

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



**“EFECTO DEL SILICIO EN EL CONTROL DE PLAGAS EN TOMATE RIÑÓN
(*Lycopersicum esculentum* M.) VARIEDAD FORTALEZA EN EL CANTÓN PEDRO
MONCAYO”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTORA:

Quilumbaquin Fernández Erika Vanessa

DIRECTOR/A:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

Ibarra, febrero, 2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“EFECTO DEL SILICIO EN EL CONTROL DE PLAGAS EN TOMATE RIÑÓN
(*Lycopersicon esculentum* M.) VARIEDAD FORTALEZA EN EL CANTÓN PEDRO
MONCAYO”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

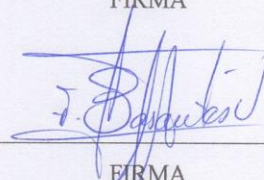
DIRECTOR



FIRMA

Ing. Fernando Basantes MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Magali Cañarejo PhD.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1724677172		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Quilumbaquin Fernández Erika Vanessa		
DIRECCIÓN:	Juan Montalvo- Comunidad Santa Isabel		
EMAIL:	evquilumbaquin@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0959701533

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Efecto del silicio en el control de plagas en Tomate Riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> M.) variedad Fortaleza en el Cantón Pedro Moncayo."
AUTOR (ES):	Quilumbaquin Fernández Erika Vanessa
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	08/02/2024
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 08 días del mes de febrero de 2024

EL AUTOR:

(Firma)

Nombre: Quilumbaquin Fernández Erika Vanessa

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Quilumbaquin Fernández Erika Vanessa, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 08 días del mes de febrero de 2024



Ing, Julia Karina Prado Beltrán

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 08 días del mes de febrero del 2024

Quilumbaquin Fernández Erika Vanessa: “EFECTO DEL SILICIO EN EL CONTROL DE PLAGAS EN TOMATE RIÑÓN (*Lycopersicum esculentum* M.) VARIEDAD FORTALEZA EN EL CANTÓN PEDRO MONCAYO” /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 08 días del mes de febrero del 2024 páginas.

DIRECTOR (A): Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

- El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el efecto del silicio en el control de plagas en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Fortaleza, Pedro Moncayo.
- Entre los objetivos específicos se encuentran: Cuantificar la dinámica poblacional del insecto plaga trips adultos mediante monitoreo indirecto en el cultivo de tomate riñón con la aplicación de silicio, Determinar la incidencia y severidad de plagas (*Trialeurodes vaporariorum*) y (*Myzus persicae*) en el cultivo de tomate riñón (*L. esculentum* Mill.) bajo invernadero y Analizar el rendimiento del tomate riñón var. Fortaleza bajo los tratamientos en estudio.

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

Directora de Trabajo de Grado

Quilumbaquin Fernández Erika Vanessa

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar mi camino por darme la vida, salud, fortaleza y voluntad para continuar cumpliendo mis sueños.

A mis queridos padres Manuel Quilumbaquin y Erlinda Fernández quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento y por haber depositado su confianza en mi persona y por ser un ejemplo de perseverancia y lucha constante. A mis hermanos Erick y Madizon quienes me han brindado su apoyo incondicional. A David por brindarme su apoyo a cada momento y ser parte fundamental para culminar una meta más en mi vida.

A la facultad de ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, especialmente a la carrera de Ingeniería Agropecuaria por haberme permitido formar parte de esta prestigiosa institución y quienes, durante mi estancia aportaron con conocimientos tanto en la formación profesional y desarrollo personal de la cual me llevo gratos recuerdos de mis docentes y compañeros de aula.

Un agradecimiento especial a mi directora de tesis Ing. Julia Prado PhD, a mis maestros Ing. Magali Cañarejo PhD. E Ing. Fernando Basantes MSc. Por haberme brindado su apoyo y haber dedicado su tiempo valioso en aportar conocimientos y sugerencias de manera desinteresada.

A la empresa La Colina Agro tecnología y al Ing. Gonzalo Benavides técnico de campo por haber confiado en mí, para llevar a cabo esta investigación.

Erika Quilumbaquin F.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado con todo cariño a mis padres Manuel y Erlinada quienes en todo este proceso estudiantil confiaron en mí y sus sabios consejos de motivación y perseverancia me permitieron culminar con éxito mi formación académica de Pregrado.

A David y a mis hermanos quienes fueron mi mayor inspiración para alcanzar esta meta tan anhelada.

Erika Quilumbaquin F.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
CAPITULO I.....	6
INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. ANTECEDENTES.....	6
1.2. PROBLEMA.....	8
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	9
1.4. OBJETIVOS.....	10
1.5 HIPÓTESIS.....	11
CAPITULO II.....	12
MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO TOMATE RIÑÓN (<i>L. esculentum</i> Mill.).....	12
2.1.3.1. Tallo.....	12
2.1.3.2. Hoja.....	13
2.1.3.3. Flor.....	13
2.1.3.4. Fruto.....	14
2.1.3.5. Sistema radicular.....	15
2.1.4.1. Tomate Híbrido Dominique FA-593.....	16
2.1.4.2. Tomate Fortaleza.....	16
2.1.4.3. Tomate Sheila.....	17
2.1.4.4. Tomate Híbrido Astona F1.....	17
2.1.5.1. Inicial.....	17
2.1.5.2. Vegetativa.....	17
2.1.5.3. Reproductiva.....	18
2.1.6.1. Temperatura.....	18
2.1.6.2. Humedad relativa.....	18
2.1.6.3. Luminosidad.....	18
2.1.6.4. Suelo.....	19

2.2. Plagas del tomate riñón	19
2.3. Manejo integrado de plagas	25
2.4. Descripción del Silicio (diatomita)	25
2.2 MARCO LEGAL.....	29
CAPITULO III	30
MARCO METODOLÓGICO	30
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	30
3.2. Materiales, Equipos, Insumos y Herramientas	30
3.3. Métodos.....	31
3.3.1. <i>Factor en estudio</i>	31
3.3.3.1. Características de la unidad experimental.	33
3.4. Variables a evaluar.....	34
3.5. Manejo específico del experimento	37
CAPITULO IV	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Altura de la planta.....	42
4.2. Número de flores por racimo	44
4.3. Incidencia de pulgón	46
4.3. Incidencia Mosca Blanca.....	49
4.4. Severidad de mosca blanca.....	51
4.5. Población de mosca blanca.....	53
4.6. Población de trips adultas	55
4.7. Rendimiento.....	56
CAPITULO V	58
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES.....	58
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tallo de Tomate riñón	13
Figura 2. Hoja de Tomate riñón.....	13
Figura 3. Flor de Tomate riñón.....	14

Figura 4. Fruto de Tomate riñón	15
Figura 5. Insecto Plaga presente en el invernadero (<i>Myzus persicae</i>)	20
Figura 6. Insecto plaga Mosca blanca (<i>Trialeurades vaporarium</i>).....	22
Figura 7. Ciclo biológico de Trips (<i>Frankinella occidentalis</i>).....	23
Figura 8. Trips en etapa adulta.....	24
Figura 9. Funciones del silicio en las plantas	28
Figura 10. Mapa del área de estudio	30
Figura 11. Esquema del diseño experimental utilizado en la investigación.....	32
Figura 12. Unidad experimental	33
Figura 13. Medición de altura de la planta.....	34
Figura 14. Número de flores por racimo	35
Figura 15. Trips adulto en monitoreo indirecto	36
Figura 16. Número de frutos por planta	37
Figura 17. Instalación de invernadero	37
Figura 18. Siembra y delimitación de parcela neta.....	38
Figura 19. Eliminación de pequeños brotes	38
Figura 20. Realización de tutorado en Tomate riñón.....	39
Figura 21. Implementación de niveles de dosificación.....	39
Figura 22. Control fitosanitario en el experimento	40
Figura 23. Cosecha de los diferentes niveles.....	40
Figura 24. Recolección de muestras foliares	41
Figura 25. Altura de la planta de tomate riñón después de la siembra bajo diferentes dosis de silicio	43
Figura 26. Número de flores por planta con respecto a la aplicación de dosis de silicio	45
Figura 27. Porcentaje de incidencia de pulgón bajo la aplicación de silicio	48
Figura 28. Porcentaje de incidencia de mosca blanca bajo la aplicación de diferentes dosis de silicio	51
Figura 29. Porcentaje de severidad de mosca blanca bajo la aplicación de silicio	52
Figura 30. Población de trips bajo la aplicación de dosis de silicio	53
Figura 31. Población de trips adultos mediante el monitoreo indirecto.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales , insumos y equipos	31
Tabla 2. Descripción de los niveles diferentes de dosificación de silicio	31
Tabla 3. Características de la unidad experimental	33
Tabla 4. Análisis de varianza para la variable altura de la planta en tomate riñón variedad fortaleza bajo diferentes dosis de silicio	42
Tabla 5. Análisis de varianxa para la variable número de flores por planta con respecto a la aplicación de dosis de silicio	44
Tabla 6. Análisis de varianza para datos no paramétricos de la prueba Friedman´s test para el porcentaje de incidencia del pulgón en el cultivo	46
Tabla 7. Análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de mosca blanca despues d ela siembra de tomate riñón variedad fortaleza.....	49
Tabla 8. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de mosca blanca con respecto a los días despues del trasplante	52
Tabla 9. Análisis de varianza para la población de trips mediante el monitoreo indirecto.....	55

“EFECTO DEL SILICIO EN EL CONTROL DE PLAGAS EN TOMATE RIÑÓN (*Lycopersicon esculentum* M.) VARIEDAD FORTALEZA EN EL CANTÓN PEDRO MONCAYO”

Erika Vanessa Quilumbaquin Fernández

Universidad Técnica del Norte

Correo: evquilumbaquin@utn.edu.ec

RESUMEN

El tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* M.) es considerada una fruta fresca de aproximadamente de 4-6 meses de producción, ocupa el cuarto lugar de importancia económica en el Ecuador. El tomate riñón se ha visto afectado por plagas como mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) pulgón (*Myzus persicae*) y trips (*Frankiniella occidentalis*). Lo que indica pérdidas del 35% de producción. Por tal motivo se ha buscado una alternativa de control como la aplicación foliar del silicio (SiO_2) al 98% es un mineral extraído de roca silíceas. La presente investigación se enfocó en evaluar la aplicación foliar del silicio para el control de plagas antes mencionada en el cultivo de tomate riñón var. Fortaleza en el cantón Pedro Moncayo. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al azar (DBCA), con 4 dosis de (0, 2.5, 5 y 10) g l^{-1} realizando aplicación foliar con una frecuencia de 15 días, con 12 unidades experimentales y la parcela neta de 7 plantas, el monitoreo se realiza cada 8 días, donde se evaluó la dinámica de mosca blanca, además la incidencia y severidad del pulgón. Los resultados señalan que la dosis 10 g l^{-1} indica una reducción del 60% de incidencia al ataque de plagas como pulgón, mosca blanca y trips. Los resultados de rendimiento en tomate riñón a la aplicación foliar de silicio mostraron un peso ejemplar con la dosis 10 g l^{-1} .

Palabras claves: Incidencia, Severidad, Diatomitas, *Trialeurodes vaporariorum*, *Myzus persicae* y *Frankiniella occidentalis*.

“EFFECT OF SILICON IN PEST CONTROL IN KIDNEY TOMATO (*Lycopersicum esculentum* M.) VARIETY FORTALEZA IN PEDRO MONCAYO CANTÓN”

ABSTRACT

The tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) is considered a fresh fruit of approximately 4-6 months of production, it occupies the fourth place of economic importance in Ecuador. The tomato has been affected by pests such as whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*), aphids (*Myzus persicae*) and thrips (*Frankiniella occidentalis*). Which indicates losses of 35% of production. For this reason, an alternative control has been sought such as the foliar application of 98% silicon (SiO₂), a mineral extracted from siliceous rock. The present research focused on evaluating the foliar application of silicon for pest control mentioned above in the crop of kidney tomato var. Fortaleza in the Pedro Moncayo canton. A randomized complete block design (DBCA) was used, with 4 doses of (0, 2.5, 5 and 10) g l⁻¹, performing foliar application with a frequency of 15 days, with 12 experimental units and the net plot of 7 plants, monitoring is carried out every 8 days, where the dynamics of whiteflies were evaluated, as well as the incidence and severity of the aphid. The results indicate that the 10g l⁻¹ dose indicates a 60% reduction in aphid incidence.

Keywords: Incidence, Severity, Diatomites, *Trialeurodes vaporariorum*, *Myzus persicae* and *Frankiniella occidentalis*.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En Ecuador, la producción de tomate de mesa (*Lycopersicum esculentum* M.) es considerado como una fruta fresca que ocupa el cuarto lugar en importancia económica, por esta razón la superficie plantada de tomate es de 1606 hectáreas, una producción de 31891 toneladas y el rendimiento de 20.62 t ha⁻¹ (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2017).

El tomate riñón es una hortaliza de ciclo corto de 5-6 meses aproximadamente, el desarrollo del cultivo y cada fase de crecimiento está en función de las condiciones climatológicas a las que se someten, las cuales afectan de manera directa el desarrollo del cultivo, así también en el incremento o decremento en la producción, proliferación de enfermedades, plagas y aparición de insectos que pueden ser posibles vectores de contaminación hacia el cultivo (Sandoval y Lomas, 2007). Eso ha hecho que la producción del tomate riñón (*L. esculentum* M.) se tecnifique utilizando invernaderos para favorecer al desarrollo del cultivo de tomate controlando condiciones ambientales.

Así, la producción bajo invernadero es utilizada en la protección del cultivo a condiciones climáticas extremas y brindar un ambiente óptimo para el desarrollo de la planta. Además, estos cultivos permiten una producción durante todo el año y obtener productos de mejor calidad comparados a campo abierto (Torres, 2017).

Desde hace más de 40 años se están informando los efectos benéficos del silicio en la resistencia de los cultivos a los insectos plagas, sin embargo, la información es escasa en muchos cultivos y especies de insectos. Por lo tanto, las investigaciones están enfocadas en el cultivo de arroz, caña de azúcar, maíz entre otras gramíneas, con mayor éxito en la reducción de insectos plaga pertenecientes a las órdenes de Lepidóptera, Hemíptera y Thysanóptera (López, 2017).

La aplicación de Silicio representa una alternativa para reducir el uso de pesticidas en la producción de tomate, protegiendo y fortaleciendo el tejido epidérmico, contribuyendo la rigidez y elasticidad de la pared celular al inducir resistencia e inhibición del desarrollo de

plagas y enfermedades, dando una alta producción (Carvajal et al., 2018) y (Korndorfer, 2014).

Según Najera et al., (2016) menciona que el silicio (Si) es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, aunque en el suelo la mayor parte de este recurso se encuentra en forma no soluble, por lo tanto, no disponible en las plantas. Además, estudios han demostrado que el silicio ayuda a mejorar el transporte, estructura y funciones en las plantas superiores, debido que juega un papel importante contra una amplia gama de estrés biótico y abiótico (Carvajal, et al., 2018).

Vélez (2018) evaluó la aplicación de silicio en la incidencia de insectos plaga en el cultivo de arroz y su impacto en la productividad, las dosis empleadas fueron de 100 cc, 150 cc y 200 cc de silicio (ácido monosilícico) por hectárea, frecuencias de 15, 30 y 45 días después del trasplante, contabilizando números de insectos y daños ocasionados. El tratamiento que presentó mayor número de insectos plaga fue la dosis de 200 cc ha⁻¹ con frecuencia de aplicación 30 ddt y con el tratamiento 6 con dosis de 150 cc ha⁻¹ se obtuvo rendimientos de 5113,64 kg ha⁻¹.

En la investigación de Carvalho, Moraes y Carvalho (1999) evaluaron el efecto de silicio como inductor de resistencia de la planta de sorgo al pulgón verde (*Schizaphis graminum* Rond.) en las cuales utilizaron una factorial de 2x2 (genotipos de sorgo y dosis de silicio). Las dosis de silicio fueron cero y 4ml/planta en forma de silicato de sodio (Na₂SiO₃) aproximadamente de 27% de SiO₂. Los resultados mostraron que el silicio causó una reducción en la preferencia y reproducción del pulgón verde.

La investigación de Castellanos et al. (2015) en el cultivo de trigo (*Triticum sativum* L.) sugiere la disminución de las poblaciones de áfidos (*Metopolophium dirhodum*) (*Sitobion avenae*) (Hemíptera: Aphididae) después de la aplicación foliar de silicato de sodio de 0.05, 1.2 y 4% (Na₂SiO₃) con intervalos de cinco días, obteniendo como resultado disminución de la población de áfidos (*S. avenae*) con un deterioro del 60% y menos pronunciado en (*M. dirhodum*) con el 30%. Además el número de células siliadas que contienen sílice en la epidermis de las plantas tratadas aumentó en un 70% en comparación con las no tratadas. Esto indicó absorción y translocación de sílice en las hojas de las plantas de trigo.

Furcal (2012) y Castellanos (2015) quienes realizaron estudios en 20 variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) y la aplicación de silicato de calcio que contenía un 62% de SiO₂ y 18% de

CaO y se encontró una alta correlación lineal negativa entre la sobrevivencia de las larvas, también la reducción de las poblaciones de insectos como mosca de la agalla, trips y delfácidos.

Korndorfer, et al. (2014) evaluaron los efectos de la fertilización con silicio sobre la biología de los pulgones verdes (*Sitobion avenae* F.) realizando la cría en secciones de hojas de trigo y en plantas enteras con y sin fertilización con silicio. Como resultado la fertilización con silicio indujo resistencia al pulgón verde, en la reducción de la fecundidad, periodo reproductivo y longevidad. Por lo tanto, la fertilización con silicio puede reducir la colonización de (*S. avenae*) en plantas de trigo.

1.2. PROBLEMA

El tomate riñón es muy susceptible al ataque de plagas como mosca blanca, pulgón y trips (Flores, 2012). Las pérdidas económicas a nivel del Ecuador que son causadas por la mosca blanca en el tomate oscilan entre el 25 % y 50% del total de la cosecha, siendo las hojas y los brotes los más afectados (Caguana et al., 2003).

Carrero y Cedeño (2019) menciona el incremento de incidencia en áfidos es de 0.12% al 5% durante el ciclo del tomate riñón. Aquellos provocan niveles de daños en el cultivo de tomate debido a la extracción de savia de las plantas de las cuales se alimenta e inoculando saliva tóxica produciendo marchitamiento, clorosis, disminución de los rendimientos e incluso la muerte de la planta.

De misma forma, el porcentaje de incidencia del trips es de casi 15% durante todo el ciclo del tomate, siendo la plaga más pequeña pero transmisor del virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV), posteriormente las plantas dejan de crecer, pierden su coloración natural y perdida de rendimiento hasta la destrucción total del cultivo (Torres, 2017).

La incidencia de plagas en el tomate riñón es grave, obligándole al agricultor a la utilización masiva de pesticidas, incrementando los costos de producción que pueden llegar hasta el 35% y produciendo alteraciones en los ecosistemas, deteriorando el medio ambiente (Carrero y Cedeño, 2019). La evolución de las plagas en tomate riñón bajo invernadero a lo largo del tiempo ha provocado ser resistentes a los plaguicidas, por esta razón, los agricultores incrementan la cantidad de dosis y frecuencia de estos productos y así establecer una estrecha vigilancia del cultivo para evitar daños cuantiosos e irreversibles (Beriguete y Barrantes, 2013).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Para contrarrestar la presencia de las plagas, los agricultores recurren al uso de insecticidas y utilizan una amplia gama de plaguicidas que son sustancias químicas y utilizadas para el control de plagas y vectores en las zonas agrícola que están afectadas, provocando aumento de la productividad del cultivo (Carrero y Cedeño, 2019). Sin embargo, muchos agricultores no son informados adecuadamente sobre los riesgos que están asociados a los productos sintéticos (Beriguete et al., 2013). Por otro lado, la presencia de residuos químicos en esta fruta puede ser un impacto a la salud humana, debido que los agricultores usan pesticidas sin tener conocimiento del producto (Furcal, 2012).

Para disminuir el uso de plaguicidas, se debe buscar otras alternativas para el manejo y control de estas plagas en el tomate considerado un rubro agrícola de importancia económica (Flores, 2012). Existe información de los efectos benéficos del silicio en tomate riñón, sin embargo, estudios han demostrado que el silicio es capaz de aumentar la resistencia de las plantas al ataque de plagas y enfermedades creando una barrera mecánica en las paredes celulares demostrado mayormente en gramíneas como avena, trigo, soya y la especie principal el arroz (Castellanos et al., 2015).

Sin embargo, el silicio solo puede ser absorbido por la planta en forma de ácido mono silícico (H_4SiO_4), su concentración en las plantas varía según la especie y representa en materia seca de 1 a 10% o aún mayor. Así la nutrición mineral de las plantas ha sido uno de los factores más estudiados con relación a la susceptibilidad y resistencia de las plantas a plaga (Tayabi y Azizi, 1980).

En la actualidad, el silicio todavía es reconocido como un elemento esencial y en muchos países se vende solo como una enmienda o acondicionador de suelos y no como un fertilizante (Piedrahita, 2008). A pesar de no ser un nutriente especial, el silicio es un elemento presente en gran cantidad en las gramíneas (Korndorfer , 2014). Se conoce atreves de la literatura, el importante papel del silicio en la resistencia del arroz a la presencia de pulgón verde. La resistencia puede estar directamente relacionada con la concentración de silicio en las hojas jóvenes en las paredes celulares (Vélez, 2018).

Para la aplicación foliar con silicio en el cultivo de tomate riñón se considera la aplicación de 3 g l⁻¹ y 5 g l⁻¹ en relación peso/ volumen la cual permitirá obtener plantas

resistentes al ataque de insectos plaga como mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), pulgón (*Aulacorthum solani*) y trips (*Frankliniella occidentalis*) creando un mecanismo de resistencia a plagas comportándose como una barrera física depositándose debajo de la cutícula creando una doble capa que impide la penetración de los estiletes bucales de la plagas (Álvarez, 2015). Además de contribuir con la nutrición de la planta acumulando el silicio en la célula vegetal disminuyendo la digestibilidad de las hojas por parte de las plagas y permitirá implementar a los productores de tomate riñón una alternativa al programa de control fitosanitario del su cultivo (Vélez, 2018).

Las ventajas que se debe considerar según estudios realizados por Korndorfer, (2014) que demuestran resultados del silicio como agente protector de las plantas. La presente investigación se enfocó en la aplicación foliar de diatomitas, con una concentración de silicio al 98% (SiO₂) para el control de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), pulgón (*Aulacorthum solani*) y trips (*Frankliniella occidentalis*) con el objetivo de evaluar destrezas que contribuyan a la reducción del daño de las plagas en tomate riñón y así observar los efectos del silicio en la planta. Así contribuyendo al agricultor una alternativa de control de insectos plaga.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto del silicio en el control de plagas en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* M.) variedad Fortaleza, Pedro Moncayo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar la dinámica poblacional del insecto plaga trips adultos mediante monitoreo indirecto en el cultivo de tomate riñón con la aplicación de silicio.
- Determinar la incidencia y severidad de plagas (*Trialeurodes vaporariorum*) y (*Myzus persicae*) en el cultivo de tomate riñón (*L. esculentum* Mill.) bajo invernadero.
- Analizar el rendimiento del tomate riñón var. Fortaleza bajo los tratamientos en estudio.

1.5 HIPÓTESIS

H₀: La aplicación de diferentes dosis de silicio no influye en el control de plagas en el cultivo de tomate riñón.

H_a: La aplicación de diferentes dosis de silicio influye en el control de plagas en el cultivo de tomate riñón.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO TOMATE RIÑÓN (*L. esculentum* Mill.)

2.1.1. Origen del Tomate Riñón

El origen de la especie (*L. esculentum* M.) se ubica en la región Andina, desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile, posiblemente desde allí fue trasladada a América Central y México, donde se domesticó (Villavicencio y Vásquez, 2008).

2.1.2. Taxonomía

Según Lopez (2017) menciona la clasificación taxonómica del tomate (*L. esculentum* M.):

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Lycopersicum</i>
Especie:	<i>L. esculentum</i> M.

2.1.3. Características botánicas del tomate

El tomate pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta dicotiledónea y herbácea perenne, que se cultiva en forma anual para el consumo de sus frutos.

2.1.3.1. Tallo.

Es grueso, pubescente, anguloso y de color verde, mide entre 2 y 4 cm de ancho y es más delgado en la parte superior, en el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares. Inicialmente el tallo tiene una apariencia herbácea; está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAG PERU], 2015) (figura 1).

Figura 1.

Tallo de tomate riñón



2.1.3.2. Hoja.

Su forma es pinnada y compuesta, presenta de siete a nueve folíolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos y, por lo general, de color verde, glanduloso pubescente por el haz y ceniciento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo, la posición de las hojas en el tallo puede ser semirecta, horizontal o inclinada. (Najera, Urrestarazu, y Gallegos, 2016).

Figura 2.

Hoja de Tomate riñón



2.1.3.3. Flor.

Es perfecta y regular, los sépalos, los pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario. El cáliz y la corola constan de cinco o más sépalos y de cinco pétalos de color amarillo, que se encuentran dispuestos de forma helicoidal. Poseen cinco o seis estambres

que se alternan con los pétalos formando los órganos reproductivos, el ovario tiene dos o más segmentos (Sandoval y Calispa, 2015).

Las inflorescencias se ubican en las axilas, cada dos o tres hojas, es normal que se forme la primera flor en la yema apical, mientras que las demás aparecen en posición lateral y por debajo de la primera, siempre colocándose alrededor del eje principal, siendo el pedicelo el que une la flor al eje floral (Infoagro System S.L , 2015).

Figura 3.

Flor de Tomate riñón



2.1.3.4. Fruto.

Es una baya bilocular o plurilocular, subsférica globosa o alargada, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. En estado inmaduro es verde y, cuando madura, es rojo. (Caguana, Quindi y Robayo, 2003). Existen cultivares de tomate con frutos de color amarillo, rosado, morado, naranja y verde, entre otros.

El fruto contiene las semillas, que tienen un tamaño promedio de 5 x 4 x 2 mm, son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa. Cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal (Torres, 2017).

Figura 4.

Fruto de Tomate riñón



2.1.3.5. Sistema radicular.

Ayuda a la planta a anclarse al suelo o al sustrato, absorbe y transporta nutrientes y agua a la parte superior de la planta. Está constituido por la raíz principal y las raíces secundarias y adventicias; estas últimas son numerosas y potentes y no superan los 30 cm de profundidad (Caguana, Quindi y Robayo, 2003).

El interior de la raíz presenta tres partes: epidermis, córtex y cilindro vascular. La epidermis contiene pelos que absorben el agua y los nutrientes, mientras que el córtex y el cilindro vascular cumplen la función de transportar los nutrientes (Rodríguez y Ortiz , 2015).

2.1.4. Variedades del tomate

Según Caguana et al., (2003) manifiesta que, el cultivo de tomate riñón bajo invernadero requiere híbridos de alta producción por lo que es recomendable utilizar variedades que cumplan altos estándares de producción, para poder seleccionarlos se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Que posean características de híbrido comercial: vigor de planta, fruto grande y duro en postcosecha, resistencia a enfermedades y alto en producción.
- Que tenga aceptación en el mercado.
- Que se adapte a las condiciones del clima, suelo y calidad de agua de riego.

Caguana et al., (2007) señala que la producción de tomate bajo invernadero o cubierta se basa principalmente en la siembra de variedades híbridas; estas semillas son desarrolladas por mejoradores genéticos especialistas y vendidas por compañías comerciales. Las ventajas de las semillas híbridas son su muy alto vigor, buena uniformidad, alta producción y calidad.

Según López (2017) afirma que, cultivos bajo invernadero es mejor utilizar variedades híbridas de crecimiento indeterminado que posean las características mencionadas. A pesar de que existe un sin número de variedades presentes en nuestra zona no todas pueden ser cultivadas en diferentes pisos altitudinales, ya que cada una tiene diferente comportamiento, a partir de estudios realizados se puede evaluar las características y comportamientos que poseen cada híbrido.

Tomando en cuenta varios aspectos de las variedades a continuación se detallan características de la variedad a utilizar en el ensayo:

2.1.4.1. Tomate Híbrido Dominique FA-593.

Es un híbrido de crecimiento indeterminado, generalmente vigoroso y precoz, esta planta alcanza una altura de 1.88 m después de los 95 días de trasplante, en 8 meses del ciclo de la planta puede llegar a medir 3 m. Posee hasta 50 racimos florales por planta manejada a doble eje, con 7 a 8 flores promedio por racimo, el fruto pesa 180 a 220 g, con diámetro de 7 a 8 cm. Las ventajas de este híbrido incluyen alta productividad, firmeza de la carne, larga conservación de los frutos y capacidad de soportar el transporte a largas distancias (Flores, 2012).

2.1.4.2. Tomate Fortaleza

Es ideal para invernadero, puede crecer aún en zonas frías y con baja luminosidad, crece principalmente en los valles de la Sierra. De gran crecimiento y uniformidad del fruto (80 % de primera). Con un porcentaje de germinación del 98 %, grandes producciones con gran porcentaje de frutos de buena calidad. Producción hasta doce por racimo; cada uno de ellos varía de 8 a 10 frutos. El peso fluctúa entre 200-300 g y de 7 a 8 cm de diámetro. Los tamaños de los frutos muestran resistencia a enfermedades y nematodos y soporta transporte a larga distancia (Sandoval, 2015).

2.1.4.3. Tomate Sheila.

Es un cultivar de crecimiento indeterminado con entre nudos cortos, presenta frutos firmes y de excelente coloración, el peso entre 200 y 250g con gran uniformidad, es resistente a *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* y Virus del mosaico del tomate, se adapta a la producción en campo abierto e invernadero (Alvarez, 2018).

2.1.4.4. Tomate Híbrido Astona F1.

Cultivar de crecimiento indeterminado para invernadero o campo abierto, de forma globosa, achatadas, buen sabor y color, buen llenado, maduración normal y son plantas vigorosas, con altos rendimientos con frutos grandes con un peso de 214 g. Presenta resistencia a los cambios extremos de temperatura, excelente cuajado del fruto en zonas frías y calientes, inicio de producción entre 70 y 100 días. Presenta resistencia a plagas y enfermedades comunes (Quirós, 2016)

2.1.5. Fenología del tomate

La fenología del cultivo comprende las etapas que forman su ciclo de vida. Dependiendo de la etapa fenológica de la planta, así son sus demandas nutricionales, necesidades hídricas, susceptibilidad o resistencia a insectos y enfermedades (Lopez L. , 2017).

En el cultivo del tomate, se observan 3 etapas durante su ciclo de vida:

2.1.5.1. Inicial.

Comienza con la germinación de la semilla, se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca, la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis (MAG , 2015).

2.1.5.2. Vegetativa.

Esta etapa se inicia a partir de los 21 días después de la germinación y dura entre 25 a 30 días antes de la floración. Requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión (Rodriguez y Ortiz , 2015).

2.1.5.3. Reproductiva.

Se inicia a partir de la fructificación, dura entre 30 ó 40 días, y se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los frutos extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración (Sandoval y Calispa, 2015).

2.1.6. Requerimientos agroclimáticos

2.1.6.1. Temperatura.

La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 °C reducen la fructificación y la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta. Las plantas de tomate se desarrollan mejor con temperaturas de entre 18 °C y 24 °C. Temperaturas diurnas inferiores a 12-15 °C pueden originar problemas en el desarrollo de la planta, mientras que temperaturas diurnas superiores a 30 °C e inferiores a 12 °C afectan la fecundación (Caguana, Quindi y Robayo, 2003)

2.1.6.2. Humedad relativa.

La humedad relativa (HR) óptima, que se ubica entre 60 % y 80 %, favorece el desarrollo normal de la polinización y garantiza una buena producción. El exceso o déficit de HR produce desórdenes fisiológicos y favorece la presencia de enfermedades. Una humedad relativa superior al 80 % favorece la permanencia de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación, ya que el polen se humedece y hay aborto floral (Caguana, Quindi, y Robayo, 2003).

Una alta humedad relativa y una baja iluminación reducen la viabilidad del polen y pueden limitar la evapotranspiración, disminuir la absorción del agua y los nutrientes, generar déficit de elementos como el calcio e inducir desórdenes fisiológicos. Una humedad relativa menor al 60 % dificulta la polinización (Piedrahita, 2008).

2.1.6.3. Luminosidad

Cuando la luminosidad es reducida, ello puede afectar en forma negativa los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta. Durante los periodos críticos del desarrollo vegetativo de la planta la interrelación entre la temperatura diurna, nocturna y la

luminosidad es fundamental. Por tal motivo se recomienda no cultivar tomate en sitios que permanecen nublados, ya que los rendimientos disminuyen considerablemente (Sandoval y Calispa, 2015).

2.1.6.4. Suelo

El cultivo de tomate no es muy exigente en términos de suelo, excepto en lo que respecta al drenaje; no obstante, se obtienen mejores resultados en suelos profundos (de 1 m o más de profundidad), de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en su perfil.

El tomate tolera la acidez y crece adecuadamente en pH de 5,0 a 6,8. Es medianamente tolerante a la salinidad, con valores máximos de 6400 ppm (10 mmho) (Villavicencio y Vásquez, 2008)

2.2. Plagas del tomate riñón

2.2.1. Áfidos (*Myzus persicae*)

Los áfidos (Hemíptera: Aphididae) generalmente conocidos como pulgones, son pequeños insectos de hasta 4mm de longitud, con el aparato bucal picador chupador siempre inserto en el tejido vegetal, se reconoce por su cuerpo globoso, piriforme, frágil, de color verde claro, con antenas largas (Salas, Quiroz y Puelles, 2016).

En general existen adultos alados y ápteros en la misma especie, que forman colonia sobre la planta infestada. Las estructuras exclusivas presentes en el abdomen permiten identificar las especies, estos son la cauda, que se ubica en la parte distal del abdomen y los sifones o cornículos ubicados entre el quinto y sexto segmento abdominal dorsal (Torres, 2017).

Los daños que ocasionan áfidos en tomate riñón producen un daño directo debilitando la planta, al alimentarse de la savia que circula por el floema. En la almaciguera o en trasplante al aire libre, las plántulas afectadas quedan sensibles al ataque de otras plagas y enfermedades. En ataques intensos puede afectar la fotosíntesis, puesto que los pulgones pueden excretar exceso de mielecilla favoreciendo el desarrollo de fumagina (Caguana, Quindi y Robayo, 2003).

La mayor importancia de los áfidos se debe a la capacidad de transmitir enfermedades virales, las ninfas y adultos extraen nutrientes y perturban el equilibrio de las hormonas de crecimiento, como resultado el desarrollo de la planta se ralentiza, provocando la deformación de las hojas y la defoliación disminuyen la cosecha en torno al 20% de pérdidas en parcelas atacadas (Álvarez, 2015).

Ciclo biológico

El ciclo de vida de los pulgones es bastante complejo ya que cada especie se puede reproducir de manera distinta y en un número distinto. Normalmente se reproducen sexualmente cuando va a llegar el invierno. Ponen los huevos e hibernan hasta la próxima primavera (es por eso que los cultivos no se ven afectados en invierno). Aquí llega el por qué los pulgones son capaces de reproducirse tan rápido (Caguana, Quindi, y Robayo, 2003).

Figura 5.

Insecto plaga presente en el invernadero (*Myzus persicae*)



Una vez llega la primavera, de los huevos nacen hembras que son capaces de reproducirse sin necesidad de aparearse. Es decir, se reproducen pariendo clones de los adultos, si la planta muere o las condiciones ya no son favorables, los pulgones que van a convertirse en adultos, lo hacen, pero de forma alada. Se las conoce como hembras fundadoras, pues son las que emigran a colonizar otras plantas y una vez allí paren clones de nuevos pulgones hembras sin alas (Caguana, Quindi, y Robayo, 2003).

El muestreo se realiza mediante el conteo de áfidos por planta en los primeros días de desarrollo y cuando se observan bajas poblaciones, se emplea el método de conteo de brotes se emplea cuando las plantas se encuentren en un estado de desarrollo avanzado (Meneses, 1990)

2.2.2. Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

La mosca blanca es un insecto chupador perteneciente a la orden hemíptera, de la cual existen muchas especies; *Bemisia tabaci* es la más difundida, posiblemente más dañina por el contrario a *T. vaporariorum*, tiene una distribución prácticamente en toda el área tropical del mundo, aunque últimamente ha sobrepasado esos límites y colonizado áreas ubicadas en otras latitudes (Flores, 2012).

Las especies de la mosca blanca presentan cuatro estados diferenciados: huevo, larva, pupa y adulto. El estado adulto presenta cuerpo, patas y antenas de color amarillo, alas de color blanco, miden aproximadamente 2 mm de largo y se ubican en el envés de la hoja. Los huevos de la mosca blanca son traslúcidos a amarillentos cuando están recién puestos, de preferencia se ubican en el envés de las hojas apicales dejan una capa cerosa sobre los huevos lo cual facilita su identificación (Valarezo y Cañarte, 2008).

Luego de la eclosión del huevo, el cuerpo es blanco y verde a medida q se desarrollan, en el último estado ninfal larval son de color verde intenso apareciendo una mancha rosada en el dorso, al emerger tienen un tamaño de 0.84 mm de largo y 0.15 mm de diámetro. Las pupas son de color blanco opaco, con ojos rojos, en esta fase se puede diferenciar entre las especies de moscas blancas de la familia *Aleyrodidae* (Cuéllar y Morales, 2006).

El ciclo de vida de estos insectos comienza cuando la hembra coloca los huevos en el envés de las hojas de la planta a la que afecta. Si la especie de mosca blanca es la *Trialeurodes* puede poner huevos sin fecundar y saldrán machos, pero si los huevos están fecundados saldrán hembras. Estas hembras pueden poner entre 80 y 300 huevos, es por eso que son bastante fácil de propagarse por los cultivos en menos de un mes que dura el ciclo vital de estos insectos. Los huevos que pone la hembra son muy pequeños por lo que cuesta verlos a simple vista. Forma una especie de círculo blanco. Más o menos las ninfas tardan 6 días en salir de los huevos y es casi invisible antes de llegar a la pupa. Las hembras suelen ser más grandes que los machos y suelen durar unos 28 días (Flores, 2012).

Figura 6

Insecto plaga presente en la planta de tomate riñón (Trialeurodes vaporariorum).



Los daños causados por esta especie de mosca blanca pueden ser directos e indirectos; daños directos producidos por la succión de savia debido a la inyección de las toxinas a través de la saliva lo que ocasiona el debilitamiento de la planta y manchas cloróticas, pueden afectar al cultivo desde a germinación hasta la cosecha (Polack, 2005).

Los daños indirectos son la proliferación del hongo fumagina sobre la melaza que excreta la mosca blanca, provocando la asfixia vegetal, dificultad de fotosíntesis, disminución en calidad de la cosecha, mayores gastos en comercialización ya que mancha y deprecia los frutos y dificulta en la penetración de fitosanitarios. Además, la transmisión de virus en la planta ocasionando hojas terminales enroscadas, moteados o enanismo cuando el ataque es significativo (Sandoval y Calispa, 2015).

Las técnicas de muestreo para las moscas blancas adultas son trampas cromáticas adhesivas que han sido ampliamente utilizadas dando resultados positivos. Además, se revisan las plantas en búsqueda de estados inmaduros, están en áreas cercanas a las puertas o ventanas (Cordona, Rodríguez y Bueno, 2005).

Los métodos biológicos están encaminados a buscar enemigos naturales y métodos alternativos para el control de *B. tabaci*, como el uso del depredador *Chrysoperla spp.* al ser concentrados en los focos y limpieza de malezas y tejidos de cultivos muertos en cuanto al control cultural y colocar trampas o placas adhesivas (Valarezo y Cañarte, 2008).

2.2.3. *Trips* (*Frankliniella occidentalis*)

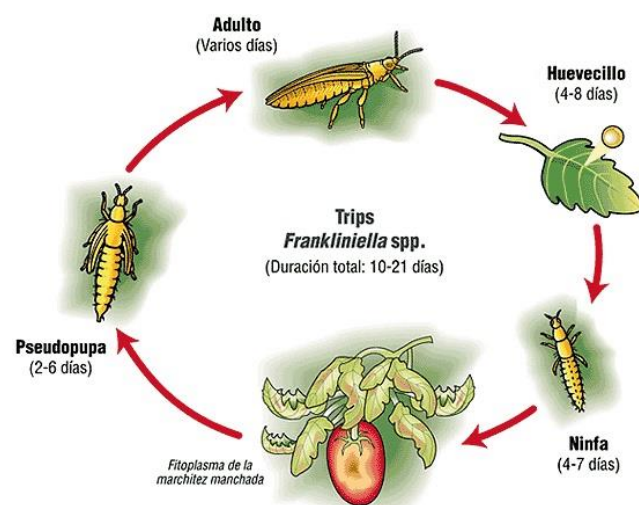
El insecto pequeño de la familia Thripidae de cuerpo alargado muy activo, se alimenta de cualquier planta con flor y chupa los fluidos de la planta y de la base de las hojas jóvenes provocando que las hojas se deformen y enrollen hacia arriba. Las infestaciones retardan la maduración de la planta (Villavicencio y Vásquez, 2008).

Según Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, 2018) menciona los estadios del *Trips* como; los adultos presentan alas y tienen variación en el color, dependiendo de la época en que se desarrollan, aproximadamente miden 1.6 mm la hembra y 0.9 mm de ancho el macho, se caracteriza por la presencia de 8 segmentos en las antenas. La hembra inserta el huevo en el tejido vegetal tierno bajo la epidermis. El *trips* pasa por dos estados ninfales, midiendo inicialmente 0.4 mm hasta desarrollarse a un largo de 1.1 mm, presentando un color amarillento y sin presencia de alas. Ubicadas en las hojas centrales y cabezuela, donde se desplazan para raspar y succionar la savia de la planta. El estado pupa permanece sobre el resto de material vegetal en descomposición en el suelo y estas no se alimentan.

La duración del ciclo biológico depende de la temperatura y de la alimentación. En el caso del cultivo de tomate el ciclo dura aproximadamente 9 a 12 días a 30 °C, mientras que aumenta a 35 a 39 días a 15 °C. La especie pasa el invierno hibernando en estado adulto en lugares protegidos en el suelo, en estructuras del invernadero, tutores y otros lugares recónditos reapareciendo en la estación siguiente (Torres, 2017).

Figura 7

Ciclo biológico de trips (F. occidentalis).



Fuente: (Estay, 2018)

Este insecto puede causar daños directos e indirectos, dentro de los daños directos se producen debido a la actividad de alimentación de larvas y de los adultos sobre la epidermis de hojas, flores y frutos que presentan manchas de color plateado en el haz de las hojas, las que después se tornan necróticas. Además, hay daños por la oviposición de la hembra que encastra los huevos en el tomate donde produce un leve abultamiento en la zona de inserción del huevo (Quirós, 2016).

Los daños indirectos son debido a la transmisión del virus del bronceado (TSWV), este virus es adquirido por las larvas en plantas afectadas y transmitido por los adultos, que permanecen infectivos toda su vida, aunque no lo transmiten a la progenie. A nivel de producción de tomate en invernadero se menciona a *Frankliniella occidentalis* como el principal vector de este virus (Flores, 2012).

Para el control de esta plaga se realiza el monitoreo con trampas adhesivas de color amarillas proveen un método simple para estimar la densidad poblacional del trips con poco esfuerzo, el registro adecuado de adultos permitirá tener la idea de los riesgos que representan para el cultivo debido que esta plaga migra cuando las plantas envejecen o son podados Red de alerta e información fitosanitaria (RAIF, 2012).

Figura 8

Trips en etapa adulta



Existen diferentes métodos de control; control cultural consiste en colocación de mallas en las bandas de invernadero y vigilar que no exista roturas en el plástico, limpieza de malas hierbas dentro y fuera del invernadero y eliminación de restos de cultivo, distribución de trampas adhesivas azules contra trips desde el inicio del cultivo, a la altura de la planta para realizar el seguimiento (Estay, 2018).

En cuanto al control biológico es la acción de los depredadores de trips como *Orius laevigatus* y *Aeolothrips fasciatiipennis* o productos biológicos que se destacan los formulados a base del hongo *Verticilium lecanii* y los productos de sales potásicas de ácidos grasos (INIA, 2018).

2.3. Manejo integrado de plagas

2.3.1. Monitoreo

El monitoreo tiene como objetivo conocer el estado sanitario del cultivo, la evolución de la población de plagas y controlar la efectividad de las medidas de control, mediante el monitoreo se puede realizar una aplicación y elegir el ingrediente activo a utilizar. Además, permite detectar problemas como la baja efectividad de un principio activo y corregirlas a tiempo (Escobar y Lee, 2009).

2.3.2. Control Cultural

Una vez q el cultivo ya está establecido se realizan prácticas culturales para evitar el incremento de plagas en el cultivo; el manejo inadecuado de las malezas puede aumentar costos de producción del cultivo, reduciendo la rentabilidad debida que existe competencia por agua, luz, nutrientes y espacio físico (Caguana, Quindi, y Robayo, 2003).

2.3.3. Control químico

Este método tiene ventajas por su rapidez, economía y eficiencia en las labores de manejo del cultivo. La eficiencia depende del buen manejo, dosis, cantidad de agua para su aplicación entre otros aspectos. Sin embargo, se sugiere dosis bajas y seguir las instrucciones de la etiqueta (Alvarez, 2018).

2.4. Descripción del Silicio (diatomita)

Existen moléculas inorgánicas en la cual se ha descubierto recientemente que el silicio es categorizado como elemento no esencial, el resultado de la absorción de Si activa una amplia gama de genes críticos para mitigar las condiciones de estrés y regular el crecimiento y desarrollo de las plantas (Luyckx, Hausman, Lutts y Guerriero, 2017; Zargar, Mahajan, Bhat, Nazir y Deshmukg, 2019).

La diatomita es una roca silíceas, sedimentaria de origen biogénico, principalmente está constituida por restos (esqueletos) fosilizados de las frústulas de las diatomeas, presentando diversos grados de consolidación (Lopez , 2017).

Físicamente la diatomita presenta una coloración, muy clara en estado seco, el contenido de agua en los poros varía entre 20 y 70 % en peso, presenta baja conductividad térmica y la densidad puede ser de (2.1g/cm³) en silicio hidratado (Price y Walsh, 2005). La diatomita se deriva de los restos de las partes duras de animales diminutos llamados diatomeas.

Se puede formar en condiciones marinas y no marinas por la acumulación de millones de pequeños exoesqueletos puntiagudos, generalmente demasiados pequeños para ser vistos incluso con una lente de la mano (Manosalva, et al., 2010). La dureza, el tamaño y la forma de las partículas hacen de la diatomita un útil abrasivo. También se utiliza como un filtro en la purificación del agua (Price y Walsh, 2005).

El silicio posee una estructura cristalina y se encuentra en dos formas de óxido estables como monóxido de Si (SiO) y sílice (SiO₂), aproximadamente un 28% de Si en peso de silicatos, silicatos de alumina y dióxido de Si se hallan en el suelo y la mayoría de los cuales no están disponibles para las plantas de cultivo. La única forma de Si disponible para las plantas se encuentran en trazas de ácido monosilícico (Pereira, Da Silva, Yuen, Da Costa y Barbosa, 2013).

El silicio (Si) es el segundo elemento más abundante en la litosfera y presente en casi todos los minerales en forma no biodisponible. Las soluciones del suelo que contienen un pH inferior a 9 son adecuados para la absorción de H₄SiO₄ por las raíces de las plantas (Korndorfer y Pereira, 2013). Este elemento no existe de forma natural en estado libre, generalmente se encuentra en forma de dióxido de silicio y en silicatos complejos. Los minerales que contienen silicio constituyen cerca del 40 % de los minerales comunes, incluyendo más del 90 % de los minerales que forman rocas volcánicas (Castellanos, et al., 2015; Islam, Tayyab, Khalil y Huac, 2020).

2.4.1. Silicio en las plantas

Varios transportadores específicos y no específicos ayudan en el transporte de Si a las partes aéreas de las plantas, en cultivos como maíz, pepino, arroz y cebada poseen genes como Lsi2, Lsi1 y Lsi6 aquellos son responsables de la absorción de Si en órganos aéreos y

raíces (Ouellette, Goyette, Labbe y Laur, 2017). Lsi1 es identificado en plantas de arroz este transporta silicio del entorno circundante a las células vegetales, mientras que Lsi2 interviene como transportador de salida de Si de las células. Por otro lado, el homólogo Lsi6 de Lsi1 funciona como transportador activo de entrada del silicio en los tejidos de las hojas (Singh y Roychoudhury, 2021).

La aplicación del silicio en los cultivos como tratamiento previo a la cosecha proporciona un componente viable del manejo integrado de plagas y enfermedades de insectos ya que no deja residuo de plaguicidas en los alimentos o el medio ambiente y puede integrarse fácilmente con otra práctica de manejo de plagas incluyendo las biológicas (Faraone, Evans, LeBlanc, y Hillier, 2020).

El fertilizante silicio es aplicado en los cultivos en varios países para aumentar la productividad y la producción sostenible. En la actualidad no se ha demostrado que el silicio sea un elemento esencial porque la mayoría de las plantas pueden crecer en soluciones nutritivas que carecen de silicio, pero se ha informado sus efectos beneficiosos sobre el crecimiento en una amplia variedad de lo cultivo, como arroz, trigo, cebada y el pepino (Miyake y Takahashi, 2007).

El Si constituye entre el 0.1 y el 10% del peso seco de las plantas superiores. En comparación, el Ca está presente en valores que van de 0.1 a 0.6% y el S de 0.1 a 1.5%. El arroz acumula hasta 10% de Si y, en general, las monocotiledóneas acumulan más Si que las dicotiledóneas, aunque las diferencias pueden darse incluso a nivel de variedad (Raya y Aguirre, 2012).

El silicio es absorbido por las raíces de las plantas del suelo como ácido mono silícico transportado a través del tejido vegetal por transportación y depositado en las paredes de las células epidérmicas de las plantas.

2.4.2. Funciones del silicio

Varios estudios han demostrado que los productos a base del silicio pueden mejorar la resistencia de las plantas a los insectos herbívoros los que se alimentan de floema (Faraone, et al., 2020). En el caso de incrementar la resistencia al ataque de patógenos e insectos, el papel del Si ha sido atribuido en parte a su acumulación y polimerización en las paredes celulares, lo cual constituye una barrera mecánica contra el ataque; sin embargo, se ha demostrado que

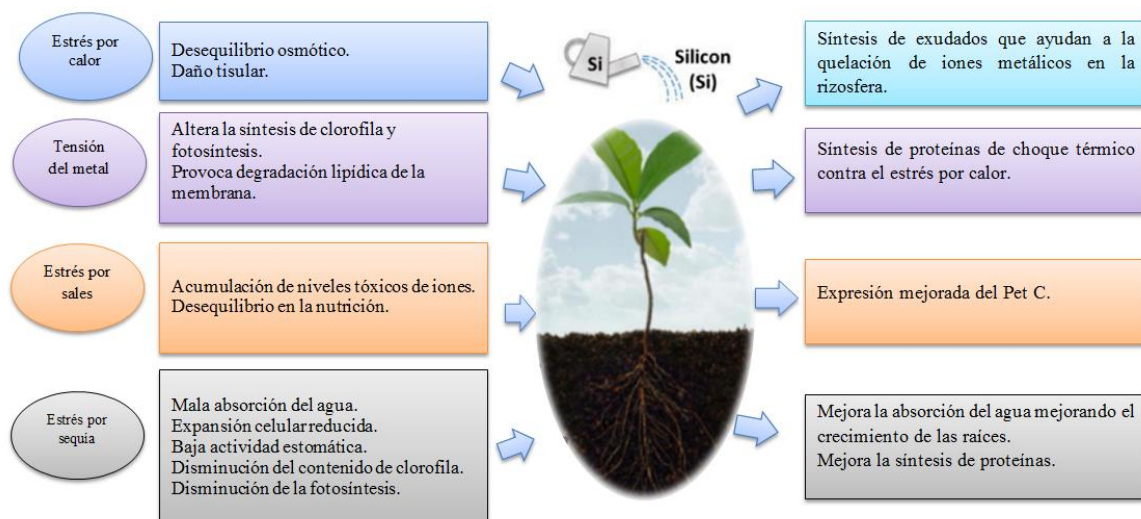
el tratamiento de las plantas con Si trae como consecuencia la acumulación de compuestos fenólicos, lignina y fitoalexinas, también se ha demostrado que el Si disminuye la toxicidad de distintos elementos (Korndorfer, 2014).

No se ha demostrado que el silicio sea un elemento esencial para las plantas superiores, sin embargo, sus efectos beneficiosos sobre el crecimiento en una amplia variedad de cultivos, este es aplicado a lo cultivo en vario países para aumentar la productividad. El silicio es usado para controlar plagas y enfermedades, incrementar la productividad y mejor la calidad de productos agrícolas (Furcal, 2012).

La fertilización con silicio mediante silicatos naturales tiene el potencial de mitigar el estrés ambiental y el agotamiento de los nutrientes del suelo, retrasa la defoliación prematura y funciona como una alternativa al uso extensivo de fertilizantes fitosanitarios y NPK para mantener la agricultura sostenible. El silicio disponible es absorbido por las plantas este refuerza la resistencia directa e indirecta de las plantas a las plagas mediante la deposición de SiO₂. Los fitolitos que se encuentran principalmente en brotes de monocotiledóneas regresan al suelo a través de hojarasca si la planta no se cosecha y contribuyen al ciclo biogeoquímico del Sí (Tayabi y Azizi, 1980).

Figura 9

Funciones del silicio en las plantas



2.4.3. Deficiencias

Los fisiólogos vegetales no consideran al Si como un elemento esencial para las plantas; sin embargo, se ha reportado que la presencia de Si beneficia los cultivos, por inducción de

resistencia y protección contra diversos factores ambientales bióticos y abióticos (Beriguete y Barrantes, 2013).

En algunas plantas, la deficiencia de silicio también puede incrementar la posibilidad de que adquieran toxicidad por manganeso, cobre o hierro. Evita que los tomates pueden tener un desarrollo anormal de su flor, y al igual que los pepinos y las fresas, pueden tener un conjunto reducido y posiblemente deforme de frutas (Piedrahita, 2008).

2.2 MARCO LEGAL

La ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, en su articulado 1, el cual ha sido publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 583 de 05 de mayo del 2009 determina que: la cosa de la ley es construir los mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y con fines importante de probar a las personas y pueblos la eficacia de alimentos sanos y culturalmente convenientes de forma intacta.

La presente investigación es una alternativa para disminuir el uso de insecticidas sintéticos y sistémicos en los cultivos de consumo, ya que estos afectan directamente el medio ambiente y a los que aplican, lo cual esta opuesto a lo que menciona la Constitución de la Republica del Ecuador en los diferentes artículos que se ven estrechamente relacionados a la agricultura orgánica, responsable y a la agroecología.

El artículo 14 tiene como objetivo principal garantizar la conservación del ecosistema, y la reducción de la contaminación ambiental, y reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológico, además que garantice la sostenibilidad y el buen vivir como menciona el artículo 66 numeral 27.

CAPITULO III

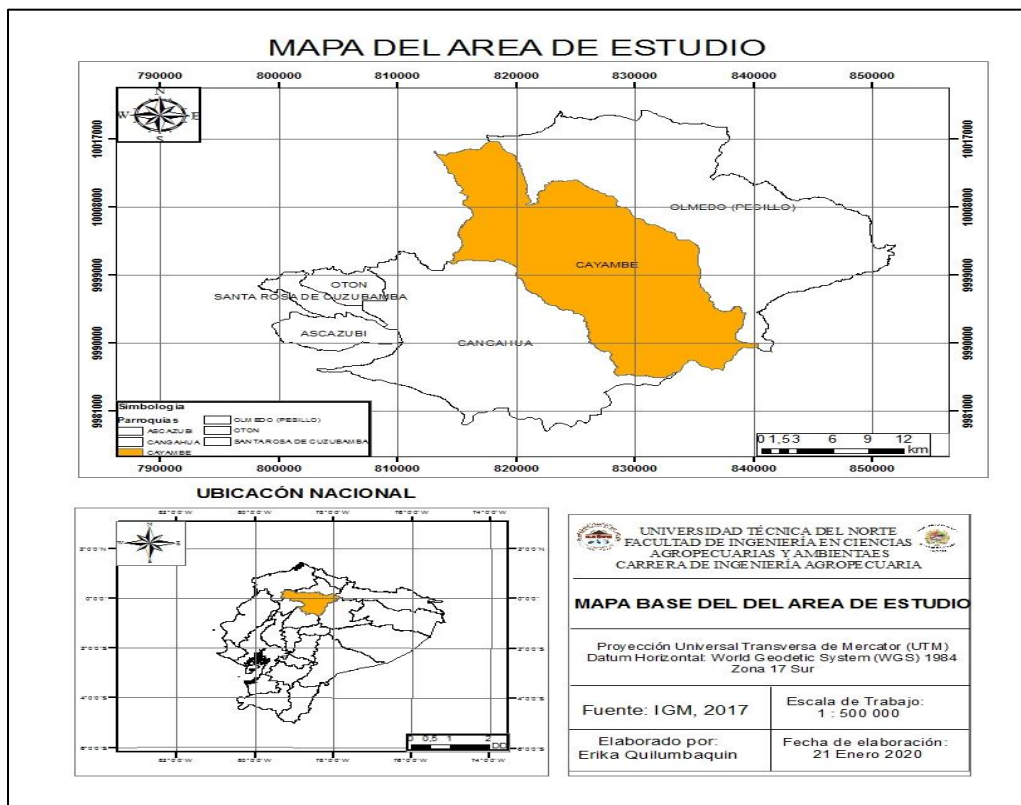
MARCO METODOLÓGICO

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en la Comunidad Santa Isabel, parroquia Juan Montalvo, Cantón Cayambe, Provincia Pichincha con las siguientes coordenadas geográficas de altitud 2830 msnm, latitud 0°0'41.69" N, longitud 78°7'12.33"O, con una temperatura media de 13,5°C (Figura 10).

Figura 10

Mapa del área de estudio.



3.2. Materiales, Equipos, Insumos y Herramientas

En la Tabla 1 se detalla los materiales que se utilizó para la investigación.

Tabla 1*Materiales, insumos y equipos*

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Estructura del invernadero	Computador	Fertilizante silicio	Pala
Libreta de campo	Impresora	Plántulas de	Balanza
Etiquetas	Copiadora	Tomate riñón	Azadón
Rótulos	Cámara fotográfica	Fertilizante común	Lupa
Tanque de 200 litros	Válvulas	Insecticidas	Carretilla
Guantes	Grapadora	Funguicidas	Tijera de podar
Plan de monitoreo	Bomba de mochila		Cuaderno de campo
Plásticos	Balanza		Guantes
Alambres	Calculadora		Lápiz
Mangueras			Flexómetro
Grapas			Martillo
Clavos			Alicate
Cerchas			
Madera			
Piolas			
Cinta métrica			
Fundas de papel			

3.3. Métodos

El objetivo de la investigación fue conocer el efecto del silicio en el control de plagas en el cultivo de tomate riñón (*L. esculentum* M.) variedad fortaleza en el cantón Pedro Moncayo. Esta investigación es de tipo experimental de campo, mediante la aplicación de silicio en diferentes dosis y un testigo donde se evaluó el efecto de la aplicación de silicio para el control de plagas como pulgón, mosca blanca y trips.

3.3.1. Factor en estudio

Las dosis que se utilizó en la presente investigación es de 2,5 g l⁻¹, 5 g l⁻¹ y 10 g l⁻¹ en concentración de 98% (SiO₂) con aplicación foliar en una frecuencia de 15 días. Los niveles se detallan en la (Tabla 2).

Tabla 2.*Descripción de los niveles o diferentes dosis de silicio.*

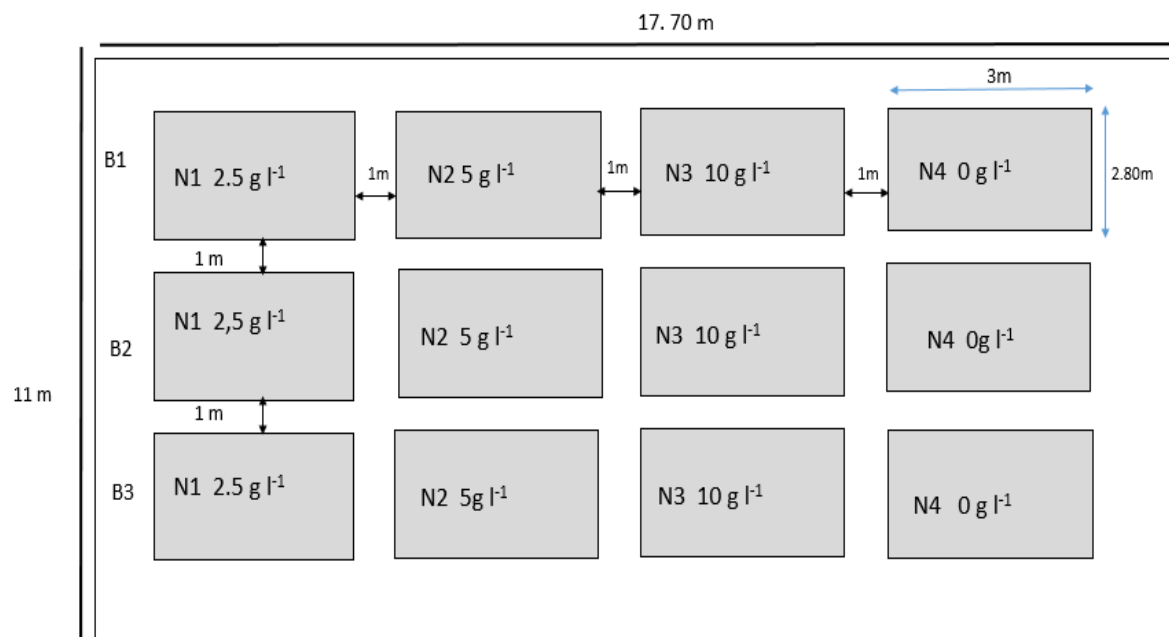
Niveles	Descripción	Código
1	2,5g. Silicio l ⁻¹	N1
2	5 g. Silicio l ⁻¹	N2
3	10 g. Silicio l ⁻¹	N3
4	Testigo 0 g. Silicio l ⁻¹	N4

3.3.2. Diseño experimental

En la figura 11 se muestra que se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con tres niveles de dosis (2,5 g l⁻¹, 5 g l⁻¹ y 10 g l⁻¹) más un testigo.

Figura 11

Esquema de diseño experimental utilizado en la investigación.



3.3.3. Características del experimento

El área de estudio estará conformada de la siguiente manera:

- Factor en estudio: 1
- Niveles: 4
- Bloques: 3
- Unidades experimentales: 12
- Largo del área: 11 m
- Ancho del área: 17,70 m
- Área total del ensayo: 194,70 m²
- Camas por nivel: 3
- Número de plantas por nivel: 90

3.3.3.1. Características de la unidad experimental.

La unidad experimental se detalla en la tabla 3

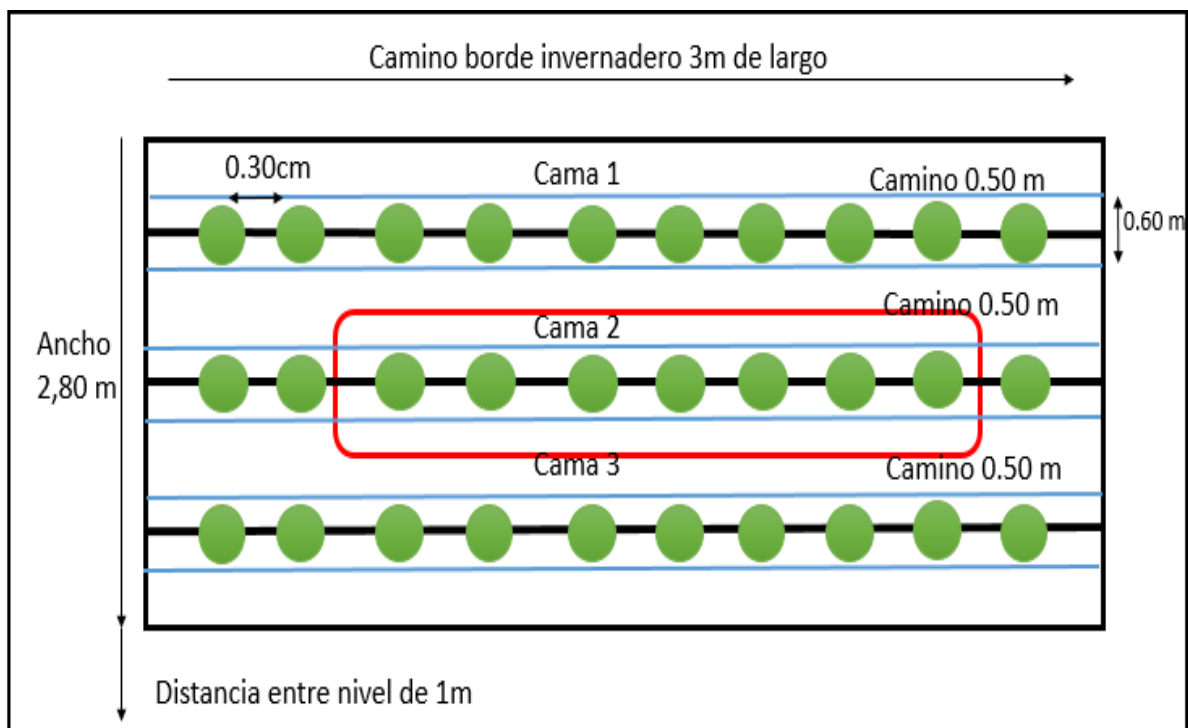
Tabla 3

Características de la unidad experimental

Datos	Medidas
Forma	Rectangular
Número de unidades experimentales	12 U.E
Área de la unidad experimental	8.40 m ²
Largo	3 m
Ancho	2.80 m
Área de la parcela neta	1.26 m ²
Largo de la cama	3 m
Ancho de la cama	0.60 m
Distancia entre niveles	1 m
Distancia entre plantas	0.30m
Distancia camino entre bloques	1 m
Camas por unidad experimental	3
Distancia entre camas	0.50 m
Número de plantas por unidad experimental	30 plantas
Número de plantas por parcela neta	7 plantas

Figura 12

Unidad experimental



3.3.4. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico InfoStat, versión 2018, se realizó una prueba LSD Fisher a un nivel de significancia del 5% para obtener el valor de las pruebas de media.

3.4. Variables a evaluar

A continuación; se describen los procedimientos realizados para el registro de datos en cada una de las variables evaluadas en la investigación.

3.4.1. Altura de la planta

Una vez realizado el trasplante de las plantas de tomate riñón en la parcela neta que consta de 7 plantas, se realizó la medición de la altura de la planta desde la base del suelo hasta la parte aérea de la planta a los 30 ddt (días después del trasplante). Posteriormente se realizaron las siguientes mediciones de altura de la planta con el mismo procedimiento a los 60 ddt y a los 100 ddt correspondientemente, las medidas tomadas fueron expresadas en centímetros (cm).

Figura 13

Medición de altura de planta a los 30,60 y 100 días después del trasplante.



3.4.2. Número de flores por racimo

Una vez iniciada la floración, posteriores a los 59 días hasta los 145 días se contabilizó el número de flores por racimo de las plantas pertenecientes a la parcela neta de cada unidad experimental de forma periódica (15 días).

Figura 14

Número de flores por racimo.



3.4.3. Incidencia de pulgón

Posterior a los 15 ddt se realizó el registro de las plantas afectadas por pulgón sobre el número de plantas monitoreadas pertenecientes a las 7 plantas de la parcela neta, para determinar el porcentaje de incidencia, el registro se realizó cada 15 días. Se utilizó la siguiente ecuación.

$$\% I = \frac{\text{Nro. de plantas afectados}}{\text{Nro. total de plantas monitoreadas}} \times 100$$

3.4.4. Incidencia de mosca blanca

De la misma manera, posterior a los 15 ddt se determinó el registro del porcentaje de incidencia de mosca blanca, utilizando la ecuación

$$\% I = \frac{\text{Nro. de plantas afectados}}{\text{Nro. total de plantas monitoreados}} \times 100$$

El monitoreo se realizó cada 15 días a las 7 plantas pertenecientes a la parcela neta.

3.4.5. Severidad de mosca blanca

Para determinar el porcentaje de severidad de mosca blanca, de la parcela neta se determinó 10 foliolos al azar y se contabilizó los foliolos afectados por mosca blanca y posteriormente se realizó el cálculo correspondiente basándose en la siguiente ecuación:

$$\% S = \frac{\text{Nro. de foliolos afectados}}{\text{Nro. total de foliolos monitoreados}} \times 100$$

3.4.6. Población de trips

Para determinar la siguiente variable, se colocó trampas amarillas en cada unidad experimental a 5 cm de altura después de la parte aérea final de la planta, posterior se contabilizó el número de trips adultos, se registran los datos en el cuaderno de campo. Desde la semana 3 que corresponde 15 ddt hasta la semana 21 que corresponde a los 147 días.

Figura 15

Trips adultos en monitoreo indirecto.



3.4.7. Número de frutos por planta y peso

Para esta variable se determinó el día de inicio de los primeros frutos q fueron a los 130 días donde se procedió a la recolección de frutos hasta finalizar la etapa, de las siete platas de la parcela neta de cada unidad experimental, se utilizó fundas para cada planta, posteriormente se realizó el peso por fruto en una balanza gramera.

Figura 16

Numero de frutos por planta.



3.5. Manejo específico del experimento

El cultivo de tomate riñón fue establecido en la Comunidad Santa Isabel, en el cantón Pedro Moncayo. El ensayo se realizó bajo invernadero con aplicaciones de silicio.

a) Toma de muestras del suelo

Una vez establecidas la parcela neta se tomó submuestras de suelo de distintos puntos para terminar haciendo una mezcla homogénea, esta se colocará en fundas de polietileno con un peso de 1kg de suelo para realizar el análisis de fertilidad y se procedió a la identificación de la muestra para ser enviada al laboratorio (Alvarez, 2018).

b) Instalación del invernadero

Se instaló el invernadero en la Comunidad Santa Isabel, con área de 212.40m², además la implementación del sistema de riego.

Figura 17

Instalación del invernadero.



c) Siembra y delimitación

Al adquirir las plantas de tomate riñón var. Fortaleza se realizó la siembra en distancia de 0.30 m entre planta obteniendo 30 plantas por unidad experimental y 90 plantas por nivel. Se delimitó las parcelas experimentales (camas) e identificarlos con letreros y códigos respectivos para cada uno de los niveles para mejor manejo del cultivo.

Figura 18

Siembra y delimitación de parcela neta.



d) Podas

El objetivo de las podas es balancear el crecimiento reproductivo y vegetativo. Así permitiendo el desarrollo correcto de la planta. Poda de formación para decidir el número de tallos va tener las plantas, la presente investigación se conservó con un solo tallo. Además, podas de yemas donde se eliminará pequeños brotes que crecen en el punto de inserción entre el tallo principal y los peciolos de las hojas.

Figura 19

Eliminación de pequeños brotes.



e) Tutorado y riego

Consiste en guiar a la planta verticalmente a lo largo de una cuerda o alambre de 2.5 de altura evitando el maltrato a las plantas. El riego será permanentemente por medio de sistema de goteo y vía drench.

Figura 20

*Realización de tutorado en tomate riñón (*L. esculentum* M).*



f) Implementación de los niveles de dosificación

Una vez ubicada las unidades experimentales y que transcurra 15 días después del trasplante se procedió a la aplicación foliar del silicio: Nivel 1 (N1) 2.5 g. silicio/; Nivel 2 (N2) 5 g. silicio/ l; Nivel 3 (N3) 10g. silicio/l; Nivel 4 (N4) Testigo 0 g. silicio/l. Con frecuencia de 15 días hasta la floración y se procederá a medir las variables como rendimiento y peso del fruto.

Figura 21

Implementación de niveles de dosificación.



g) Control de fitosanitarios

Los controles fitosanitarios se realizaron de acuerdo a la presencia de síntomas expresados por las plagas y enfermedades, entre las cuales se monitorearon plagas como mosca blanca, pulgones y trips se observó si existe cualquier otra plaga y enfermedad que presenta el tomate riñón y se determinará el control fitosanitario más adecuados para proteger al cultivo.

Figura 22

Control fitosanitario en el experimento.



h) Cosecha

Se realizó la cosecha evaluando el peso de fruto y número de frutos por planta para determinar la productividad del cultivo bajo las aplicaciones del silicio a diferentes dosis (Tayabi y Azizi, 1980).

Figura 23

Cosecha de los diferentes niveles.



i) Análisis foliar

Se recolectó aproximadamente 500g por tratamiento de la tercera o cuarta hoja desde la punta, estas muestras se recolectaron en bolsas de papel limpias y deben ser llevados a laboratorio idealmente aisladas de la temperatura ambiente para no alterar las muestras. Se identificó las muestras de forma clara, con nombre del encargado, dirección, especie muestreada, variedad, edad del cultivo, fertilizante utilizados y más información para completar la información necesaria. Se realizó dos análisis foliares a los 15 días antes de la primera aplicación de silicio y al final del ensayo (RAIF, 2012).

Figura 24

Recolección de muestras foliares.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se describe los resultados de cada una de las variables obtenidas en la investigación llevada a cabo en Santa Isabel cantón Cayambe.

4.1. Altura de la planta

El resultado del análisis de varianza para la variable altura de planta en el cultivo de tomate riñón variedad fortaleza presenta que existe interacción entre el factor tiempo que son días después del trasplante (ddt) y las dosis de silicio (SiO_2) ($F= 2.29$; $GL=6.238$; $p=0.0365$) (Tabla 5).

Tabla 4

Análisis de varianza para la variable altura de la planta en tomate riñón variedad fortaleza bajo diferentes dosis de silicio.

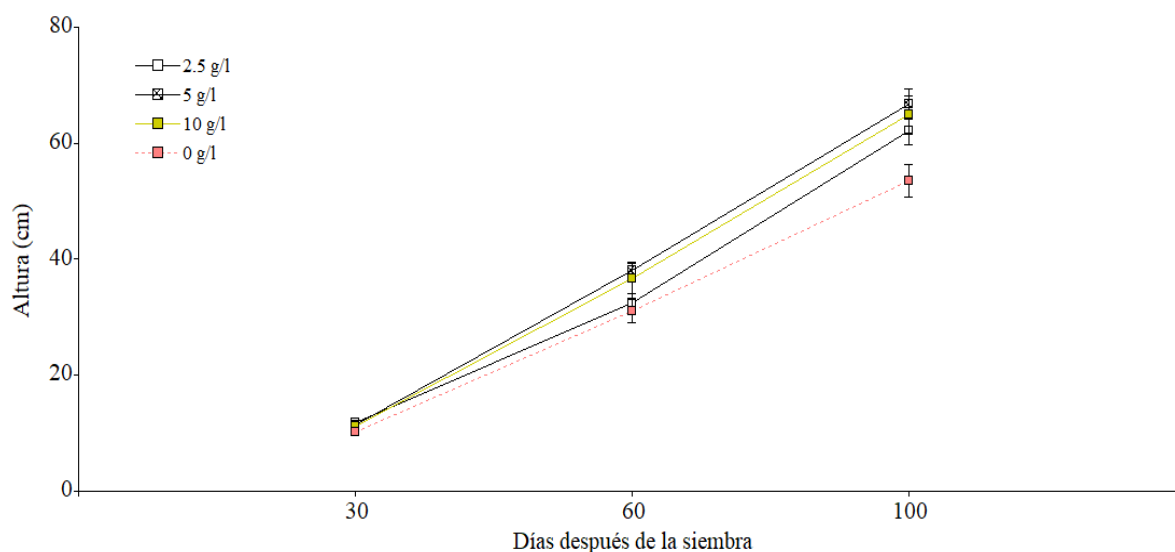
Fuentes de variación	Grados de libertad Fv	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Días después de la siembra	2	238	723.72	<0.0001
Dosis	3	238	8.38	<0.0001
Días después de la siembra: Dosis	6	238	2.29	<0.036

Los resultados que se muestran, las pruebas de medias LDS Fisher al 5%, con la aplicación foliar de dosis de silicio de 2.5 g l^{-1} , 5 g l^{-1} , 10 g l^{-1} y 0 g l^{-1} , en el tiempo de 30, 60 y 100 días después de la siembra.

A los 30 ddt con una altura aproximadamente de 10 cm existe una similitud entre los niveles en la cual presenta el desarrollo y crecimiento vegetativo y así va de forma creciente según los próximos días después de la siembra, a los 60 días después de la siembra es donde inicia la etapa de floración y cuajado con una altura hasta los 38 cm, mientras que a los 100 días después de la siembra presenta una altura hasta los 66 cm en N1, N2 y N3 en comparación del N4 (0 g l^{-1}) con una altura de 53 cm en la etapa de floración y desarrollo de frutos.

Figura 25

Altura de la planta tomate riñón después de la siembra bajo diferentes dosis de silicio.



Peñaloza (2021) menciona que con la aplicación de silicio al 98% a los 42 días después del trasplante el crecimiento del tomate riñón fue 9.33cm de altura con dosis de 10 g l⁻¹ mientras que en la presente investigación presenta una altura de 11.28 cm a los 30 ddt. De tal modo se demuestra que el uso del silicio es eficiente para el crecimiento estructural de la planta.

Así mismo Peña (2018) en su investigación que realizó en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica) donde evaluó la altura de planta en cm a los 21, 35, 49, 63 y 77 d.d.t. con la aplicación foliar de diatomitas, se apreció el tratamiento que mostró mayor altura de planta fue a 120 g l⁻¹ con 62.66 cm a los 77 d.d.t. por otro lado la investigación presente demuestra que a los 100 d.d.t. con dosis de 10 g/l alcanzó una altura de 66.80 cm en el tomate riñón, demostrando que el efecto del silicio favorece al desarrollo vegetativo expresado en una mayor altura.

La diatomita presenta en su composición nutriente que al ser aplicados de manera foliar suscitan una mayor tasa fotosintética que permite mayor crecimiento de las plantas (Baglione, 2011). El ácido monosilícico Si(OH)₄ fue utilizada como fuente de silicio mencionó Borda, Barón y Gómez (2007) con aplicación foliar de dosis 0, 50, 100, 150 y 200 mg. kg⁻¹ en la cual presentó mayor eficiencia en altura con la dosis de 100 y 50 mg kg⁻¹ de ácido monosilícico a partir de los 45 días.

Los resultados que se obtiene a los 60 días después de la siembra la altura de la planta que alcanzaron los niveles que se aplicaron concentraciones de silicio de 2.5, 5 y 10 g l⁻¹

respectivamente al tratamiento control en el cual no se aplicó silicio con una diferencia de 13 cm, por lo tanto, el silicio tiene un efecto positivo en cuanto al crecimiento de la planta.

La eficiencia del silicio se observa en diferentes cultivos como en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L) con la aplicación foliar de silicio siendo las dosis de 0.21 y 0.27 g de SiO₂ planta registró la mayor longitud de 1.88 cm de guías por ende en la investigación presente posee resultados eficientes para el desarrollo de la planta de tomate riñón con una dosis de 10 g l⁻¹ con altura de 66.88 cm, se puede deducir que al ser diferentes familias poseen un crecimiento vegetativo diferente, sin embargo el efecto del silicio obtuvo resultados positivos.

4.2. Número de flores por racimo

Los resultados para la variable número de flores por racimo se encuentran detallados en la tabla, donde se evidencia diferencias estadísticas (F=12.80; gl= 3, 78; p=<0.0001), lo que infiere que los tratamientos tuvieron influencia en la floración de la planta como se muestra en tabla 6.

Tabla 5

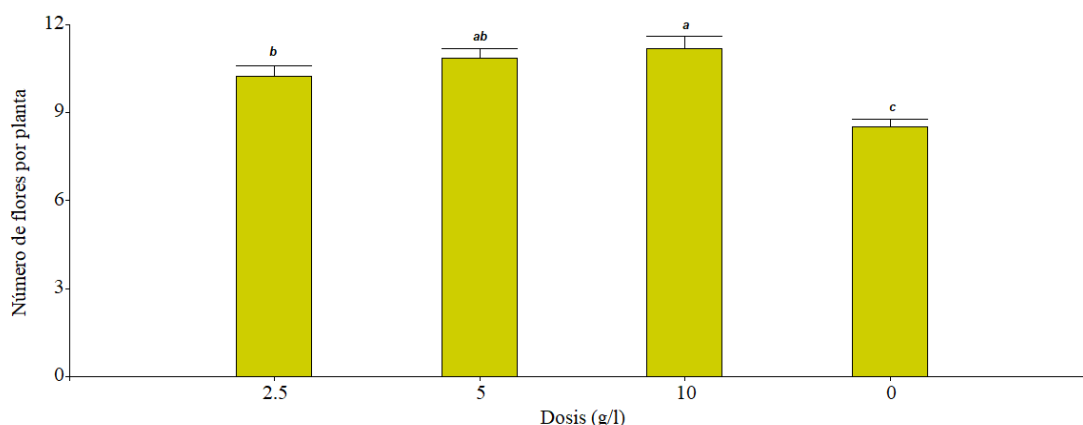
Análisis de varianza para la variable número de flores por planta con respecto a la aplicación de dosis de silicio.

Fuentes de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Dosis	3	78	12.80	<0.0001

En la figura 25, se muestran los resultados de la prueba de LSD Fisher al 5%, donde se aprecian las diferencias de las medias y se evidencia que la dosis de 10 g l⁻¹ obtuvo mayor número de flores a comparación con el testigo (0 g l⁻¹). Por consiguiente, la dosis de 2.5 g l⁻¹ y 5 g l⁻¹ presentaron similitud. El promedio que alcanzó el tratamiento 10g l⁻¹ es 11.19, el cual representa diferencias de hasta 2.6% con el resultado más bajo.

Figura 26

Numero de flores por planta con respecto a la aplicación de dosis de silicio.



La aplicación del silicio presentó un efecto positivo en número de flores por planta en el cultivo de ají (*Capsicum frutescens* L.) que corresponde a una dosis de 3 l ha⁻¹, la aplicación de silicio influencia en la concentración de fósforo y potasio en el suelo, presentó diferencias estadísticas en los entre los niveles de silicio aplicados que corresponde al 100 kg de fruto/kg de materia seca de Si acumulado (Legarda , 2019).

Por otro lado, se evaluaron el efecto de silicio en el crecimiento de plántulas de tomate F₃, al aplicar 50 mg l⁻¹ de agua donde evaluaron variables como; verdor, altura, área foliar y peso fresco, deduciendo que la dosis fue eficaz para mejorar la calidad de plántulas indicando un ligero incremento de verdor de plántulas, mayor altura y el aumento de peso de materia seca de la raíz aspecto que indican eficiencia fotosintética de aquellas plantas, un mayor crecimiento de las mismas y mayor resistencia mecánica de las células, así mismo presentó un efecto positivo en la aplicación foliar de silicio en plantas de tomate riñón con una dosis de 10 g l⁻¹ obteniendo resultados efectivos (Velázquez y Cázarez, 2018).

En la presente investigación se demostró que el silicio efectivamente tiene un papel importante en el crecimiento de las plantas, siendo que con las dosis en mayor cantidad se obtiene mejores resultados en algunas variables que se evaluaron, como es el número de flores por racimo son similares numéricamente con las dosis de 10 g l⁻¹, mientras que en la investigación realizada por en el cultivo de pepino demostró que el tratamiento 0.27 g de SiO₂ por planta demostró mayor número de flores por mata con 24.9 flores, superando a los demás tratamientos en estudio (Jiménez, 2022).

4.3. Incidencia de pulgón

Los resultados del análisis de varianza de datos no paramétricos de la prueba de Friedman en el porcentaje de incidencia de pulgón indican que si existe interacción entre semanas de aplicación y dosis de silicio ($p < 0.0001$), el monitoreo se realizó cada 15 días durante el desarrollo de la investigación (Tabla 7).

Tabla 6

Análisis de varianza para datos no paramétricos de la prueba de Friedman's test para el porcentaje de incidencia de pulgón en el cultivo de tomate riñón.

T ²	P
15.86	<0.0001

Como se muestra en la Figura 26 al establecer la prueba de Friedman al 5% se puede observar variaciones del porcentaje de incidencia de pulgón en tomate riñón variedad fortaleza en 21 semanas, con las siguientes dosis evaluadas d1 (2.5 g l⁻¹), d2 (5 g l⁻¹),

d3 (10 g l⁻¹), y d4 (0 g l⁻¹) con la aplicación de silicio cada 8 días.

Se puede observar que a partir de la semana 3 después de la siembra en la cual se estableció la aplicación foliar de SiO₂ al 98%, se evidenció que hubo picos altos y bajos en cuanto al porcentaje de incidencia del pulgón, al iniciar la investigación en la semana 3 muestran que el d2 presenta el 33.33 % con respecto a d4 de 66.66%, el d1 y d3 presentan similitud en cuanto al porcentaje de incidencia del pulgón en tomate riñón.

En la semana 5 se obtuvieron valores de 28.57, 19.04 y 57.14 en % de incidencia de pulgón en las siguientes dosis, d2 (5 g l⁻¹), d3 (10 g l⁻¹) y d4 (0 g l⁻¹) respectivamente, presentando un descenso de 4.76%. Además, se puede mencionar que el valor 42.85% perteneciente a la dosis, (2.5 g l⁻¹) presenta un crecimiento de 14.28% con respecto a la semana 3.

Cabe destacar que la planta de tomate riñón variedad fortaleza sigue su desarrollo y crecimiento vegetativo, el porcentaje de incidencia de pulgón presenta una disminución bajo la aplicación de silicio. En la semana 7 se evidenció la reducción al 0 % de incidencia del pulgón con la d3 (10 g l⁻¹). Así mismo, con las dosis d1 y d2 presentan declinación en el % de incidencia de 14.28 y 4.76 respectivamente. También el testigo (sin aplicación de silicio) presentó una reducción de 47.61 %.

De la misma manera a la semana 9 presenta un descenso con las dosis d1 y d2 siendo del 4.76 y 0 % de incidencia de pulgón con la aplicación foliar de silicio. Mientras que, en la dosis d3 no mostraron diferencias significativas manteniéndose en el % de incidencia del pulgón de 0%, incluso el testigo (sin aplicación foliar de silicio) presento una reducción del 9.52%.

En la figura 26 se observa que en la semana 11 presenta disminución del porcentaje de incidencia de pulgón con la aplicación foliar de SiO₂ con la d1 al 0 % de incidencia, mientras que con la d2 y d3 no mostraron diferencias significativas manteniéndose al 0 % de incidencia del pulgón. De tal manera, el testigo sin aplicación foliar de SiO₂ con 9.52% de incidencia del pulgón presentó una reducción del 28.57%.

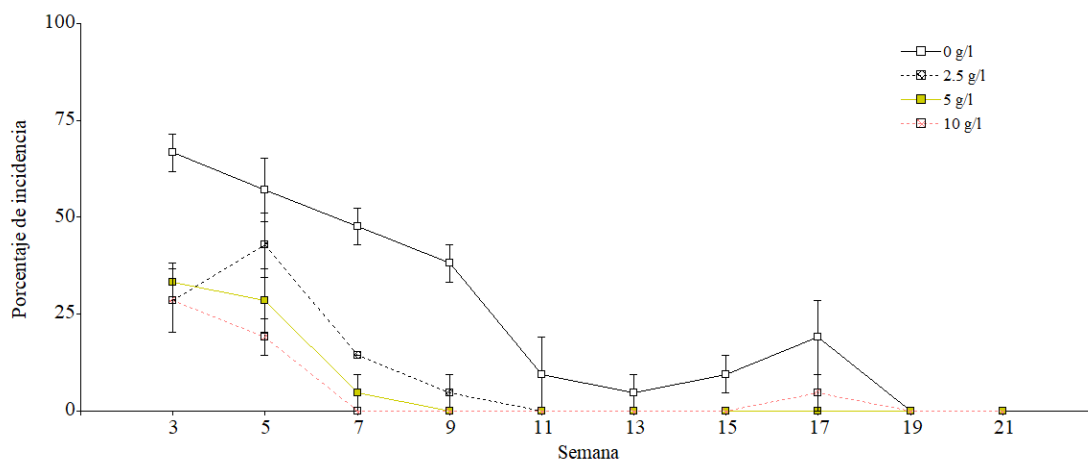
Por otro lado, en la semana 13 con la aplicación foliar de SiO₂ con d1, d2 y d3 no mostraron diferencias significativas manteniéndose al 0 % de incidencia del pulgón en la etapa de fructificación del tomate riñón variedad fortaleza. Así mismo, el testigo sin la aplicación foliar de SiO₂ presento una declinación de 4.76 % de incidencia.

En la semana 15 y 17 con la aplicación foliar de SiO₂ con d1, d2 y d3 no mostraron diferencias significativas manteniéndose en 0 % de incidencia de pulgón en el tomate riñón en la etapa de fructificación, Por otro lado, el testigo sin la aplicación foliar del SiO₂ al 98% en la semana 15 y 17 presentó un aumento de 9.52 y 19.05 respectivamente en incidencia de pulgón.

Como se muestra en la figura 26 las semanas 19 y 21 con las d1, d2, d3 con la aplicación foliar de SiO₂ y testigo (sin aplicación foliar de SiO₂) no mostraron diferencias significativas manteniéndose en 0 % de incidencia del pulgón en el tomate riñón. A partir de la semana 15,17,19 y 21 presentó una declinación del porcentaje de incidencia de pulgón en todos los tratamientos correspondientes, se podría mencionar que la reducción de incidencia del pulgón es por la falta de masa vegetal en el tomate riñón.

Figura 27

Porcentaje de incidencia de pulgón bajo la aplicación de silicio.



Según la investigación realizada por semana presentó resultados del número de pulgones por planta a los 21, 35, 49, 63 y 77 d.d.t. con aplicación foliar de diatomita en el control de pulgón (*Brevicoryne brassicae*) en el cultivo de brócoli con un promedio de 1.9 a los 21 d.d.t. con dosis de 20 g l⁻¹ donde se hizo un control total de la plaga (Peña, 2018). Por otro lado, el estudio presente demuestra que existe una declinación (figura 26) en el porcentaje de incidencia del pulgón debido que el crecimiento vegetativo es menor conforme a los días de su desarrollo vegetal.

Bajo el control con el silicio el pulgón pierde preferencia por las plantas de trigo fertilizadas con silicato de sodio que posee en 67% de silicio (Carvalho, Moraes y Carvalho, 1999). La preferencia y el número de ninfas producidas por el insecto verde también se vieron afectados por la fertilización de silicato de sodio en plantas de sorgo (Carvalho, 1990). Además, Gossin (2018) demostró que las plantas de maíz fertilizadas con silicato de sodio no fueron predilectas por el pulgón de la hoja de maíz en comparación con el control sin silicio.

Colimba y Morales (2011) mencionó que la tasa de crecimiento y reproducción de los áfidos dependen de la interacción de factores bióticos y abióticos como es la humedad, lluvia, temperatura siendo los más importante para el hábitat de los pulgones la temperatura y humedad.

En el estudio realizado por Peña (2018) con la aplicación de diatomitas con dosis de

20 g l⁻¹ observo la presencia de pulgones en las plantas de brócoli a partir de los 35 días después del trasplante posteriormente a los 42 ddt con la misma dosis realizó un control total de la plaga, no pudiéndose notar presencia de pulgones por lo que se puede afirmar que mientras las concentraciones superiores a 40 g l⁻¹ de diatomitas en el cultivo de brócoli controla el ataque de pulgón.

En la investigación realizada por Raya y Aguirre (2012) en la aplicación foliar de diatomita en el control de pulgón (*Brevicoryne brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica) con cinco tratamientos de dosis de 0, 20, 40, 80 y 120 gramos de diatomita por litro de agua siendo el tratamiento más efectivo fue el T1 (20 g l⁻¹) que logró el control del pulgón con menor cantidad de diatomitas.

4.3. Incidencia Mosca Blanca

El resultado del análisis de varianza muestra que la variable porcentaje de incidencia de mosca blanca indican que si existe interacción entre el tiempo (semana) y las aplicaciones foliares de silicio (F=1.52; gl= 27,78; p<0.0475) (Tabla 8).

Tabla 7

Análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de mosca blanca después de la siembra de tomate riñón variedad fortaleza.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Días después de la siembra	9	78	15.90	<0.0001
Dosis	3	78	134.77	<0.0001
Semana: Dosis	27	78	1.52	<0.0475

Los resultados de las pruebas de medias Fisher al 5% que se muestran en la Figura 27 para la variable porcentaje de incidencia en mosca blanca en el cultivo de tomate riñón variedad fortaleza, con la aplicación foliar de 4 dosis de silicio d1, d2, d3 y d4 (testigo) en las semanas 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 y 21.

A los 15 días después de la siembra del tomate riñón variedad fortaleza se realizó la aplicación foliar de las dosis de silicio que se muestra en la figura en la semana 3 con las d2 y d3 no presenta diferencias significativas en el porcentaje de incidencia de moscas blancas,

mientras que en la d1 presenta 19.04 % de incidencia de mosca blanca y el testigo sin aplicación foliar del silicio presenta la incidencia de 47.61 %.

Al realizar la evaluación de la incidencia de mosca blanca en la semana 5 indica un porcentaje de incidencia de 33.33 % en la d2 y d3 no presentan diferencias significativas, por otro lado, la d1 presento 47.61% de incidencia. Donde cabe mencionar que el alto porcentaje de incidencia se debe al alto porcentaje de mosca blanca presentes en el cultivo, las cuales podrían ser las condiciones ambientales que son ideales para sobrevivencia de la plaga, a la resistencia que se adquieren a los productos químicos.

Por otro lado, en la semana 7 con las d1 y d2 presentó un incremento de 42.85 y 47.61 % de incidencia de mosca blanca, mientras que la d3 se observó una reducción de incidencia en 14.28 % con la aplicación foliar de silicio. El testigo (sin aplicación foliar de silicio) con 76.28 % de incidencia de mosca blanca en el tomate riñón.

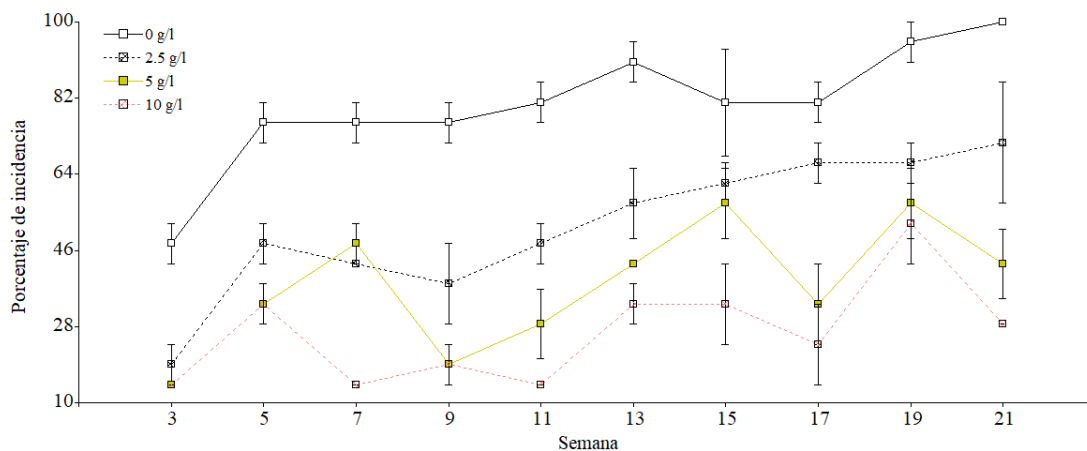
En la semana 15 con la aplicación foliar de silicio con la d1, d2 y d3 presentó 61.90, 57.14 y 33.35 porcentaje de incidencia de mosca blanca respectivamente, con un incremento del 20 % con respecto a la semana 7. A diferencia del testigo sin aplicación foliar del silicio con 80.95 % de incidencia de la mosca blanca que incremento más del 5%.

Mientras en la semana 17 y 19 en la d1 (2.5 g l^{-1}) de silicio no presentó diferencias significativas mostrando como resultado de % de incidencia de 66.66, por otro lado, al aplicar (5 g l^{-1}) de silicio se obtuvo una reducción del 23 % en la semana 17 actuando el silicio de manera efectiva en el control de plagas.

Sin embargo, en la semana 21 en la etapa de cosecha del tomate riñón el porcentaje de incidencia de mosca blanca con la aplicación foliar de silicio con la d1, d2 y d3 presentó un 71.42, 42.28 y 28.57 % respectivamente. El resultado con más relevancia fue d3 con 28.57 % de incidencia en mosca blanca donde se redujo el 23 %, considerando que la planta de tomate riñón llego a su pico de producción y disminuye el follaje en la parte baja de la planta ocasionando la reducción de incidencia de mosca blanca en el cultivo.

Figura 28

Porcentaje de incidencia de la mosca blanca bajo la aplicación de diferentes dosis de silicio.



En la (Fig. 27) presenta el porcentaje de incidencia de mosca blanca que la dosis 10 g l⁻¹ es inferior en cuanto a los otros tratamientos mientras que, en la investigación realizada por Castellanos, Prado y Silva, (2015) con aplicación de SiO₂ a una dosis de 1gm² al suelo con dos aplicaciones de 0.66 g l⁻¹ de manera foliar en el cultivo de arroz. En el porcentaje de incidencia de plagas y enfermedades no presentaron diferencias significativas ya que presentó valores muy bajos y similares en cada tratamiento con un 11.01%. Por otro lado, en la investigación presente, se obtuvo diferencia numérica con una reducción del 4.76% con la d3, en el ataque de la plaga en tomate riñón.

Según Peña (2018) en su investigación demuestra que, con la aplicación de SiO₂ a una dosis de 40 g l⁻¹ en el cultivo de tomate a campo abierto, presentó efectos positivos al reducir la incidencia de mosca blanca un 11.62%. Al igual que Salas, Quiroz y Puelles (2016) en el cultivo de arroz con la aplicación de silicio a una dosis de 20gm², observó que hubo una reducción del 41.1% de incidencia de la Sogata (*Tagosodes orizicolus*).

4.4. Severidad de mosca blanca

El resultado del análisis de varianza se muestra en la tabla 9 la variable de porcentaje de severidad de mosca blanca que indican que si existe interacción entre el tiempo después del trasplante y las aplicaciones foliares de silicio (F=1.30; gl=27,78; p<0.0443).

Tabla 8

Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de mosca blanca con respecto a los días después del trasplante semana.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Semana	9	78	56.87	<0.0001
Dosis	3	78	55.70	<0.0001
Semana: Dosis	27	78	1.30	<0.0443

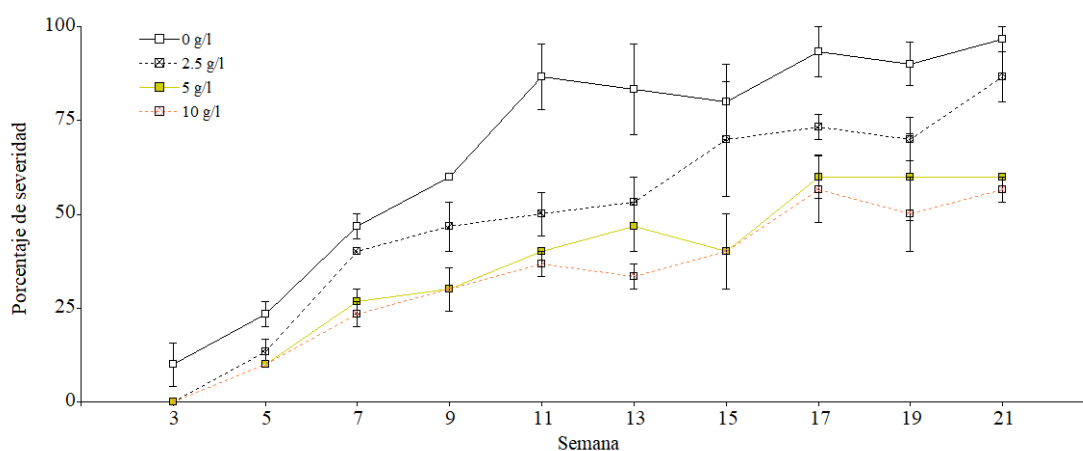
Los resultados de las pruebas Fisher al 5% muestran en la figura 28 para la variable de porcentaje de severidad en mosca blanca en el cultivo de tomate riñón variedad fortaleza, con la aplicación foliar de 3 dosis de silicio d1, d2, d3 y el testigo sin aplicación foliar de silicio.

En la figura 14 se muestra el porcentaje de severidad de mosca blanca con la diferentes dosis de silicio en la semana 3 a los 15 ddt muestran que son similares estadísticamente similares en cuanto la d1, d2y d3 manteniéndose a 0 % de severidad, en cambio el testigo sin aplicación foliar de silicio con 10% de severidad en mosca blanca.

Posteriormente el porcentaje de severidad de mosca blanca presentó un incremento más del 20% en las diferentes etapas fenológicas del tomate riñón variedad fortaleza con la aplicación del silicio. Así mismo, el testigo sin aplicación de foliar del silicio también incremento más del 25 %.

Figura 29

Porcentaje de severidad de mosca blanca bajo la aplicación de silicio



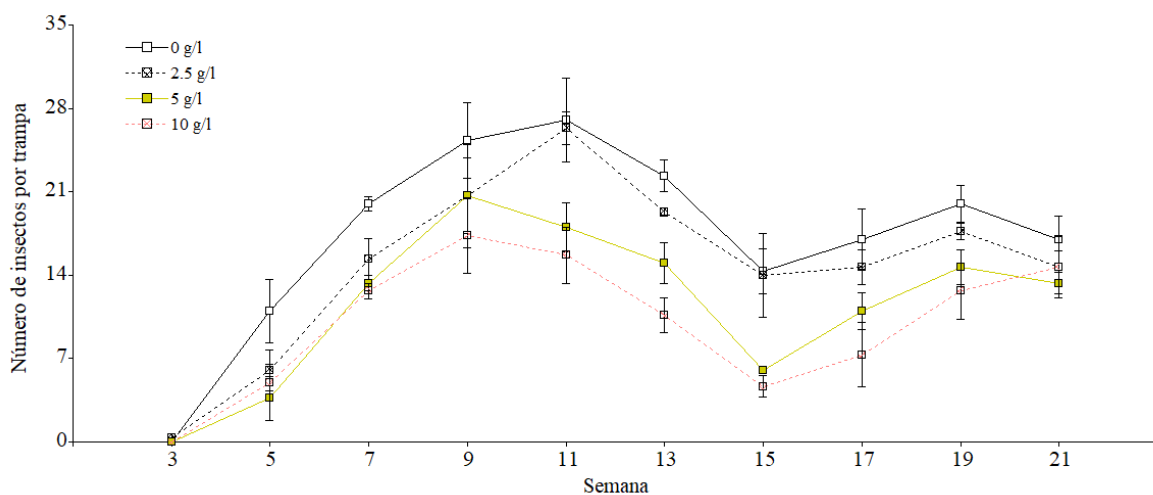
Calderón (2020) en su investigación demostró que con la dosis de silicio d3(10 g l⁻¹) fue el 13 % de severidad de *B. cockerelli* (Sulc) siendo el menor porcentaje afirmando la capacidad de silicio de acumularse en la cutícula de los tejidos y crea una barrera mecánica ante el ataque de la plaga. Mientras que Sun (2010) observó el porcentaje de severidad de *Pyricularia grisea* del 33 % mediante la aplicación del silicio en plantas de arroz por ende el silicio brinda protección parcial al ataque de plagas y enfermedades.

4.5. Población de mosca blanca

La variable de población de mosca blanca por trampas se muestra en la tabla, los resultados del análisis de varianza indican que si existe interacción entre el tiempo (semanas) y las aplicaciones foliares de silicio (F=1.52; gl=27,77; p<0.0441).

Figura 30

Población de trips bajo la aplicación de diferentes dosis de silicio.



Los resultados de las pruebas Fisher al 5% muestran en la figura para la variable de población de mosca blanca en trampas a partir de la semana 3 con la d1 (2.5 g l⁻¹) se encontró 1 adulto de mosca blanca, posteriormente en la semana 5 se encontró de 3 a 6 adultas en la d1, d2 y d3 mientras en la d0 (testigo) se contabilizó 11 adultas.

Posteriormente, en la semana 7 la d2 y d3 son similares numéricamente entre 13 y 12 adultos en trampas, mientras que la d2 presentó 16 y el testigo se incrementó a 20 adultos en trampa de mosca blanca. A partir de la semana 9 con la aplicación foliar de silicio en todas las dosis se observó un incremento 4 mosca blancas adultos, Así mismo, a la semana 9 el valor numérico del incremento es de 6 insectos por trampa.

En la semana 11 se observó que la d1 presento un numero alto de insectos por trampa de 26, mientes que en la d2 y d3 presentó una reducción de insectos trampa mediante la aplicación de silicio mostrando su efectividad frente al ataque de plagas. Sin embargo, en las trampas de d0 testigo presentó 27 insectos trampa.

Por otro lado, en la semana 13 demuestra una declinación en todas las aplicaciones de silicio disminuyendo 5 insectos planta aproximadamente, de la misma forma en el testigo disminuye el número de insectos trampa. Las labores culturales son de importancia en la planta de tomate riñón para evitar algunas enfermedades y ataque de plagas, una de labores que se realizó es la recolección de hojas secas del tomate. Por esa misma razón, se deduce la declinación de número de insectos en trampas de 14, 6 y 4 de las aplicaciones de d1, d2 y d3 respectivamente en la semana 15.

Posteriormente en la semana 17 y 19 se incrementa el número de insectos en trampas de 17 ,14 y 11 incrementando hasta 6 insectos. Por otro lado, en la semana 21 se observó una declinación de las aplicaciones de silicio hasta 13 insectos planta, Así mismo, el testigo presentó el incremento de plagas en tomate riñón de 20 insectos en trampa.

La presencia de mosca blanca es más común en la planta de tomate riñón observó Peña (2018) el efecto de la aplicación de productos a base de silicio sobre el ataque de plagas como la mosca blanca varió desde 3.8 a 4.2 individuos planta con silicio al 68 %. Por lo tanto, en la presente investigación es de 17.14 individuos/trampa bajo la aplicación del silicio a a 10 g l⁻¹ de agua.

De acuaerdo con Castellanoser et al (2015) el efecto benéfico del silicio sobre la resistencia de los cultivos a los insectos plaga ha sido demostrado en especies como arroz, caña de azúcar, maíz y otras gramineas mas, sin embargo la inormacion es escasa en varios cultivos solanaceas, Cucurbitacea.

Los resultados de la evaluación del número de larvas por planta a los 21, 35, 49,63 y 77 d.d.t. Donde se observó que bajo las aplicaciones de silicio presentaron valores superiores a 0.5 larvas /plantas que corresponden a valores por encima del umbral de acción. Según los umbrales de acción el número de larvas/ plantas a considerar depende del desarrollo del cultivo, se puede tolerar hasta 0.5 larvas/planta (Borda, Barón , Gómez 2007).

4.6. Población de trips adultas

El resultado del análisis de varianza se muestra en la tabla 9 la población de trips adultas mediante el monitoreo indirecto en la que indican que existe interacción entre el tiempo después del trasplante y las aplicaciones foliares del silicio ($F=2.49$; $gl=27,77$; $p<0.0010$).

Tabla 9

Análisis de varianza para la población de trips mediante monitoreo indirecto.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Semana	9	77	15.88	<0.0001
Dosis	3	77	91.51	<0.0001
Semana: Dosis	27	77	2.49	<0.0010

Los resultados de la prueba de Fisher al 5% muestran en la figura 30 para la variable de población de trips en el cultivo de tomate riñón con aplicación foliar de 3 dosis de silicio y testigo sin aplicación foliar del mismo.

En la figura 30 la población de trips adultas con la aplicación foliar de diferentes dosis de silicio muestran en la semana 3 después del trasplante se observan que son similares estadísticamente en las dosis de silicio debido que no presenta ningún trips adulto mediante el monitoreo indirecto.

Además, en las semanas 5,7 y 9 presenta un aumento de insecto plaga como (*F. occidentalis*) en las d2 y d3 con un incremento de 2 insectos respectivamente, mientras que la d4 con 10 g l^{-1} en las semanas antes mencionadas existe similitud. Por otro lado, la d4 sin aplicación foliar de silicio presenta un incremento de 3 insectos respectivamente.

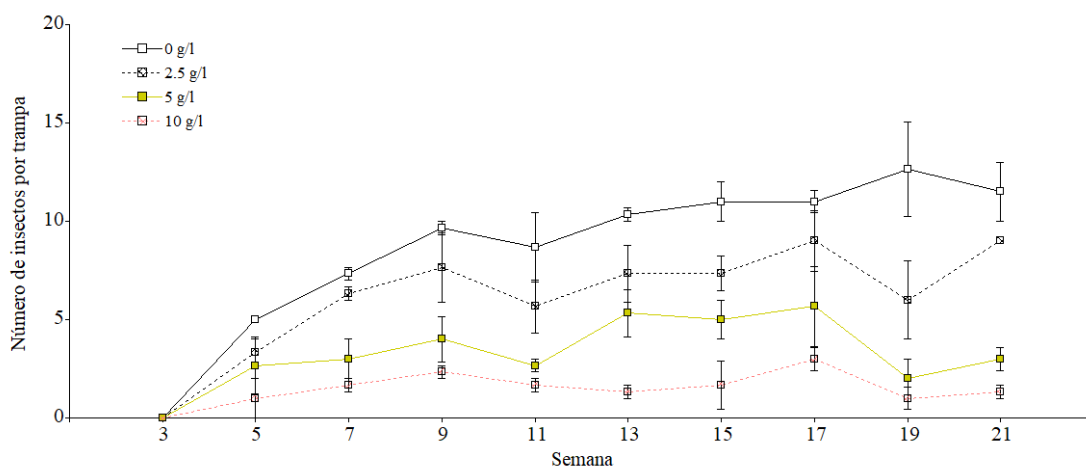
En la semana 11 las plantas presentan masa vegetal y comienza la floración, el trips adultos es atraído por el color de las flores de tomate riñón, por esta razón existe un incremento en el monitoreo indirecto, con las d1, d2 y d3 con 5,2 y 1 insecto, mientras que la d4 sin aplicación foliar de silicio presentó 8 (*F. occidentalis*).

Finalmente, en la semana 21 con el monitoreo indirecto la d1 y 2 presentaron 9 y 3 insectos respectivamente, en las trampas amarillas también se puede manifestar que se observó ninfas de trips. La d3 con 10 g l^{-1} presentó la menor población de trips adultos

mediante el monitoreo indirecto con 1, siendo la mejor dosis de silicio capaz de controlar el insecto plaga en tomate riñón variedad fortaleza.

Figura 31

Población del trips adultos mediante el monitoreo indirecto.



4.7. Rendimiento

Los resultados de análisis de varianza de la variable rendimiento $t\ ha^{-1}$ muestra existe diferencias significativas entre las aplicaciones foliares de silicio en el cultivo de tomate riñón ($F=7.41; 3, 6; p<0.0193$) (Tabla 10)

Tabla 10 .

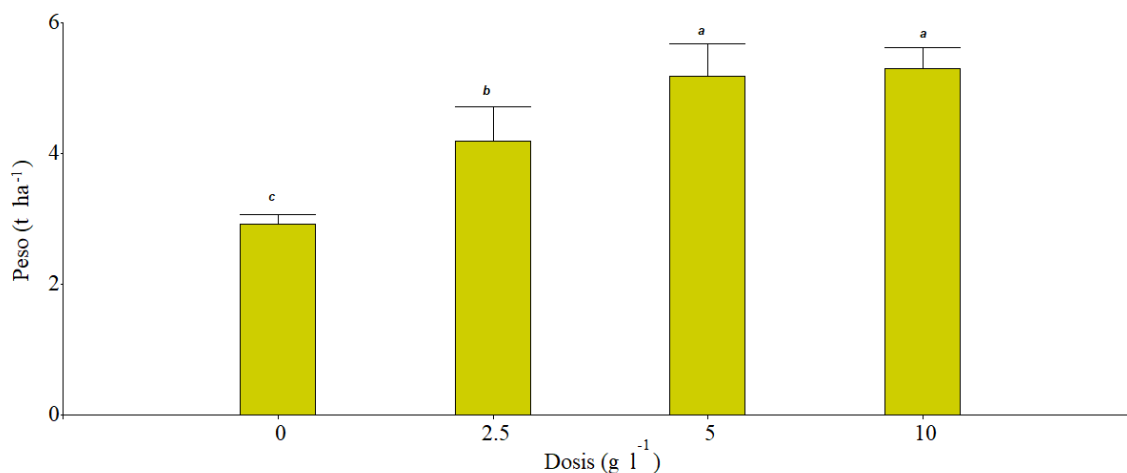
Peso del tomate riñón con respecto a los niveles de dosificación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Dosis	3	6	7.41	<0.0193

En la figura 32 muestra los resultados de las pruebas de medias de Fisher 5% indican que con aplicación foliar de silicio con la dosis d3 ($10\ g\ l^{-1}$) presento el mayor rendimiento en la producción de tomate riñón con $5.30\ t\ ha^{-1}$, logrando incrementar más del 50% con respecto al testigo, seguido con la dosis d2 ($5\ g\ l^{-1}$) y d1 ($2.5\ g\ l^{-1}$) que presentó 5.18 y $4.18\ t\ ha^{-1}$ respectivamente.

Figura 32.

Rendimiento del tomate riñón



En el estudio de Ouellette et. Al (2017) al aplicar silicio a 1.7 mg l⁻¹ en varios cultivares de fresa que obtuvo un rendimiento de 18.5 t ha⁻¹. En cuanto a la investigación presente con aplicación de silicio a 2.5 g l⁻¹ en tomate riñón no supera los resultados.

Romero (2018) en su investigación aplicó una dosis de 3.5 g l⁻¹ de silicio en el cultivo de ajo y obtuvo 3.5 t ha⁻¹, por el contrario, sin aplicación del silicio obtuvo un rendimiento de 2.3 t ha⁻¹. En cambio, este trabajo de investigación en el cultivo de tomate riñón con la dosis de 2.5 g l⁻¹ presentó una diferencia de 2.39 t ha⁻¹ con respecto al testigo. Así mismo, Naranjo y Solorzano (2018) presentaron su investigación donde utilizaron 13.5 g l⁻¹ de silicio en el cultivo de arroz y se obtuvo 4.3 t ha⁻¹ y con el testigo de 2.9 t ha⁻¹. Mientras en la presente investigación con la dosis de 10 g l⁻¹ de silicio presentó un rendimiento de 5.30 t ha⁻¹ y el testigo de 2.91 t ha⁻¹.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- La aplicación de silicio en el cultivo de tomate riñón influyó en la reducción de las plagas como mosca blanca y pulgón, en particular la dosis de 10 g l⁻¹ de silicio se obtuvo una reducción hasta el 50 %.
- La evaluación de la incidencia y severidad a la aplicación foliar del silicio causo diferencias significativas entre los tratamientos. En la semana 11 la dosis 10 g l⁻¹ tuvo una reducción del 14 % de incidencia en mosca blanca a comparación del testigo que tuvo un incremento de 75% de incidencia.
- La mayor productividad de tomate riñón fue en el tratamiento 10 g l⁻¹.

RECOMENDACIONES

- El silicio en el tomate riñón causó efecto positivo en la investigación, por ende, se recomienda evaluar diferentes dosis de silicio debido que la dosis 10 g l⁻¹ se evidencio un bajo porcentaje de incidencia en cuanto a las plagas mencionadas en la investigación.
- Además, se recomienda evaluar el silicio en otros cultivos que son de importancia alimentaria para el control de plagas debido que el silicio fue fundamental al ataque de los mismos.
- Así mismo, es recomendable el uso del silicio debido que evita la contaminación ambiental y daños hacia los agricultores que usan los plaguicidas frecuentemente.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, E. (2018). *Cultivo de tomate riñon (Lycopersicum esculentum)*. Centa. Recuperado de http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019.pdf
- Álvarez, M. (2015). Resistencia a insectos en tomate (*Solanum* spp.). *Culivos tropicales*, 36(2), 100-110. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n2/ctr15215.pdf>
- Baglione, L. (Septiembre 2011). Usos de la tierra diatomea. *Revista Técnicaña No. 27*, 31-32.
- Beriguete, P., y Barrantes, A. (2013). Efecto del silicio y plaguicidas en la fertilidad de suelo y rendimiento del arroz. *Agronomía Mesoamericana*, 365-378.
- Borda, Oswaldo; Barón, Fredy y Gómez, Manuel. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.) respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. *Agronomía Colombiana*, 273-279.
- Caguana, M., Quindi, B., y Robayo, E. (Diciembre de 2003). El cultivo de tomate riñon en invernadero (*Lycopersicum esculentum*). Quito, Ecuador: Abya Yala.
- Carrero, C., y Cedeño, L. (2019). Perdidas millonarias por virosis en tomate y pimenton. *Researchgate*, 32-57.
- Carvajal, V., Ramirez, S., Buendia, M., Guzman, G., y Senties, H. (Febrero de 2018). La aplicación foliar del silicio en variables de crecimiento de platas de tomates crecidas bajo estrés salino. *Researchgate*, 2-10.
- Carvalho, S., Moraes, J., y Carvalho, J. (1999). Efecto del silicio sobre la resistencia del sorgo (*Sorghum bicolor*) al pulgón verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). Brasil.
- Castellanos, L., Prado, R., & Silva, C. (2015). Silicon in the crop resistance to agricultural pest. Cuba: ISSN impreso: 0258-5936.
- Colimba, J., y Morales, A. (Junio de 2011). Efecto de la aplicación de silicio en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de árbol. Ibarra, Ecuador.
- Conlago, A. (2017). *Evaluación del comportamiento agronomico de cuatro variedades de tomate riñon (Solanum Lycopersicum L.) en sistema hidropónico en la Granja Yuyucocha*. Ibarra.
- Cordona, C., Rodríguez, I., y Bueno, J. (2005). *Guía y manejo de la Mosca Blanca (Trialeurodes vaporariorum) en habichuela y frijol*. Colombia: ISBN.

- Cuéllar, M., y Morales , F. (2006). *La mosca blanca Bemisia tabaci (Gennadius) como plaga y vectora de virus de frijol comun (Phaseolus vulgaris L.)*. Colombia.
- Escobar, H., y Lee, R. (2009). *Manual de producción de tomate bajo invernadero*. Colombia: ISBN 978-958-725-025-1.
- Estay, P. (2018). *Manejo integrado de plagas y enfermedades*. La Plata.
- Faraone, N., Evans, R., LeBlanc, J., y Hillier, N. (2020). *Aplicación al suelo y foliar de polvo de roca como agente de control natural de la araña roja de dos manchas en las plantas de tomate*.
- Flores, S. (2012). *Enfermedades e tomate riñon*. Peru: ISBN 978-987-679-168-7 .
- Furcal, P. (2012). *EFFECTO DEL SILICIO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO, EN LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ (Oryza sativa) var CR 4477*. Costa Rica.
- García, Y., Galindo, M., Murguía , J., y Landero, I. (Enero de 2018). *Silice complemented fertilization on tomato resistance to F. oxysporum Schtdl*. Veracruz, Mexico: ISSN 2215-3608.
- Infoagro System S.L . (2015). *El cultivo de tomate riñon (Solanum lycopersicum)*. Madrid, España.
- INIA. (2018). *Trips de California*. La Plata.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2017). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua*. Quito, Ecuador.
- Jiménez, A. (2022). *EFFECTO DEL SILICIO EN EL CULTIVO DEL PEPINO (Cucumis sativus L) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS*. Mocache.
- Korndorfer, A. (2014). *Inducción de resistencia por silicio en plantas de trigo para alate y morfos de Sitobion avenae (Hemiptera: Aphididae)*. *Entomología ambiental*, 949–956.
- Korndorfer, G., y Pereira, H. (2013). *Eficiencia agronomica de fertilizantes con contenido de silicio*. bogota: Agromil.
- Legarda , D. (2019). *Respuesta del cultivo de ají (Capsicum frutescens L.) tipo tabasco a la aplicación de Silicio*. Colombia.
- Lopez, A. (2017). *Diatomita*. Mexico.
- Lopez, L. (2017). *Manual técnico del cultivo de tomate (Solanum Lycopersicum)*. *Instituto Nacional de Innovacion y Transferencia en Tecnologia Agropecuaria*, 126 p.

- Lopez, L. (2017). Manual Técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) . Costa Rica: ISBN 978-9968-586-27-6.
- Luyckx, M., Hausman, J., Lutts, S., y Guerriero, G. (2017). *Silicon and plants:current knowledge and technological perspectives*.
- Manosalva, S. (2010). *Cartografía y caracterización de diatomitas*. Bogotá: Ingeominas.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (Junio de 2015). Plan de manejo integrado de enfermedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Guatemala. Guatemala.
- Miyake, Y., y Takahashi, E. (2007). *silicon in agriculture*. Japón: Elsevier Science.
- Najera, C., Urrestarazu, M., y Gallegos, V. (Marzo de 2016). Efecto del Silicio en cultivos de hortalizas. Guatemala.
- Peña, V. (2018). *Aplicación foliar de diatomita en el control de polilla de la col (*Plutella xylostella*) y pulgón (*Brevicoryne brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea L. var. Italica*) cv. "Rumba"*. Arequipa.
- Peñaloza , M. B. (2021). *Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de Tomate Riñón (*Solanum lycopersicum*) con aplicación de dióxido de silicio (SiO_2)*. Cevallos.
- Pereira, T., Da Silva, A., Yuen, D., Da Costa, D., y Barbosa, E. (2013). *Positive interference of silicon on water relations, nitrogen metabolism, and osmotic adjustment in two pepper ('*capsicum annum*') cultivars under water deficit*. Australian Journal of Crop Science.
- Piedrahita, O. (2008). El silicio como fertilizante. *Magnesio Eleconia*, 3-13.
- Polack, A. (2005). *Manejo integrado de Moscas Blancas*. Argentina.
- Price, M., y Walsh, K. (2005). *Rocks and minerals*. China: Aparna Sharma:ISBN 1-4053-0594-0.
- Quirós, S. (2016). *Guía para la producción de tomate en agricultura familiar*. Costa Rica: ISBN 978-9968-586-22-1.
- RAIF. (2012). *Protocolo de campo para el seguimiento del cultivo*. Europa.
- Raya , J., y Aguirre, C. (Enero-Junio de 2012). El Papel del Silicio en los Organismos y Ecosistemas. México.
- Rodríguez, A., y Ortiz , C. (2015). Efecto de aplicaciones de fuentes de silicio sobre incidencia de enfermedades y componentes de rendimientos de las variedades Fedearroz 174 y Victoria 10 - 39 . Villavicencio.

- Rosero, Y. (Febrero de 2018). Evaluación de la incidencia y severidad de nematodos y artrópodos plaga en el cultivo de rosa (*Ros spp.*) variedad Freedom en la finca Flor Azama en Cotacachi. Ibarra, Ecuador.
- Salas, C., Quiroz, C., y Puelles, J. (2016). Pulgón del tomate riñón. *INIA*, 3-7.
- Sandoval, A., y Lomas, L. (2007). Incidencia, Severidad rango de hospederos y especie del nematodo del rosario de la raíz en el cultivo de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum*) en el Valle del Chota. Ibarra, Ecuador.
- Sandoval, C., y Calispa, A. (Mayo de 2015). Buenas prácticas agrícolas para tomate riñón. Quito, Ecuador.
- Santiago, J., Mendoza, M., y Borrego, F. (1998). *Evaluación de Tomate (Lycopersicon esculentum, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos*. Panama.
- Tayabi, K., y Azizi, P. (1980). Influence of silica on rice yield and stem-borer (*Chilo suppressalis*) in Rasht/Iran. India.
- Torres, A. (2017). Manual del cultivo de tomate bajo invernadero. Santiago, Chile: ISSN 0717 - 4829.
- Valarezo, O., y Cañarte, E. (2008). *Diagnóstico de la Mosca Blanca en Ecuador*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Velázquez, T., y Cázarez, L. (2018). *Efecto del silicio en el crecimiento de plántulas y rendimiento de plantas de Tomate F3*. Colombia.
- Vélez, J. (2018). Dosis y épocas de aplicación de silicio sobre la incidencia de insectos plaga en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*). Guayaquil, Ecuador.
- Villavicencio, A., y Vásquez, W. (2008). Guía Técnica de los cultivos. *INIAP*, 5-25.
- Zargar, S., Mahajan, R., Bhat, J., Nazir, M., y Deshmukh, R. (2019). *Role of silicon in plant stress tolerance: opportunities to achieve a sustainable cropping system*.