de frutos al finalizar la investigación. | 26 |
| Tabla 11. Detalle de costos empleados en la compra de dosis de silicio en relación con los metros cuadrados | 28 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación del ensayo | 14 |
| Figura 2. Distribución de tratamientos..... | 16 |
| Figura 3. N° de hojas y de frutos encontrados a los 45 días de evaluación en las plantas de pimiento | 27 |

RESUMEN

La producción de pimiento en Ecuador representa un rubro importante en el sector agrícola. El objetivo de la presente investigación fue Evaluar la respuesta morfológica y productiva de plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) ante la aplicación foliar de diferentes dosis de silicio. La investigación se llevó a cabo en la finca Brihana Victoria vía Pajonal, en la Provincia de El Oro. Se empleó un diseño de bloques al azar de 4 tratamientos y 5 bloques. Los tratamientos fueron T1 (10 g Si), T2 (20 g de Si), T3 (40 g de Silicio) y T4 (testigo). Los resultados nos indican que para altura de la planta (cm) todos los tratamientos presentaron promedios similares. El diámetro del tallo (cm) a los 45 días fue mayor en el T3 con 0.7 cm. En el número de hojas fueron los tratamientos T1 y T4 los de mayor promedio de hojas a los 30 y 45 días. El largo y ancho de las hojas (cm) fue similar en todos los tratamientos. La producción de frutos fue superior en los tratamientos de mediana y alta dosis de Si (T2 y T3). Finalmente, el tratamiento de mayor costo de inversión es el T3 con USD 2.50 / 30 m². El silicio sí influyó en las características productivas de las plantas de pimiento y el fortalecimiento de la pared celular del tallo.

Palabras Claves: Morfología, producción, cultivos hortícolas, comportamiento agronómico, foliar.

ABSTRACT

The production of pepper in Ecuador represents an important item in the agricultural sector. The objective of this research was to evaluate the morphological and productive response of pepper plants (*Capsicum annum* L.) before the foliar application of different doses of silicon. The research was carried out on the Brihana Victoria farm via Pajonal, in the Province of El Oro. A random block design of 4 treatment and 5 blocks was used. The treatments were T1 (10 g Si), T2 (20 g Si), T3 (40 g Silicon) and T4 (control). The results indicate that for plant height (cm) all treatments presented similar averages. The stem diameter (cm) at 45 days was higher in T3 with 0.7 cm. In the number of leaves, the T1 and T4 treatments were the ones with the highest average number of leaves at 30 and 45 days. The length and width of the leaves (cm) was similar in all treatments. Fruit production was higher in medium and high dose Si treatments (T2 and T3). Finally, the treatment with the highest investment cost is T3 with USD 2.50 / 30 m². Silicon did influence the productive characteristics of pepper plants and the strengthening of the cell wall of the stem.

Key words:

Key words: Morphology, production, horticultural crops, agronomic behavior, foliar.

1 INTRODUCCIÓN

El pimiento (*Capsicum annuum* L) es una hortaliza de frutos dulces de diversos tamaños, colores y formas. Su consumo se da a nivel mundial (Acosta et al., 2018). Es uno de los principales cultivos hortícolas de nuestro país, particularmente se da en la región mediterránea (Cengiz et al., 2020). Su contenido nutricional lo hace apetecible para el consumo constante, aporta un alto contenido de fibra, carbohidratos, la propiedad más destacable es su alto contenido de ácido ascórbico, el cual supera a las naranjas. Se cultiva en condiciones de invernadero para lograr un alto rendimiento y una buena calidad de la fruta en comparación con las condiciones de campo abierto.

La biofortificación y la fertilización son alternativas para aumentar el contenido nutricional en los vegetales, pueden aplicarse mediante aspersiones a los cultivos de consumo humano. La aplicación de micronutrientes mediante la fertilización edáfica y foliar logra aumentar el rendimiento productivo y la composición nutricional de los cultivos de hortalizas. Aunque la aplicación directa de micronutrientes al suelo presenta deficiencias por diversos factores relacionados con la porosidad y retención de agua del suelo como también por problemas del sistema radicular propio del cultivo. La aplicación foliar es más recomendable en cultivos cuyos suelos no han sido analizados para conocer su composición mineral.

El silicio (Si) es un mineral que aumenta el sistema inmunológico de la planta y fortalece el tejido epidérmico, formando una doble capa cuticular que protege las células de las hojas. Su efecto bioestimulante mejora el equilibrio y la disponibilidad de nutrientes. Este es un elemento que habitualmente se pasa por alto en los planes estándar de fertilización debido a que algunos cultivos lo extraen en importantes cantidades del suelo. Los fertilizantes comerciales cuya composición contiene silicio asimilable, tanto en su presentación sólida como líquida, permiten tratar la desertificación y la sostenibilidad de la agricultura intensiva en zonas áridas y semiáridas.

El uso de silicio en cultivos de hortalizas mediante la aplicación foliar aumenta el sinergismo de otros minerales, en especial de los fosfatados,

permitiendo que las plantas desarrollen resistencia a los diversos factores ambientales ya que este mineral actúa como una cutícula de protección en las hojas evitando plagas y enfermedades. Considerando que la aplicación foliar de silicio facilita su absorción por medio de las hojas, y, que no deriva problemas fisiológicos en los cultivos de sistemas extensivos a campo abierto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta morfológica y productiva de plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) ante la aplicación foliar de diferentes dosis de silicio.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Evaluar la respuesta morfológica y productiva de plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) ante la aplicación foliar de diferentes dosis de silicio.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Determinar el efecto de las dosis de silicio en el crecimiento de la plantación ante la fertilización foliar.
- Determinar la mejor dosificación de silicio en función al comportamiento agronómico número de hojas, número de frutos, largo y ancho de las hojas de las plantas de pimiento.
- Establecer los costos de producción de los tratamientos en estudio.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del pimiento

2.1.1 Origen

Las poblaciones silvestres de la especie de pimiento *Capsicum annuum* L. se encuentran desde el sur de los Estados Unidos (sur de Arizona) hasta Colombia o el norte de Perú. México es considerado su centro de domesticación, allí se han encontrado semillas en restos arqueológicos de 6500 a 5000 AC y es allí donde se encuentra la mayor diversidad de especies en la actualidad (Barboza et al., 2019).

Cuando los españoles llegaron a México, los aztecas ya habían desarrollado docenas de variedades de pimiento, Cristóbal Colón llevó semillas a Europa, desde donde el pimiento se extendió a Oriente Medio, África y Asia. Más tarde se introdujo en lugares más al norte de América del Norte donde antes era desconocido (Rivera et al., 2016).

Aparentemente se le dio el nombre común de 'pimiento' en español y 'pepper' en inglés cuando inicialmente se confundió con pimiento (*Piper nigrum*), debido al sabor picante presente en muchos de sus frutos. El nombre común de 'ají' es de origen caribeño y el de 'chile' es de origen mexicano, ambos derivados del nombre utilizado por los pueblos indígenas de estas regiones (Fornaris, 2016).

2.2.2 Taxonomía del pimiento

Bajo el género *Capsicum* se encuentran diferentes especies conocidas con el nombre común en español de pimiento, ají o guindilla. Los taxónomos que utilizan el concepto de especies morfológicas han agrupado a *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense* en una sola especie, pero los estudios biológicos (citogenéticos) han proporcionado evidencia de que en realidad son tres especies diferentes (Fornaris, 2016). La clasificación taxonómica descrita por Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2012), se detalla a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del pimiento.

| | |
|-------------------|---------------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | <i>Magnoliopsida</i> |
| Subclase | <i>Asteridae</i> |
| Orden | <i>Solanales</i> |
| Familia | <i>Solanaceae</i> |
| Subfamilia | <i>Solanoideae</i> |
| Tribu | <i>Capsiceae</i> |
| Género | <i>Capsicum</i> |
| Especie | <i>Capsicum annuum L.</i> |

Fuente: ITIS, 2012

2.3 Descripción botánica del pimiento

Su desarrollo no está completamente establecido y actúa; como semipermanente, su abanico erecto, con tres o cinco ramas esenciales y de nueve a trece opcionales; sus hojas son enormes, de color verde opaco, de 10 a 15 cm de largo y separadamente anchas, tiene una raíz pivotante y una base radicular que varía de 1 a 2 m dependiendo del tipo de suelo, sus productos naturales son bayas vacías a 3 o 4 salientes y la semilla alojada en la placenta, presentan una normalidad de 6 productos orgánicos por cada axila; estos tienen entre 2 y 6 cm de variedad verde en estado juvenil y amarillo, naranja y rojo en estado adulto (Huamancayo, 2022).

2.4 Descripción morfología de la planta de pimiento

El pimiento (*Capsicum annuum L.*) es una planta herbácea perenne, con un ciclo de cultivo anual de altura variable entre 0,5 m y 2 m, las plantas de los híbridos cultivados en invernadero suelen ser de mayor longitud oscila entre 1 m a 2 m. El sistema La raíz se caracteriza por ser pivotante y profunda, dependiendo de la profundidad y textura del suelo. Además, la raíz se caracteriza por sus numerosas raíces adventicias que pueden extenderse horizontalmente entre 0.5 y 1 metro. El tallo principal del pimiento es de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura (“cruz”) echa 2 o 3 ramas (según la variedad) y sigue ramificándose dicotómicamente hasta el final de su vida (Pinto y Alvarez, 2018).

La hoja es entera, imberbe y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco visible, la cara superior es

glabra (lisa y blanda al tacto) y de un verde más o menos intenso (según la variedad) y reluciente. La inserción de las hojas en el tallo se realiza de forma alterna y su tamaño es variable según las variedades, existiendo cierta correlación entre tamaño de hoja adulta y peso promedio de fruto (Condés, 2017).

En cuanto a las flores, son solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeños y tienen la corola blanca. La polinización es autógama, aunque puede haber un porcentaje de entrecruzamiento inferior al 10 %. El fruto es una baya hueca, semicartilaginosa, deprimida, de varios colores (verde, rojo, amarillo, naranja, morado o blanco); en la mayoría variedades, la fruta cambia de verde a naranja y rojo a medida que madura (Pinto y Alvarez, 2018).

2.5 Requisitos climatológicos

2.5.2 Temperatura.

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de pimentón varía entre 18 y 28 °C. A temperaturas por encima de 32 °C y en condiciones de baja humedad progenitor o ambiente, se provocan pérdidas de botones y caída floral, así como reducción de la capacidad del polen para fertilizar flores. Temperaturas nocturnas superiores a 30 °C pueden provocar la pérdida de todas las flores y botones florales; por el contrario, la polinización aumenta cuando la temperatura diaria desciende por debajo de los 20 °C, esta es la temperatura óptima para el ajuste (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2015). Cabe señalar que cuando las temperaturas descienden por debajo del rango óptimo, durante la formación del botón floral es posible que se muestre la formación de múltiples frutos de menor tamaño alrededor de los frutos principales y deformes (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [CORPOICA], 2015).

La temperatura también tiene influencia en las deficiencias nutricionales de las plantas, esto se da porque la membrana celular es una bicapa lipídica que define a todas las células, regula la entrada y salida de muchas sustancias entre el citoplasma y el medio extracelular, estas

funciones y su composición se ven afectadas por las bajas temperaturas; comienza a endurecerse por el frío, haciéndola menos permeable, impidiendo la entrada de agua y nutrientes y generando una caída en las tasas metabólica, fotosintética y respiratoria, en términos más prácticos, el estrés por frío provoca una reducción en la tasa de absorción de agua y nutrientes por parte de los cultivos, lo que a su vez reduce la tasa de translocación interna de las soluciones absorbidas (García, 2020).

2.5.3 Humedad

La humedad relativa o ambiental óptima oscila entre 50 % y 70 %, las humedades relativas muy altas (mayores al 80 %) favorecen el desarrollo de enfermedades aerotransportadas causadas por hongos y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede provocar la caída de flores y frutos recién cuajados (Barrera, 2020).

Los cultivos que se llevan a cabo dentro de invernaderos se pueden reducir ventilando (ventilación mecánica instalando ventiladores electromecánicos) el exceso de humedad, aumentando la temperatura, regulando el riego y construyendo zanjas de drenaje (DANE, 2015). La humedad relativa ideal para un crecimiento y fertilidad óptimos se encuentra entre el 50 % y el 70 % (Pinto y Alvarez, 2018).

Si la humedad es demasiado baja y la transpiración posterior es demasiado alta, la planta cierra las aberturas de las estomas para minimizar la pérdida de agua y el marchitamiento. Desafortunadamente, esto también significa que la fotosíntesis es más lenta y eventualmente también lo será el crecimiento y deficiencia nutritiva de las plantas (Parent, 2022).

2.5.4 Luminosidad.

El pimentón es una planta muy exigente en cuanto a luz, especialmente en las primeras etapas de la reproducción. Si la intensidad de la radiación solar es demasiado alta, Puede causar grietas en la fruta, quemaduras solares y coloración irregular en la madurez. En la etapa de plántula, el pimentón es un cultivo relativamente tolerante a la sombra; en semillero, la aplicación de

hasta un 55% de la sombra aumenta el tamaño de las plantas, favoreciendo, produciendo posteriormente más frutos y de mayor tamaño mayor (DANE, 2015). La sombra puede ser beneficiosa para cultivo, reducir el estrés hídrico y reducir efecto de la combustión de frutos por el sol. Sin embargo, el exceso de sombra reduce la tasa de crecimiento de cultivo y puede causar caída de flores y frutos (CORPOICA, 2015).

La planta del pimiento también es muy exigente en cuanto a luz, sobre todo cuando el fruto está en pleno desarrollo; sin embargo, la exposición a demasiada radiación durante la fase de maduración puede causar que la fruta se parta, se quemé con el sol y tenga una coloración desigual. Las quemaduras solares son bastante comunes, especialmente en las variedades más susceptibles, y es una mancha seca en los frutos, consecuencia de su exposición directa a una fuerte insolación. Por el contrario, demasiada sombra debido al exceso de follaje puede causar la caída de las flores y, por lo tanto, afectar negativamente el rendimiento (Condés, 2017).

La luminosidad inadecuada causa deficiencias nutricionales ya que la mayoría de las especies vegetales responden de manera diferente a la calidad de la radiación (color o longitud de onda) y a la cantidad de esta (flujo fotónico-PDF densidad o irradiancia), así como a las combinaciones de ambas, lo que representa un factor fundamental en la interferencia entre cultivos y malezas (Blanco-Valdés, 2019). El efecto de la calidad y cantidad de radiación se combina con el componente ambiental de sombra que produce un espectro de radiación característico bajo el dosel de las plantas. Las hojas absorben fotones en azul y rojo del espectro de radiación fotosintéticamente activa (PHR), mientras que la absorción el PHR y especialmente en la región del rojo lejano es más débil y gran parte de estos fotones se reflejan como radiación difusa (radiación) (Fornaris, 2016).

2.5.5 Suelos.

Los suelos más adecuados para el cultivo del pimentón son las que presentan: una textura media (franco [F] franco arenoso [FA]), estructura suelta, buen drenaje, buena fertilidad natural y pH ligeramente ácido a neutro

(5.8 a 7.0). El pimentón es una planta sensible a la salinidad del suelo y del agua de riego; bajo condiciones salinidad del suelo y del agua de riego, la planta se desarrolla poco y los frutos obtenidos son tamaño más pequeño. Antes de avanzar en la siembra, es necesario seleccionar muy bien el suelo, teniendo en cuenta las características anteriormente indicadas, y en la medida de lo posible que la cosecha inmediatamente anterior no fue de tomate o patata, ya que pertenecen a la familia de las solanaceae y por lo tanto comparten las mismas plagas y enfermedades (CORPOICA, 2015; DANE, 2015).

2.6 Manejo del cultivo

2.6.2 Preparación del suelo

Antes de sembrar un cultivo es necesario preparar el terreno, es una de las prácticas agrícolas más importantes, ya que una adecuada preparación ayudará en el óptimo crecimiento y desarrollo de la planta, principalmente desde sus raíces, ayudando a la absorción de agua y nutrientes del suelo con esta práctica podemos incorporar materia vegetal existente de cultivos anteriores, mejorando la estructura y textura del suelo, aumentando su aireación y drenaje (DANE, 2015). Deben descartarse los suelos con tendencia al anegamiento, porque necesita buen drenaje, debido a su sensibilidad a la asfixia radicular (Di Fabio et al., 2015).

2.6.3 Siembra y trasplante.

Para un mejor rendimiento, se debe utilizar semilla híbrida certificada, se requieren aproximadamente 450 g/ha. Las semillas se germinan en bandejas para su optimización. Las plántulas deben trasplantarse 30-35 días después de la germinación (Villavicencio y Vásquez, 2008). De igual manera, el trasplante se realiza manualmente, utilizando una distancia de plantación de 0.30 m a 0.40 m entre plantas y de 0.9 m a 1.2 m entre hileras o camas (Benavides, 2018).

2.6.4. Densidad de siembra

La técnica de siembra directa permite obtener altas densidades de siembra con mínimos incrementos de costos. En algunos estudios, se ha observado un aumento en la producción de pimiento al aumentar la densidad

de plantas (Gutiérrez et al., 2014). Benavides, (2018) menciona que el cultivo de pimiento en campo abierto se siembra de 25 000 plantas por hectárea a 35.000 plantas por hectárea.

2.6.4 Crecimiento de la plántula.

Hay un fuerte desarrollo de las primeras raíces, así como la formación de las partes aéreas, se desarrollan las primeras hojas alternas, siendo más pequeñas que las hojas de la planta adulta. A medida que continúa creciendo, se detectará un lento desarrollo de la parte aérea, mientras que la parte de la raíz continúa formando la raíz principal, la planta comienza a tener una mayor tolerancia al daño. En esta etapa se pueden destacar los ataques de plagas y enfermedades (Huamán, 2016).

2.6.5 Crecimiento vegetal rápido.

En el momento de la producción de la sexta a la octava hoja, se reduce el crecimiento de la parte de la raíz y aumenta el crecimiento del tallo y las hojas. El tallo es bifurcado y a medida que la planta crece se van formando ramas, las hojas alcanzan su tamaño máximo. Esta fase comienza a los 40 y 45 días finalizando con el desarrollo de las frutas (Huamán, 2016).

2.6.6 Floración y fructificación.

Se forman abundantes flores terminales, a medida que los frutos comienzan a madurar, y la planta entra en un nuevo proceso de crecimiento vegetativo y producción de flores, de esta manera se dan los siguientes ciclos de producción, se sabe que en el primer ciclo de fructificación se desarrollan los frutos de mayor tamaño durante el primer ciclo de fructificación, durante esta etapa, la planta es susceptible a plagas y enfermedades (Huamán, 2016).

En el cultivo del pimiento no todas las flores se convierten en frutos, en relación al fruto su cuantificación es algo imprecisa, considerando que hay desarrollo del fruto cuando se evidencia un engrosamiento del ovario; pero puede darse la caída de la flor, esto puede darse por factores externos como temperaturas bajas , falta de riego, exceso de humedad , y, factores internos como la fertilización (del Pino, 2022).

2.6.7 Riego.

A la hora de cultivar pimientos, es conveniente que en el momento de plantar la tierra esté profundamente húmeda. Para ello, unos días antes de la siembra, se dará abundante riego. Después de la siembra, hay que favorecer el enraizamiento profundo del cultivo, manejando el cultivo con poco riego (evitando siempre que se seque el tallo hasta que esté completamente enraizado) dependiendo del clima y del tipo de suelo. Durante el ciclo del cultivo se pueden realizar 10 riegos por gravedad, o si es por goteo, de uno a cuatro litros por planta, dependiendo de la fase fenológica del cultivo, con frecuencias de 4 a 5 días (Villavicencio y Vásquez, 2008).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018) el requerimiento total de agua del pimiento (ETm) oscila entre 600 a 900 mm y hasta 1.250 mm para variedades con periodos largos. Crecimiento escalonado y cosecha. El coeficiente de cultivo (kc) que relaciona la evapotranspiración de referencia (ETo) con la evapotranspiración máxima (ETm) es 0.4 después del trasplante, 0.95 a 1.1 durante la cobertura total y para pimientos frescos 0.8 a 0.9 durante la cosecha. Según Condés (2017), el pimiento por fuera requiere hasta 4 500 m³ de agua/ha, y en invernadero hasta 8 000 m³ de agua/ha. La profundidad de la raíz del chile puede extenderse hasta 1 m, pero el mayor volumen de raíces se concentra en los 20-30 cm superiores de profundidad. Normalmente, el 100 por ciento de absorción del agua se produce en la primera profundidad del suelo de 0.5 a 1.0 m (D=0.5-1.0 m). En condiciones donde la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm/día, de 25 a El 30 % del agua total disponible en el suelo puede agotar hasta que se reduzca la absorción de agua en el suelo (p= 0.25 a 0.30) (Pinto y Alvarez, 2018).

2.6.8 Fertilización.

Las plantas deben estar bien nutridas desde la germinación y no sólo cuando tienen abundante masa foliar, y suplir las necesidades nutricionales a través de las hojas, lo que requeriría un elevado número de aplicaciones. Los nutrientes deben ser aportados de forma equilibrada, frente al uso de altas concentraciones (Moreno, 2015).

El pimiento (*Capsicum annuum* L.), tiene una gran demanda nutricional durante las diferentes etapas fenológicas, siendo el más exigente el requerimiento de nitrógeno en el de desarrollo, disminuyendo a medida que se acerca la cosecha de los primeros frutos verdes. El fósforo se vuelve muy necesario para la aparición de las primeras flores y la maduración de las semillas; El potasio es necesario para una mejor calidad, tamaño y número de frutos. Durante una investigación, se determinó la curva de absorción de nutrientes que muestra el orden de extracción de elementos en el cultivo. Siendo los siguientes: K>N>Ca>Mg>S>Fe>Mn>B>Cu (Huamán, 2016).

La presencia en exceso de ciertos elementos provoca antagonismos entre nitrato-cloruro, potasio-sodio y calcio-sodio, provocando una reducción en la tasa de expansión foliar, seguida del cierre estomático y, en consecuencia, una disminución de la fotosíntesis y la transpiración (Cabezas et al., 2022). El efecto bioestimulante del silicio se basa en su acción para mejorar el equilibrio de nutrientes, por lo que aumenta las sinergias, genera un efecto antagónico con los metales pesados (cobre y níquel) presentes en el suelo (Ariza, 2019).

2.7 Uso del Silicio en la agricultura (Si)

La aplicación foliar de silicio soluble se realiza comúnmente mediante la aplicación de silicato de potasio (K_2SiO_3). Las dosis sugeridas por investigadores están en el rango de 40 a 59 mg/L de Si. Es importante tener en cuenta esta información para no limitar la absorción de otros macronutrientes o reducir el rendimiento de los cultivos. Muchos autores no excluyen la posibilidad de que el silicio otorgue a los tejidos vegetales una mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Halvin et al., 2005).

Cuando se incluye en los programas de fertilización, hay: mayor crecimiento de las plantas, plantas más fuertes y compactas, hojas más fuertes, mayor fotosíntesis, mayor tolerancia a condiciones de poca luz y tolerancia al estrés hídrico y térmico. Otros beneficios comprobados del silicio son la reducción de la pérdida de agua cuticular por acumulación de silicio en la epidermis, en pruebas realizadas en cultivos de arroz y trigo. Otros autores

refieren que con un aporte adecuado de silicio en los cereales se obtiene mayor resistencia al encamado (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [Intagri], 2017).

El silicio ofrece una mayor resistencia en maíz contra el barrenador europeo *Ostrinia nubilalis*, prevención contra el ataque de Sigatoka en banano causado por *Mycosphaerella fijiensis*, en fresas y cucurbitáceas se reporta mayor resistencia al ataque de oídio causado por oídio. La planta absorbe silicio por las raíces o por las hojas, que es transportado a las células epidérmicas externas y se encuentra en forma de silicio amorfo u fotolitos opalinos de forma tridimensional definida. Por otro lado, el ácido monosilícico se une a ciertos precursores de la síntesis de lignina, para la formación de ciertos complejos poliméricos de silicio, disminuyendo la concentración de compuestos fenólicos (Parménides, 2012).

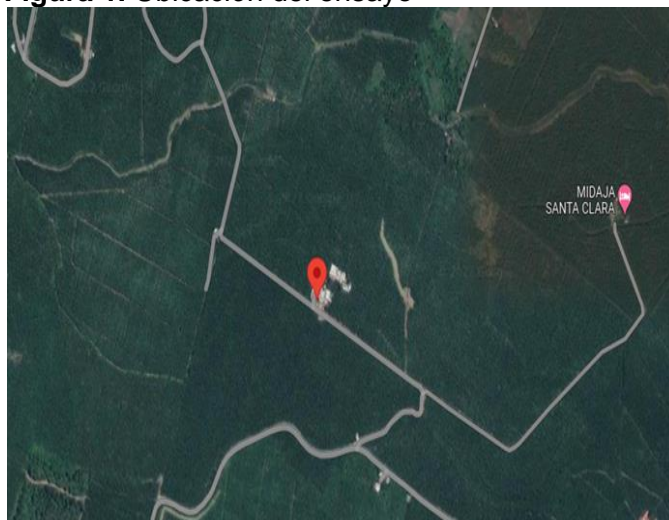
Finalmente, se considera que el silicio aumenta la tolerancia de las plantas a las toxicidades del manganeso (Mn), el silicio genera una distribución más uniforme de Mn en la hoja, desde los vasos hacia los tejidos circundantes (los síntomas característicos de la toxicidad por Mn son: acumulación de manchas marrones rodeadas de áreas cloróticas y necróticas) (Intagri, 2017).

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización

La investigación se llevó a cabo en la finca Brihana Victoria vía Pajonal, en la Provincia de El Oro.

Figura 1. Ubicación del ensayo



Fuente: Google Maps, 2022

3.2 Características climáticas de la zona

Las características climáticas de la ciudad de Machala se observan en la Tabla 2, los datos corresponden al promedio entre los años de 1991 a 2021, de acuerdo con Weather Spark, (2023).

Tabla 2. Características climáticas de la zona.

| Parámetro | Cantidad |
|-----------------------------|----------|
| Temperatura media (°C) | 24.00 |
| Temperatura mínima (°C) | 20.00 |
| Temperatura máxima (°C) | 32.00 |
| Precipitación (mm) | 149.00 |
| Humedad Relativa media (%) | 75.00 |
| Humedad Relativa mínima (%) | 70.00 |
| Humedad Relativa máxima (%) | 80.00 |
| Días lluviosos (días) | 16.67 |
| Horas de sol (horas) | 12:19 |

Fuente: Weather Spark, (2023)

Elaborado por: El Autor

3.3 Materiales

Los materiales que se utilizaron para el desarrollo del ensayo se enumeran a continuación:

- Semillas de pimiento
- Flexómetro
- Silicio en su presentación comercial (dióxido de silicio SiO₂)
- Azadón
- Calibrador
- Piola
- Estacas
- Botas

3.4 Tipo de investigación

Este estudio de campo fue descriptivo y experimental en el que se evaluó la respuesta productiva de frutos de pimiento ante la aplicación de silicio.

3.5 Diseño experimental

Se utilizó Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 4 tratamientos conformados por tres niveles de dosis de silicio más el tratamiento control y 5 repeticiones a manera de bloques. El experimento se llevó a cabo durante dos fases, la primera al momento de germinar las semillas de pimiento y la segunda durante la aplicación de silicio en las parcelas en el día 0, 15, y 30 después del trasplante. El trabajo tuvo una duración de 45 días.

Tabla 3. Análisis de varianza del diseño de bloques completamente al azar.

| Fuente de variación | Fórmula | Grados de libertad |
|---------------------|--------------|--------------------|
| Tratamientos | $t-1$ | 3 |
| Bloques | $r-1$ | 4 |
| Error experimental | $(t-1)(r-1)$ | 12 |
| Total | $t*r - 1$ | 19 |

Fuente: El Autor

3.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico se utilizó el programa informático de libre versión InfoStat y se realizó la respectiva comparación de las medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Modelo matemático: Ecuación 1

$$y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

μ = Media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = efecto del j -ésimo bloque

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

3.7 Tratamientos

Para el desarrollo del trabajo experimental se establecieron 4 tratamientos, cuya descripción encuentra en la Tabla 4. La aplicación del silicio fue de manera foliar directa a las plantas posterior al trasplante. El silicio utilizado en esta investigación fue dióxido de silicio (SiO_2) presentación comercial. Las dosis de silicio usadas están basadas en las utilizadas por Lee et al., (2004) y French et al., (2010).

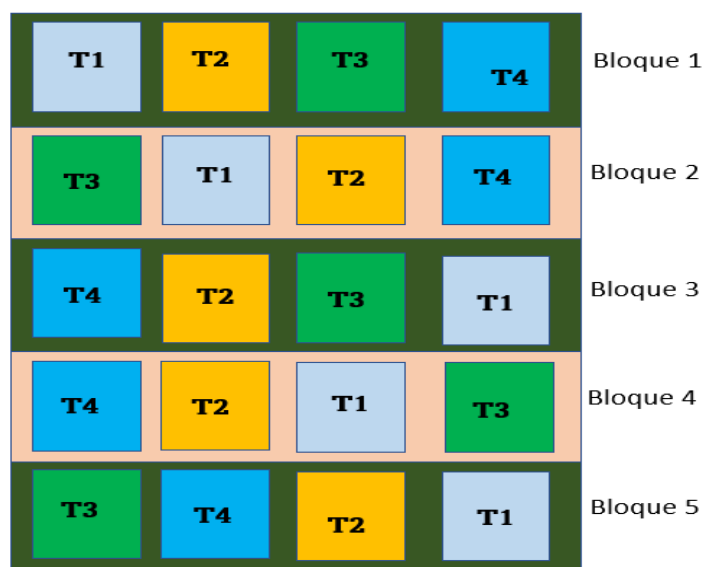
Tabla 4. Descripción de los tratamientos

| Tratamientos | Niveles de dosis de silicio (Si) |
|---------------------|---|
| T1 | Baja 10 g/L |
| T2 | Media 20 g/L |
| T3 | Alta 40 g/L |
| T4 | Control 0 g/L |

Fuente: El Autor

Las medidas de las parcelas experimentales fueron de 3 m de largo y 2 m de ancho, un total de 20 parcelas; y una distancia de siembra: 0.80 m entre calle x 0.35 m entre plantas. La distancia entre bloques de 1 m y distancia entre parcelas 1 m.

Figura 2. Distribución de tratamientos



Fuente: El Autor

3.8 Variables a evaluar

Las variables que se evaluaron serán de índole morfológicas tomadas durante el crecimiento vegetal de las plantas de pimiento de la variedad dulce conocido como “morrón dulce” o “morro de vaca” en un rango de 45 días siendo consideradas la altura de planta (cm), el grosor del tallo (cm) y el número de hojas, largo y ancho y cantidad de frutos al finalizar la investigación.

Se llevo el registro diario de la temperatura ambiental y la humedad relativa utilizando la app móvil “Clima” disponible para sistema IOS 16 del sitio donde se llevó a cabo el experimento y al finalizar se promedió semanalmente para conocer, si existió una variación importante de temperatura y humedad que incluya en el cultivo.

3.8.1 Altura de la planta.

La altura de la planta se la tomó al momento del trasplante, a los 0, 15, 30 y 45 días, se utilizó un flexómetro. La medición se hizo desde el nivel del suelo hasta la parte apical del tallo de las 10 plantas elegidas al azar en cada parcela.

3.8.2 Diámetro del tallo.

El diámetro del tallo se cuantificó con la ayuda de un calibrador vernier en mm, en la parte de la base del tallo en cada una de las 10 plantas (por parcela) seleccionadas, al momento del trasplante a los 0, 15, 30 y 45 días.

3.8.3 Número de hojas.

Se realizó un conteo de las hojas de 10 plantas (por parcela) elegidas al azar y se efectuó al momento del trasplante, al inicio, 15, 30 y 45 días de la investigación.

3.8.4 Largo y ancho de las hojas.

Se realizó la medida del largo y ancho con la ayuda de una regla plástica de 20 cm a cada una de las hojas de 10 plantas (por parcela) elegidas al azar y se efectuó al momento del trasplante, a los 0, 15, 30 y 45 días de la investigación.

3.8.5 Número de frutos.

Se realizó el conteo total de frutos por 10 plantas (por parcela) elegidas al azar al finalizar la investigación (45 días).

3.8.6 Análisis económico.

El análisis económico se realizó en función al rendimiento productivo del crecimiento agronómico de las plantas de pimiento y el costo de inversión realizado a las dosis de silicio aplicadas.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables climatológicas

Durante el desarrollo de la investigación se registró la temperatura ambiental y humedad relativa diaria del lugar del experimento. Las cuales fueron promediadas semanalmente para conocer si existió un cambio significativo en el ambiente durante el desarrollo del experimento. En la Tabla 5, se describen los valores encontrados para la temperatura ambiental (T °C) y la humedad relativa ambiental expresada en porcentaje (H.R.) durante las siete semanas de investigación. La humedad relativa no presenta diferencias significativas $p > 0.05$ durante el tiempo que se realizó la investigación en campo, iniciando con un promedio de 66.7 % y finalizando con 68.0 %; por otro lado, la temperatura ambiental °C presentó medias con significancia estadística $p < 0.05$; a partir de la quinta semana se establece un incremento en la temperatura siendo la semana seis y siete la de mayor promedio de temperatura ambiental registrados con 28.8 y 30.3 °C.

Tabla 5. Análisis de varianza de variables climáticas durante la investigación.

| V.C | Semanas Evaluadas | | | | | | | EEM | p-valor | CV % |
|-------|-------------------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|------|---------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | |
| T °C | 25.7 c | 26.0 c | 25.7 c | 26.0 c | 26.7 bc | 28.8 ab | 30.3 a | 0.49 | <0.0001 | 4.84 |
| H.R % | 66.7 a | 67.0 a | 67.7 a | 67.4 a | 67.4 a | 68.4 ab | 68.0 a | 1.42 | 0.9734 | 5.57 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). **T °C:** Temperatura ambiental. **HR %:** Humedad relativa. **EEM:** Error estándar de la media. **P-valor:** probabilidad del error. **CV:** Coeficiente de variación.

Elaborado por: El Autor

Di Fabio et al. (2015), mencionan que el pimiento es un cultivo de clima cálido, para obtener un buen desarrollo necesita temperaturas diurnas entre 20 y 25° C, es fundamental que la humedad del ambiente fluctúe entre valores de 50 a 70 %. El pimiento además de tener una germinación lenta también presenta una baja tasa de crecimiento durante el desarrollo de la plántula (Fornaris, 2016). En el cultivo de pimiento la temperatura base de crecimiento (temperaturas diurnas en un rango de 20 - 25° C y nocturnas entre 16 a 18° C) (Di Fabio et al., 2015).

El desarrollo de las plántulas se ve favorecido con temperaturas del aire de 25 - 27 °C durante el día (o 21 – 23 °C) y de 18 – 20 °C durante la

noche, mientras que por debajo de los 15 °C su desarrollo se ve afectado (del Pino, 2022).

4.2. Altura de la planta

El registro de la altura tomada al inicio (0 días), durante (15 y 30 días) y al final la investigación (45 días) no se encontró diferencias estadísticas significativas $p > 0.05$ en ninguno de las cuatro tomas de datos; numéricamente el tratamiento T2 (dosis Media 20 g/L) fue superior al finalizar la investigación con 44.35 cm en relación con el tratamiento T4 (testigo 0 g/L-1) cuya media final de altura de planta fue de 42.35 cm.

Tabla 6. Altura de las plantas evaluadas durante la investigación

| Altura de planta (cm) | Tratamientos | | | | p-valor | CV% | EEM |
|-----------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | | | |
| 0 días | 9.34 a | 8.88 a | 9.06 a | 9.38 a | 0.6222 | 7.46 | 0.31 |
| 15 días | 19.16 a | 19.28 a | 20.01 a | 19.06 a | 0.7062 | 7.23 | 0.63 |
| 30 días | 30.6 a | 33.05 a | 33.23 a | 29.75 a | 0.2409 | 9.75 | 1.38 |
| 45 días | 41.7 a | 44.35 a | 42.35 a | 42.35 a | 0.3976 | 7.98 | 1.51 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). **EEM:** Error estándar de la media. **P-valor:** Probabilidad del error. **CV:** Coeficiente de variación.

Elaborado por: El Autor

Villalón-Mendoza et al. (2018), reportan promedios de altura (cm) inferiores en plantas de chile piquín (*Capsicum annum* L. var. *Glabriusculum*) en las que se utilizó la vermicompost tuvieron un mayor estímulo de crecimiento (p -valor= 0.03053), con un promedio de 14 cm; seguido del tratamiento con dióxido de silicio con una media de 12.28 cm, en el testigo hubo una altura promedio de 11,25 cm y con dióxido de silicio y vermicompost fue de 11 cm, con el valor más bajo (Villalón-Mendoza et al., 2018)

Al igual que Cárdenas (2019), menciona en su investigación con el uso de nanopartículas (NPs) de selenio, silicio y cobre, la altura de las plantas evaluadas, hubo diferencias significativas, para la aplicación de NPs Si a 1000 mg L la altura disminuyó con respecto al testigo, esto solo para plantas donde no hubo estrés salino, al igual que en NaCl 25 mM, la aplicación de 200 mg L

de NPs de Si fue el único tratamiento que mostró diferencia en la reducción de la altura de las plantas con respecto a su tratamiento control. Mientras que a concentraciones de NaCl 50 mM, las NPs de Se a 10 mg L y las NPs de Cu, independientemente de la concentración utilizada, presentaron una disminución en la altura con respecto a su respectivo control, por otro lado, entre tratamientos se puede observar que el aumento del estrés salino produce una disminución de la altura de la planta (Cárdenas, 2019).

4.3. Diámetro del tallo

En la Tabla 7, se describe los datos obtenidos para la variable de diámetro de tallo, al inicio de la investigación todos los tratamientos arrancaron con medias estadísticas similares $p > 0.05$ lo mismo ocurrió a los 15 días de investigación no se encontró diferencia estadística significativa para las medias, el promedio de diámetro de tallo fue de 0.3 cm para todos los tratamientos.

Tabla 7. Evaluación del diámetro del tallo (cm) tomado durante el desarrollo de la investigación.

| Diámetro de tallo (cm) | Tratamientos | | | | p-valor | CV % | EEM |
|------------------------|--------------|-------|-------|-------|---------|------|-----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | | | |
| 0 días | 0.1 a | 0.2 a | 0.1 a | 0.1 a | 0.7976 | 12.7 | 0.0 |
| 15 días | 0.3 a | 0.3 a | 0.3 a | 0.3 a | 0.9928 | 9.6 | 0.0 |
| 30 días | 0.5 b | 0.5 b | 0.6 a | 0.4 c | <0.0001 | 7.3 | 0.0 |
| 45 días | 0.6 b | 0.6 b | 0.7 a | 0.5 c | <0.0001 | 5.0 | 0.0 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). **EEM:** Error estándar de la media. **P-valor:** Probabilidad del error. **CV:** Coeficiente de variación.

Elaborado por: El Autor

La evaluación realizada a los 30 días presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.0001$) siendo el T3 con un promedio superior de diámetro en el tallo con 0.6 cm, seguido de los tratamientos T2 y T1, siendo el tratamiento control sin aplicación de silicio el de menor valoración con 0.4 cm. Finalmente a los 45 días de la evaluación $p < 0.05$, se vio un incremento de 1 mm por tratamiento, esto coloca nuevamente al tratamiento T3 con la media estadística superando a T2, T1 y T4.

El grosor del tallo es un buen indicador de vigor y fortaleza de las plantas, ya que los entrenudos de los tallos del pimiento si se alargan excesivamente quedan muy débiles como para soportar una producción óptima, lo que disminuye el número de flores y estas son débiles, y se ve afectada la cantidad y la calidad de la cosecha (Alemán et al., 2018).

Aunque el crecimiento vegetativo está influenciado por la luz; la tasa de elongación del tallo está determinada por la temperatura y responde fuertemente a la termoperiodicidad, con diferencias de temperatura diurna y nocturna de 5–8°C (o 7–9° VS) (del Pino, 2022). El silicio presenta influencia en el reforzamiento de la pared celular de tallo y en el desarrollo vegetal de las plantas de pimiento (Pilay, 2022), por ello en esta investigación los tratamientos cuyas dosis fueron medias, altas y bajas de silicio alcanzaron un mayor promedio de diámetro en relación con el tratamiento testigo

Los datos encontrados para el diámetro de tallo a los 30 días en esta investigación son corroborados a los reportados por Pilay (2022), indica que durante la evaluación de dosis de silicio aplicadas por planta cuyos tratamientos fueron 10, 12, 14, 6 gramos y un testigo absoluto, los tratamientos no arrojaron diferencia estadística en el grosor, la diferencia se presentó de manera numérica, siendo los tratamientos con aplicación de silicio los que presentaron una media de 0.4 cm numéricamente superior al testigo que fue de 0.3 cm.

4.4. Número de hojas

El número de hojas se describe a detalle en la Tabla 8, al inicio de la investigación las plántulas evaluadas no presentaron diferencia significativas $p > 0.05$, esta dinámica es favorable; porque ningún tratamiento fue favorecido con dicha variable. A los 15 días de realizarse la primera aplicación nuevamente las medias encontradas no reportan diferencias estadísticas significativas $p = 0.3995$; pero si existe una diferencia numérica entre grupos de tratamientos los de mayor valor numérico son el T3 y T2 por encima del T1 y el tratamiento control T4.

La evaluación realizada a los 30 días (dos aplicaciones de silicio) las medias alcanzan la significancia estadística ($p=0.0002$; $p<0.05$) siendo los tratamientos T2 y T3 los de menores promedios con 17.2 y 16.40 hojas respectivamente, siendo superados por el T1 y T4 (testigo) cuyas medias fueron de 24.33 y 23.85 hojas promedio proporcionalmente. Mismo fenómeno se reportó a los 45 días de evaluación (tres aplicaciones de silicio), las medias evaluadas alcanzan la significancia estadística ($p=0.0051$; $p \geq 0.05$), los tratamientos T1 y T4 (Testigo) presentaron un incremento en el número de hojas siendo su promedio final 25.15 para T1 y 25.10 T4. T3 y T2 también presentaron un aumento en el número de hojas; pero sus promedios siguen siendo inferiores a los tratamientos antes mencionados valores se encuentran en la Tabla 8.

Tabla 8. Evaluación del número de hojas en las plantas durante la investigación

| N° de hojas | Tratamientos | | | | p-valor | CV % | EEM |
|----------------|--------------|---------|---------|---------|---------|-------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | | | |
| 0 días | 8.56 a | 7.81 a | 8.94 a | 8.98 a | 0.6238 | 18.11 | 0.69 |
| 15 días | 12.31 a | 13.15 a | 13.97 a | 12.71 a | 0.3995 | 11.81 | 0.69 |
| 30 días | 24.33 a | 17.25 b | 16.40 b | 23.85 a | 0.0002 | 11.57 | 1.06 |
| 45 días | 25.15 a | 19.20 b | 18.88 b | 25.10 a | 0.0051 | 13.39 | 1.32 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). **EEM:** Error estándar de la media. **P-valor:** Probabilidad del error. **CV:** Coeficiente de variación.

Elaborado por: El Autor

La cantidad de hojas puede verse afectado por diversos factores, tales como la luminosidad, humedad, horas luz del día, temperatura, genética, nutrientes disponibles en el suelo, y, la etapa en el desarrollo vegetativo (Fischer y Álvarez-Herrera, 2016; Nascimento, 2020). Alemán et al. (2018), menciona que en campo abierto el pimiento puede producir 9.00 hojas a los 25 días y 83.3 hojas a los 72 días ; pero en invernadero la producción de hojas baja a 8.3 y 50.3 hojas a los 25 y 72 días respectivamente, la luz solar influye directamente; pero el uso de silicio en esta investigación nos indica que reduce la producción de hojas en las dosis media (T2) y alta (T3). Esto se debe a lo explicado por Alcantara-Cortes et al.(2019), la producción de fitohormonas como las auxinas, citoquininas y ciberelinas aumentan la

formación de tejidos de manera constante si son insentivadas dentro del sistema celular de las plantas.

Las hojas se mantienen fotosintéticamente activas hasta las fases tardías del crecimiento del fruto (del Pino, 2022). La aplicación de silicio mejora las cualidades productivas (frutos) del cultivo de pimiento, sin embargo, altas dosis de aplicación provocan una reducción en el desarrollo vegetativo general de la planta (Pilay, 2022). Sin embargo, en investigaciones previas realizadas por Agathokleous y Calabrese (2019), en plátano (*Musa* spp. L.) con la aplicación de 200 mg de Si por semana tuvo un efecto estimulante que condujo a atributos de crecimiento beneficiosos, mientras que los tratamientos con 500 y 1000 mg de Si por semana desencadenaron efectos inhibidores respuestas, causando efectos adversos evidenciados por retraso en el crecimiento y decoloración de las hojas (Agathokleous y Calabrese, 2019).

La variedad de pimiento utilizada en esta investigación fue la denominada morrón dulce o morro de vaca a partir de los 30 días después del trasplante presentó 23.85 y 24.33 hojas promedio en los tratamientos control y dosis baja respectivamente, superando a los tratamientos de media y alta dosis. Saavedra del Rea (2018), explica que el número de hojas antes de la floración en el pimiento *Capsicum annuum* en las variedades dulces, estaría controlado por la temperatura ambiental y el genotipo de la planta. Esto es corroborado por Sánchez (2021), quien atribuye el número de hojas a las características genéticas de cada cultivo de pimiento, pues en su investigación encontró un promedio de 20.6 hojas para la variedad de pimiento llamada Marconi, Yolo Wonder con 20.4 hojas siendo los valores más bajos de número de hojas activas a los 30 días del trasplante, mostrando igualdad entre las variedades antes mencionadas, pero estadísticamente diferente a los cultivares de la variedad de Padrón 36.7 hojas y Cubanelle 22.9 hojas.

4.5 Largo y ancho de las hojas

Los resultados de esta variable se observan en la Tabla 9, no existió diferencia estadística significativa en ninguno de los días donde se tomaron

los datos. Siendo esto un indicativo que el tamaño de las hojas no se ve afectado positivamente en relación con las dosis de silicio empeladas durante el experimento, ya que la probabilidad del error fue superior a 0.05 en todos los datos registrados así las medias encontradas no alcanzaron la significancia estadística.

Tabla 9. Evaluación del largo y el ancho de las hojas (cm) durante el tiempo de investigación.

| Tratamientos | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|------|--|--|
| Largo de la Hoja (cm) | T1 | T2 | T3 | T4 | p-valor | CV % | EEM | | |
| 0 días | 4.3 a | 4.31 a | 4.31 a | 4.34 a | 0.4339 | 0.98 | 0.02 | | |
| 15 días | 7.39 a | 7.4 a | 7.84 a | 7.59 a | 0.7501 | 9.73 | 0.33 | | |
| 30 días | 8.37 a | 8.69 a | 8.8 a | 8.46 a | 0.9187 | 12.85 | 0.49 | | |
| 45 días | 10.57 a | 10.43 a | 10.49 a | 10.81 a | 0.8984 | 8.06 | 0.38 | | |
| Ancho de la Hoja (cm) | | | | | | | | | |
| 0 días | 2.7 a | 2.72 a | 2.72 a | 2.74 a | 0.5621 | 1.49 | 0.02 | | |
| 15 días | 4.16 a | 4.38 a | 4.39 a | 4.23 a | 0.6765 | 8.28 | 0.16 | | |
| 30 días | 4.94 a | 5.01 a | 4.98 a | 4.64 a | 0.7790 | 12.86 | 0.28 | | |
| 45 días | 5.90 a | 5.86 a | 5.53 a | 6.04 a | 0.4820 | 8.92 | 0.23 | | |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). **EEM:** Error estándar de la media. **P-valor:** Probabilidad del error. **CV:** Coeficiente de variación.

Elaborado por: El Autor en variación en tamaño, forma y color, la mayoría son simples, enteras y simétricas. Una hoja adulta mide un aproximado de 10 a 12.7 cm y 5 a 10 cm de ancho (Fornaris, 2016). Las hojas son utilizadas por la planta para asegurar las funciones de respiración, transpiración y función clorofila (Condés, 2017).

Una posible causa de la falta de reacción del silicio en relación a las variables evaluadas donde no se ha visto un efecto positivo o es igual al tratamiento control de algunos parámetros morfológicos en el estudio la manifiesta Mburu et al. (2016), donde en su estudio los efectos de reducción morfológica del cultivo son provocados por la hormesis (relación dosis-respuesta bifásico) donde las dosis bajas inducen efectos estimulantes mediante la activación de mecanismos adaptativos que mejoran la resiliencia, mientras que las dosis más altas pueden inducir respuestas inhibitorias y las dosis más altas se vuelven tóxicas.

4.6. Número de frutos

En la Tabla 10, se encuentran los valores para la variable número de frutos que presenta significancia estadística ($p < 0.0001$; $p < 0.05$), indicando que los tratamientos T2 y T3 superaron en promedio a los tratamientos T1 y T4 los cuales no alcanzaron la media de la unidad (0.7 y 0.4).

El Coeficiente de variación fue de 23.89 %, siendo superior a las demás variables evaluadas, esto se debe a que en el conteo de frutos existe una dispersión de los datos respecto a la media aritmética entre los tratamientos T2 con 1.6 y T3 con 1.7 frutos, existiendo mayor variabilidad heterogénea entre los promedios de T1 con 0.7 y T4 con 0.4, el tratamiento control y el de baja dosis no llegan a la unidad. Dicho CV % se justifica, porque durante la recolección de datos para dicha variable se observó que en la mayoría de las plantas de pimiento del tratamiento control y el tratamiento de dosis baja no presentaban frutos lo que no ocurrió en los tratamientos T2 y T3 que fue completamente diferente, evitando la homogeneidad de las medias.

Tabla 10. Evaluación de conteo de frutos al finalizar la investigación.

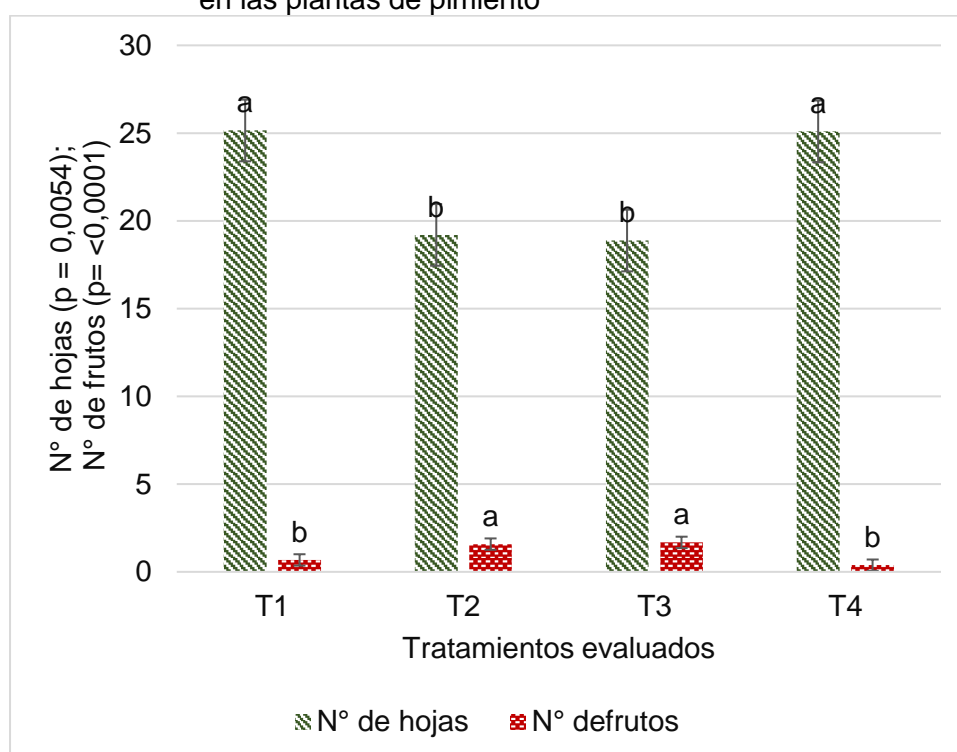
| N° de frutos 45 días | Tratamientos | | | | p-valor | CV % | EEM |
|-------------------------|--------------|-------|-------|-------|---------|-------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | | | |
| | 0.7 b | 1.6 a | 1.7 a | 0.4 b | <0.0001 | 23.89 | 0.12 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). **EEM:** Error estándar de la media. **P-valor:** Probabilidad del error. **CV:** Coeficiente de variación.

Elaborado por: El Autor

En el Figura 1, se muestran los valores están directamente relacionados con la variable número de hojas y numero de frutos evaluados a los 45 días, pues los tratamientos T1 y T4 fueron los que presentaron los mayores promedios en el número de hojas, indicando que, durante el proceso de desarrollo vegetal y su respectiva etapa de reproducción, las plantas que emplean sus nutrientes en la producción de hojas gracias a la temperatura y captación lumínica del campo abierto donde se encontraban tuvieron una baja la producción de frutos.

Figura 3. N° de hojas y de frutos encontrados a los 45 días de evaluación en las plantas de pimienta



Elaborado por: El Autor

Pilay (2022), menciona que el uso de 10 g/planta de Silicio en *Capsicum annum* L, el número de frutos aumentó con promedios de 4.8 y el tratamiento control absoluto presentó los valores más bajos del estudio con valores de 3.1. Estos valores son superiores a los encontrados en esta investigación; pero ambos estudios se diferencian en el factor ambiental, pues las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad fueron controladas dentro de un invernadero, y, esta investigación esas condiciones no fueron controladas de esa forma.

Haddad et al. (2018), el silicio promueve un retraso de la senescencia de la hoja inducida por la oscuridad, esto se da por un aumento de la absorción de N y la expresión del gen del transportador de nitrato, evitando el daño ocasionado por la falta de nitrógeno. Markovich et al. (2017), mencionan que en *Arabidopsis* y *Sorghum*, en ambas especies las hojas desprendidas con alto contenido de silicio envejecieron de modo más lento que las hojas que no estuvieron expuestas al ácido silícico. Los niveles de expresión génica a lo largo de la vía de la senescencia sugirieron un aumento de la biosíntesis de citoquininas con la exposición al silicio. Cárdenas (2019), explica que al

aumentar la citoquinina se retardará el envejecimiento de las hojas se obtendrá mayor producción de células diferencias enfocadas en la producción de frutos.

4.7 Análisis económico

En la Tabla 10, se detallan los costos de las dosis de silicio en relación con los metros cuadrados de las parcelas de los tratamientos, como es evidente el tratamiento T3 (40 gramos de silicio) es el de mayor ponderación seguido del tratamiento T2. Los tratamientos de menor valor son los de baja dosis T1 (10 gramos) y el tratamiento testigo que no utilizo dosis de silicio.

Tabla 11. Detalle de costos empleados en la compra de dosis de silicio en relación con los m²

| Tratamiento | Dosis (g) | Costo dosis USD | m ² | Costo total dosis/30m ² |
|-------------|-----------|-----------------|----------------|------------------------------------|
| T1 | 10 | 0.13 | 30 | USD 0.62 |
| T2 | 20 | 0.25 | 30 | USD 1.25 |
| T3 | 40 | 0.50 | 30 | USD 2.50 |
| T4 | 0 | - | 30 | USD 0.00 |

Elaborado por: El Autor

En relación con los resultados obtenidos el análisis económico nos indica que en función a la producción y crecimiento vegetal tales como altura de la planta, diámetro de tallo, producción de hojas y frutos, el tratamiento T4 no justifica su empleo por el costo por metro cuadrado, aunque su producción de frutos fue de 1,7 frutos por planta el tratamiento T2 cuyo costo es menor por USD 1.25 tiene en promedio el mismo rendimiento en dicha variable. Es decir, en producciones del cultivo de pimiento bajo condiciones controladas es de mayor beneficio económico para los productores el empleo de 20 gramos de silicio abarcando la cantidad vegetal por 6 metros cuadrados como se realizó en esta investigación.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Una vez analizados los resultados obtenidos en el trabajo se investigación se puede concluir que:

- El efecto de las dosis de silicio en la plantación de pimiento mediante la aplicación foliar nos indica que las dosis altas, medias y bajas no provocaron cambios diferentes en el crecimiento longitudinal (altura) de las plantas, todos los tratamientos arrojaron medidas estadísticas similares.
- El uso de silicio permite un mayor engrosamiento con el refuerzo de la pared celular del tejido vegetal del tallo en las plantas pimiento, presentando a los 45 días con el uso de la dosis alta T3 un promedio del diámetro de tallo alcanzo los 0.7 cm superior al tratamiento testigo. Sin embargo, la producción de frutos si fue favorecida en los tratamientos de dosis media y alta (T2 y T3 respectivamente), esto se debe a que el silicio aumenta la producción de hormonas citoquininas que favorecen la producción de células diferenciadas que se emplean en la reproducción vegetal.
- El análisis económico nos indica que el tratamiento T2 es el más factible para el uso en plantaciones de cultivo de pimiento y su inversión se justifica por los promedios en el desarrollo vegetativo de las plantas (altura, producción de hojas, largo y ancho de hojas y número de frutos) fue similar al tratamiento T3 cuya dosis de silicio y su costo duplica al tratamiento T2, T3 = 40 g/L USD 2.50 /30 m² y T2 = 20 g/L USD 1.25 /30 m².

5.2 Recomendaciones

Una vez analizados los resultados obtenidos en el trabajo se investigación se puede recomendar que:

- Realizar nuevas investigaciones utilizando otras dosis de silicio en cantidades de 25, 30, 35 gramos por 60 o 90 días, para evaluar el efecto de hormesis que presentan las plantas en relación con la dosis aplicada y la respuesta morfológica y productiva.
- Utilizar otra variedad de pimiento mediante un diseño bifactorial donde se compare la respuesta morfológica y productiva entre ambas variedades y su capacidad asimiladora de la dosis de silicio.
- Se recomienda el uso de silicio en las plantaciones de pimiento en dosis media de 20 gramos para tener un efecto positivo en la cantidad de frutos por planta y su bajo costo en relación con otras dosis.
- Finalmente se recomienda realizar estudios de la aplicación de silicio, pero llevar la investigación a términos de cosecha y evaluar el desarrollo morfológico del fruto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. J., Martínez, P. B., Cerdá, C. A., Ferrández, G. B., y Núñez, D. E. (2018). *Alimentos de la región de Murcia: Pimiento*. Emprendimiento en el Ámbito Agroalimentario. Murcia, España: Universidad Católica de Murcia.
https://www.researchgate.net/publication/329758878_ALIMENTOS_DE_LA_REGION_DE_MURCIA_PIMIENTO
- Agathokleous, E., y Calabrese, E. (2019). The dose response for the 21st century: The future has arrived. *Toxicology*, 425(152249).
<https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300483X19302057>
- Alcantara-Cortes, J. S., Godoy, J. A., Alcántara Cortés, J. D., y Sánchez Mora, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 17(32).
<https://doi.org/http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Alemán, P. R., Domínguez, B. J., Rodríguez, G. Y., Soria Re, S., Torres, G. R., Medina, C. B., y Alba, R. J. (2018). Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. *Centro Agrícola*, 45(1), 14-23. [https://doi.org/ISSN on line: 2072-2001](https://doi.org/ISSN%20on%20line%3A%202072-2001)
- Ariza, M. J. (2019). *Fuentes y niveles de silicio en el incremento del rendimiento del cultivo de cacao (Theobroma Cacao L.) y reducción de la incidencia de moniliasis (Moniliophthora Roreri Cif y Par)*. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva .
- Barboza, G. E., Carrizo García, C., Leiva González, S., Scaldaferrro, M. A., y Reyes, X. (2019). Four new species of Capsicum (Solanaceae) from the tropical Andes and an update on the phylogeny of the genus. *Plos One*, 14(1), e0209792.
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0209792>

- Barrera, A. C. (2020). *Evaluación del efecto de la intensidad de mallas fotoselectivas en cultivo sin suelo*. Escuela superior de Ingeniería . Universidad de Almería .
- Blanco-Valdés, Y. (2019). Importancia de la calidad de la luz entre las plantas arvenses-cultivo. *INCA*, 40(4), e09.
- Cabezas, G. A., Camus, A. F., Condori, W. E., González, V. F., y Mazuela, Á. P. (2022). El silicio (Si) y su efecto mitigador del estrés salino en cultivos hortícolas. *IDESIA*, 40(1), 129-133.
- Cárdenas, Á. C. (2019). *Aplicación de nanopartículas de selenio, silicio y cobre para inducir tolerancia a estrés salino en el cultivo de pimiento*. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Cengiz, K., Ashraf, M., Nasser, M., y Parvaizi, A. (2020). El papel del óxido nítrico endógeno en la regulación positiva inducida por ácido salicílico del ciclo de ascorbato-glutathión implicado en la tolerancia a la salinidad de las plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Fisiología y Bioquímica Vegetal*, 147, 10-20.
- Condés, R. L. (2017). Pimiento. En J. Moroto, y C. Baixauli, *Cultivos hortícolas al aire libre* (Eds, Serie Agricultura ed., Vol. 13, pp. 471-507). España : Cajamar.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [CORPOICA]. (2015). *Modelo productivo del pimentón bajo condiciones protegidas en el Oriente antioqueño*. Antioquia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y Gobernación de Antioquia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2015). *El cultivo del pimentón (Capsicum annum L) bajo invernadero*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística: Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria.
- del Pino, M. (2022). *Guía didáctica : Cultivo y manejo del pimiento (Capsicum annum L.)*. Universidad Nacional de la Plata.

- Di Fabio, A., Lozoya-Gloria, E., y dos Santos-Olivera, F. (2015). *Producción y manejo de cultivo*. INTERCOONECTA.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). *Land & Water: Pepper*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fischer, G., y Álvarez-Herrera, J. (2016). *Colombian Journal of Horticultural Science*, 10(1).
- Fornaris, G. J. (2016). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Pimiento: Características de la planta*. Colegio de Ciencias Agrícolas. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- French, M., Rodríguez, F., Korndörfer, G., y Datnoff, L. (2010). Silicon Suppresses Phytophthora Blight Development on Bell Pepper . *Journal Phytopathology*, 158, 54–560.
- García, J. (2020). *El estrés térmico*. Metroflor.
- Gaucin-Delgado JM, H.-M. L., Sanchez-Chavez, E., Ortega-Ortiz, H., Fortis-Hernandez, M., Reyes-Pérez, J., y Preciado-Rangel, P. (2020). Agronomic biofortification with selenium improves the yield and nutraceutical quality in tomato under soilless conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoc*, 48, 1221-1232.
- Gutiérrez, L. M., Gil, O. R., Cavero, C. J., y Sánchez, J. (2014). *Efecto de la densidad en un cultivo de pimiento de tipo piquillo en siembra directa*. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria-CITA.
- Haddad, C., Arkoun, M., Jamois, F., Schwarzenberg, A., Yvin, J., Etienne, P., y Laîné, P. (2018). Silicon Promotes Growth of Brassica napus L. and Delays Leaf Senescence Induced by Nitrogen Starvation. *Frontiers in Plant Science*, 9, 516.
[https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00516](https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00516)
- Halvin, J. L., Tisdale, S. L., Beaton, D. J., y Nelson, L. W. (2005). *Soil Fertility and Fertilizers*. New Jersey.: Ed. Pearson.

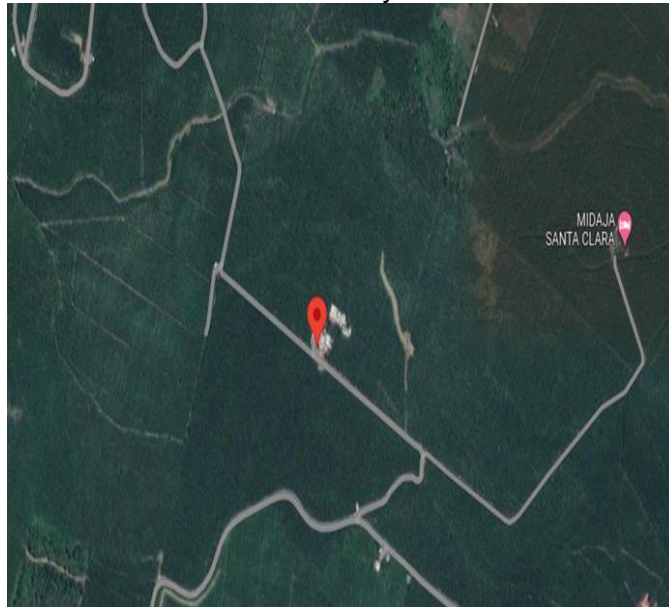
- Huamán, E. (2016). *Producción de doce cultivares de pimiento tipo guajillo (Capsicum annum L.) bajo las condiciones del Valle de Casma*. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).
- Huamancayo, S. (2022). *Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de Capsicum annum L (AJÍ DULCE)*. Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Agronomía. Tingo María – Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [Intagri]. (2017). *Silicio para la Nutrición y Protección Vegetal*. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal#:~:text=Conforme%20a%20trabajos%20realizados%2C%20los,a%20estr%C3%A9s%20h%C3%ADdrico%20y%20t%C3%A9rmico>.
- Integrated Taxonomic Information System [ITIS]. (2012). *Capsicum annum L. Taxonomic Serial No.: 30492*. Integrated Taxonomic Information System. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=30492#null
- Lee, J., Seo, S., Wang, T., Jang, H., Pae, D., y Engle, L. (2004). Effect of potassium silicate amendment in nutrient solutions to suppress Phtophthora blight (Phytophthora capsici) in pepper (Capsicum annum). *Plant Pathology Journal*, 20(4), 277-282.
- Markovich, O., Steiner, E., Kouřil, Š., Tarkowski, P., Aharoni, A., y Elbaum, R. (2017). Silicon promotes cytokinin biosynthesis and delays senescence in Arabidopsis and Sorghum. *Plant, Cell & Environment*, 40(7), 1189–1196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/pce.12913>
- Mburu, K., Oduor, R., Mgotu, A., y Tripathi, L. (2016). Silicon application enhances resistance to Plant Pathol. 2016, 65(5), 807-18. <https://doi.org/> <http://dx.doi.org/10.1111/ppa.12468>

- Moreno, A. (2015). *Respuesta del cultivo de pimiento (Capsicum annuum L.) var. Nathalie bajo invernadero a la aplicación foliar complementaria con tres tipos de Dspace*.
- Nascimento, S. K. (2020). *Influencia del silicio en la respuesta a estreses abióticos y bióticos en plantas leñosas*. Universidad de Córdoba.
- Parent, S. (2022). *¿Cómo influye la humedad en la calidad de los cultivos?* Promix.
- Parménides, F. B. (2012). *Efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades y el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa) var CR 4477*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Pilay, C. V. (2022). *“Efecto del silicio sobre el desarrollo y rendimiento en el cultivo pimiento (Capsicum annuum L) bajo condiciones controladas*. Quevedo : Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Pinto, T. M., & Alvarez, F. (. (2018). *Aspectos generales del manejo agronomico del pimiento en Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación La Platina.
- Puccinelli, M., Malorgio, F., y Pezzarossa, B. (2017). Selenium Enrichment of Horticultural Crops. *Molecules*, 22, 933-9334. <https://doi.org/10.3390/molecules22060933>
- Rivera, A., Monteagudob, E., Taboada, A., García, A., Pomarb, F., y Riveiro, M. S. (2016). Evaluación de la diversidad genética y fenotípica en variedades autóctonas de pimiento (Capsicum annuum L.) del noroeste de España. *Ciencia Horticultura*, 2003, 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.006>
- Saavedra Del Rea, G. (2018). *Pimiento y Ají (Capsicum annuum)*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA.
- Sánchez, M. J. (2021). *Comportamiento morfo-agroproductivo de diferentes cultivares de pimiento (capsicum anuum l.) En la parroquia La Victoria*. Universidad Técnica de Machala.

- Schiavon, M., Nardi, S., Dalla-Vecchia, F., y Ertani, A. (2020). Selenium biofortification in the 21st century: status and challenges for healthy human nutrition. *Plant and Soil*, 453, 245-270.
- Villalón-Mendoza, H., Castillo-Villarreal, M. A., Garza-Ocañas, F., Guevara-González, J. A., y Sánchez-Castillo, L. (2018). Dióxido de silicio como estimulante del índice de calidad de plantas de chile piquín (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) producidas en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(5), 294-310. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.247>
- Weather Spark. (2023). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Machala*. <https://es.weatherspark.com/y/19338/Clima-promedio-en-Machala-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del ensayo



Fuente: Google Maps, 2022

Anexo 2. Labores de mantenimiento de parcela



Fuente: El Autor

Anexo 3. Plántula de pimiento post- trasplante



Fuente: El Autor

Anexo 4. Estado de las plántulas post- trasplante



Fuente: El Autor

Anexo 5. Aplicación foliar de dosis de silicio



Fuente: El Autor

Anexo 6. Presencia de flores en las plántulas



Fuente: El Autor

Anexo 7. Planta con frutos (desarrollo reproductivo)



Fuente: El Autor

Anexo 8. Planta con frutos (desarrollo reproductivo)



Fuente: El Autor



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Pincay Figueroa, Paola Estefania**, con C.C: # **0924434087** autor/a del **Trabajo de Titulación: Respuesta morfológica y productiva de plantas de pimiento (Capsicum annum L.) ante la aplicación foliar de diferentes dosis de silicio** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **14 de febrero de 2023**

f. _____

Nombre: Pincay Figueroa, Paola Estefania

C.C: **0924434087**

| REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA | | | |
|--|--|---|----|
| FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN | | | |
| TEMA Y SUBTEMA: | Respuesta morfológica y productiva de plantas de pimiento (<i>Capsicum annum L.</i>) ante la aplicación foliar de diferentes dosis de silicio. | | |
| AUTOR(ES) | Guzmán Sánchez, Juan Carlos | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) | Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefania, M.Sc. | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo | | |
| CARRERA: | Agropecuaria | | |
| TÍTULO OBTENIDO: | Ingeniero Agropecuario | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 14 de febrero de 2023 | No. DE PÁGINAS: | 41 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Producción vegetal, alimentación animal, tecnologías agroproductivas | | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | Forraje verde hidropónico, maíz, niveles de fertilización, nutrición vegetal, semillas. | | |
| RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): | <p>La producción de pimiento en Ecuador representa un rubro importante en el sector agrícola. El objetivo de la presente investigación fue Evaluar la respuesta morfológica y productiva de plantas de pimiento (<i>Capsicum annum L.</i>) ante la aplicación foliar de diferentes dosis de silicio. La investigación se llevó a cabo en la finca Brihana Victoria vía Pajonal, en la Provincia de El Oro. Se empleo un diseño de bloques al azar de 4 tratamiento y 5 bloques. Los tratamientos fueron T1 (10 g Si), T2 (20 g de Si), T3 (40 g de Silicio) y T4 (testigo). Los resultados nos indican que para altura de la planta (cm) todos los tratamientos presentaron promedios similares. El diámetro del tallo (cm) a los 45 días fue mayor en el T3 con 0.7 cm. En el número de hojas fueron los tratamientos T1 y T4 los de mayor promedio de hojas a los 30 y 45 días. El largo y ancho de las hojas (cm) fue similar en todos los tratamientos. La producción de frutos fue superior en los tratamientos de mediana y alta dosis de Si (T2 y T3). Finalmente, el tratamiento de mayor costo de inversión es el T3 con USD 2.50 / 30 m². El silicio si influyo en las características productivas de las plantas de pimiento y el fortalecimiento de la pared celular del tallo.</p> | | |
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: +593968676580 | E-mail: sandra.penafiel@cu.ucsg.edu.ec | |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):: | Nombre: Ing. Noelia Caicedo Coello M. Sc. | | |
| | Teléfono: +593-987361675 | | |
| | E-mail: noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec | | |
| SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA | | | |
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | | | |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN: | | | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | | |