

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO
DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum*) CON APLICACIÓN DE DIÓXIDO
DE SILICIO (SiO₂)**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

María Belén Peñaloza Lozada

TUTOR:

Ing. Ph. D. Marco Pérez

CEVALLOS, 2021

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL
CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum*) CON
APLICACIÓN DE DIÓXIDO DE SILICIO (SiO₂)**

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

.....

Dr. Marco Pérez

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Fecha



Firmado electrónicamente por:
**MANOLO SEBASTIAN
MUNOZ ESPINOZA**

06/07/21

.....

Ing. Mg. Manolo Muñoz

PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**RITA CUMANDA
SANTANA MAYORGA**

06/07/21

.....

Ing. Mg. Rita Santana

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**DAVID ANIBAL
GUERRERO CANDO**

06/07/21

.....

Ing. Mg. David Guerrero

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **MARÍA BELÉN PEÑALOZA LOZADA**, portador de cédula de ciudadanía número: 1804896528, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum*) CON APLICACIÓN DE DIÓXIDO DE SILICIO (SiO₂)**” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas



MARÍA BELÉN PEÑALOZA LOZADA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum*) CON APLICACIÓN DE DIÓXIDO DE SILICIO (SiO₂)**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



MARÍA BELÉN PEÑALOZA LOZADA

DEDICATORIA

A Dios, principalmente por darme la dicha de haber culminado mi carrera universitaria, por guiarme por un camino lleno de bendiciones y sabiduría.

A mis queridos padres Enrique y Eugenia por ser el pilar fundamental de nuestra familia, por siempre motivarme a seguir adelante cumpliendo mis sueños. Por su inmenso amor y dedicación para con sus hijos. Papi gracias por enseñarme amar lo que uno hace, me enseñaste desde muy pequeña amar la tierra, que el dinero no venía fácil, sino que había que trabajar duro para lograrlo, con tu ejemplo de perseverancia ahora soy la mujer que soy gracias a ti. Mami gracias por siempre estar conmigo por todo tu inmenso amor y dedicación siempre estás ahí para mí, tu humildad, sensibilidad y sencillez te hacen ser la mejor mamá que puedo tener este logro es de ustedes papas.

A mis hermanos Henry y Diego que con su ejemplo y perseverancia aportaron en mi crecimiento tanto personal como académico, por ser mi motivación y por ser mi fortaleza, ustedes son mi inspiración.

A la mejor amiga que la vida me pudo dar Karla gracias por ser ese apoyo incondicional por motivarme siempre por estar conmigo en las buenas y en las malas, por ser la amiga sincera, directa y cariñosa que tengo el gusto de tener en mi vida.

De manera especial a una persona que siempre estuvo acompañándome, motivándome, por sus sabios consejos y por su inmenso amor, gracias por nunca dejarme sola porque si necesitaba de ayuda tú estabas ahí para mí, gracias mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por su amor y sus bendiciones derramadas hacia mí y mi familia, porque en algún momento fue un sueño y ahora es una realidad, el camino no fue fácil, pero sin dudarlo fue el mejor, me enseñó que hay que ser humildes y recíprocos con las personas.

A mis padres por ser mi motor fundamental en toda mi vida por siempre apoyarme, estar en las buenas y en las malas conmigo.

A la Universidad Técnica de Ambato, de manera especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por haberme permitido formar en tan prestigiado establecimiento.

De manera especial a mi tutor de tesis, Ing. Marco Pérez por su apoyo, dedicación, paciencia en la elaboración de mi proyecto de tesis, por todos sus consejos. Quiero agradecer al Dr. PhD Carlos Vásquez por el apoyo, cordialidad e instrucción para culminar exitosamente mi proyecto.

A todos mis profesores que se convirtieron en amigos a lo largo de los años gracias por su ejemplo, amor por la educación nos enseñaron a ser grandes profesionales y amar nuestra profesión.

A mis compañeros, en esas aulas tuve la dicha de conocer a grandes amig@s con los que compartí buenos y malos momentos, porque con cada ocurrencia hicieron que ese tiempo sea más llevadero.

Gracias a todas esas personas que siempre se preocuparon por cómo me iba en la universidad, cada uno aportó algo en mi formación personal.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	3
DERECHO DE AUTOR.....	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
ÍNDICE GENERAL	7
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I.....	14
MARCO TEÓRICO.....	14
INTRODUCCIÓN	14
1.1. Antecedentes Investigativos	15
1.2. Objetivos	20
Objetivo general:	20
Objetivos específicos:.....	20
1.3. Categorías fundamentales.....	21
1.3.1. El cultivo del tomate	21
a. <i>Taxonomía, origen y producción del cultivo del tomate</i>	21
b. <i>Características morfológicas del tomate</i>	22
c. <i>Manejo fitosanitario del cultivo de tomate</i>	24
1.3.2. Función del silicio en el desarrollo vegetal.....	28
a. <i>Absorción y acumulación del silicio en las plantas</i>	28
b. <i>El silicio en la nutrición de plantas</i>	30
1.3.3. El silicio en la protección de las plantas a plagas y enfermedades	31
CAPÍTULO II	34
METODOLOGÍA	34
2.1. Ubicación del experimento (ensayo).....	34

2.2.	MATERIALES E INSUMOS	34
2.2.1.	Equipos, herramientas y materiales de campo	34
2.2.2.	Material vegetal.....	34
2.2.3.	Insumos	34
2.3.	FACTORES EN ESTUDIO	34
2.4.	TRATAMIENTOS	35
2.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	35
2.6.	MANEJO DEL EXPERIMENTO	36
2.6.1.	Adecuación del sitio.....	36
2.6.2.	Prácticas culturales.....	38
a.	Riego	38
c.	Fertilización.....	38
d.	Poda de formación.....	38
e.	Aporcado	39
f.	Tutoreo	39
g.	Deshojado.....	39
h.	Cosecha	39
2.7.	VARIABLE RESPUESTA	41
2.7.1.	Altura de la planta:	41
2.7.2.	Color:	41
2.7.3.	Número de flores por racimo:	41
2.7.4.	Número de frutos:	41
2.7.5.	Diámetro ecuatorial y polar de fruto:	42
2.7.6.	Peso de fruto:	42
2.7.7.	Producción total:	42
2.8.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.....	42
CAPÍTULO III.....		43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		43
3.1.	Efecto de la aplicación de dióxido de silicio sobre la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de tomate	43

3.2. Comportamiento agronómico en el cultivo de tomate por efecto de la aplicación de dióxido de silicio	45
3.2.1. <i>Altura de planta</i>	45
3.2.3. Diámetro ecuatorial y polar de los frutos.....	49
3.2.4. Color del fruto.....	49
CAPÍTULO IV.....	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS	64
1. Efecto sobre la prevalencia de plagas y enfermedades	64
1.2. Datos transformados para el cumplimiento de los supuestos estadísticos (normalidad, homocedasticidad y aditividad)	66
2. Efecto sobre la altura de planta (frecuencia 15 días)	68
3. Efecto sobre la altura de planta (frecuencia 21 días)	70
4. Efecto sobre número de flores, de frutos y peso de frutos	72
5. Efecto sobre el diámetro ecuatorial y polar del fruto.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Altura de planta de tomate por efecto de la aplicación de silicio con una frecuencia de 15 días.....	46
Tabla 2. Altura de planta de tomate por efecto de la aplicación de silicio con una frecuencia de 21 días.....	47
Tabla 3. Cálculo del valor de chi cuadrado para la prueba de independencia entre el color y el tratamiento de plantas con dos fuentes de dióxido de silicio	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fase de trasplante.....	36
Figura 2. Plantas de 20 días del trasplante.....	37
Figura 3. Vista general del ensayo.....	37
Figura 4. Cultivo en fase de poda de formación.....	40
Figura 5. Tutorado.....	40
Figura 6. Manejo general del ensayo.....	41
Figura 8. Variación de la incidencia de mosca blanca y enfermedades bacterianas en plantas de tomate sometidos a tratamiento con dióxido de silicio.....	44
Figura 9. Variación en el número de flores, número de frutos y peso de frutos en plantas de tomate tratadas con productos a base de silicio.....	48
Figura 10. Variación de los diámetro ecuatorial y polar de frutos de tomate obtenidos de plantas tratadas con dos fuentes de dióxido de silicio.....	49
Figura 11. Variación del color en frutos de tomate en función a la época de cosecha ...	52

RESUMEN

El tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza importante debido a su alta demanda y producción en todos los continentes, por lo que se hace necesario realizar estudios sobre las estrategias para el incremento del rendimiento del cultivo. Aunque el silicio no es un elemento esencial se ha demostrado que puede provocar efectos benéficos en el crecimiento, tolerancia a la toxicidad por metales pesados, resistencia a estrés abiótico y especialmente al ataque de plagas y enfermedades. En tal sentido, en el presente estudio se evaluó el comportamiento agronómico del cultivo de tomate riñón con la aplicación de dióxido de silicio (SiO₂). Para ello, se aplicaron dos fuentes de silicio (Diatomax Agri y Bilnet 40 cc/L de agua) y se comparó con un tratamiento testigo y se evaluó su efecto sobre la incidencia de las principales plagas y enfermedades, así como sobre los parámetros agronómicos (altura de planta, número de flores, número de frutos, peso de frutos, diámetro ecuatorial y polar de frutos y color de frutos). Aunque no se observó efecto significativo del tratamiento, los porcentajes de incidencia de plagas y enfermedades bacterianas fue numéricamente menor en plantas tratadas con Diatomax Agri y Bilnet con relación al testigo. Se observó efecto del tratamiento con silicio sobre la altura de planta principalmente cuando fue aplicado con frecuencia de 21 días. Se observaron diferencias numéricas en plantas tratadas con Diatomax Agri y Bilnet las cuales tuvieron un promedio de flores entre 4,7 y 4,9 flores en el primer piso comparado con 3,9 flores en las plantas testigo, sin embargo, no se observaron variaciones en el número de flores cuando se comparó el segundo piso. Finalmente, no se demostró efecto sobre el diámetro ecuatorial y polar, así como en el color del fruto.

Palabras clave: tomate, parámetros agronómicos, silicio, resistencia de plantas.

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is an important vegetable crop due to it is highly demanded and produced on all continents, so it is necessary to carry out studies on strategies to increase crop yield. Although silicon is not an essential element, it has been shown that can cause beneficial effects on growth, tolerance to heavy metal toxicity, resistance to abiotic stress and attack by pests and diseases. Thus, in the present study the agronomic variables in tomato were evaluated with the application of silicon dioxide (SiO₂). For this, two sources of silicon were applied (Diatomax Agri and Bilnet 40 cc/L water) and compared with a control treatment and its effect on the incidence of the main pests and diseases, as well as on agronomic parameters (plant height, number of flowers, number of fruits, weight of fruits, equatorial and polar diameter of fruits and color of fruits). Although no significant effect of the treatment was observed, the percentages of incidence of bacterial pests and diseases were numerically lower in plants treated with Diatomax Agri and Bilnet when compared to the control. The effect of silicon application on plant height was observed mainly when it was applied with a frequency of 21 days. Numerical differences were observed in plants treated with Diatomax Agri and Bilnet, which had an average of flowers between 4.7 and 4.9 flowers at the first plant floor compared to 3.9 flowers in the control plants, however, no variations were observed in the number of flowers when the second plant floor was compared. Finally, no effect was demonstrated on the equatorial and polar diameter, as well as on the color of the fruit.

Keywords: tomato, agronomical parameters, silicon, plant resistance.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más importantes y un componente popular de las dietas en el mundo, con consumo y producción en todos los continentes (Li et al., 2020), constituyendo después de la papa, el vegetal más consumido en el mundo (Saad et al., 2017). Entre el 2012 y 2019 el volumen de producción de tomates frescos aumento en más de 37,5 millones de toneladas en el mundo (Statista, 2020). La producción mundial de tomate en el año 2019 fue de 180.766.329 ton, destacándose China como el mayor productor, lo cual incidió en la distribución porcentual por regiones (62% Asia, 13% América, 13% Europa y 12% África) (FAO, 2021).

En Ecuador la agricultura es un sector productivo fundamental de la economía nacional, y este país se destaca en el cultivo y comercialización de hortalizas de la región andina, siendo el tomate el segundo renglón hortícola más importante, el cual se desarrolla principalmente en las provincias de la sierra y la costa (Barahona y Manobanda, 2015). Según las cifras aportadas por el Banco Central del Ecuador (2019) la superficie sembrada de tomate en el año 2019 registró una disminución de tres puntos porcentuales respecto al crecimiento efectuado en el 2018. Para el mismo año, el rendimiento promedio de este cultivo en el país fue de 22.548 kg/ha, muy inferior al promedio mundial de 35.934 kg/ha, e incluso mucho menor al promedio registrado para Suramérica, que para ese año fue de 58.041 kg/ha (FAO, 2021).

En este sentido, es necesario realizar investigaciones orientadas en incrementar el rendimiento del cultivo de tomate, para lo cual es importante considerar los factores nutricionales y fitosanitarios. Es conocido que la resistencia a las plagas y enfermedades puede ser disminuida o aumentada por el efecto que tiene la nutrición mineral sobre aspectos estructurales, bioquímicos y fisiológicos de las plantas (Bala et al., 2018).

Diversos estudios han reconocido que, aunque el silicio no constituye un elemento esencial para los vegetales superiores, su absorción produce efectos benéficos como:

promoción del crecimiento, menor evapotranspiración, tolerancia a la toxicidad por metales pesados, mejoría de la arquitectura de las plantas, resistencia a estrés abiótico y especialmente al ataque de plagas y enfermedades (Castellanos González et al., 2015). Esto último ha sido relacionado por la capacidad que tiene el silicio de contribuir con las propiedades mecánicas de la pared celular, por las acumulaciones que se presentan a nivel cuticular, creando una barrera física que dificulta la penetración de fitófagos, además de incrementar la síntesis de compuestos de defensa de la planta (Bhatt & Sharma, 2018).

Con base en lo expuesto, en la presente investigación se propone evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) con aplicación de dióxido de silicio (SiO_2), considerando aspectos de crecimiento de la planta y la incidencia de plagas y enfermedades.

1.1. Antecedentes Investigativos

El efecto positivo del silicio sobre el crecimiento y la resistencia de las plantas al ataque de patógenos fue evaluado por Pozo et al. (2015) en plantas jóvenes de melón, pepino, lechuga, pimentón y tomate, bajo cultivo hidropónico (40 dds) con dos soluciones nutritivas (0,65 mM de silicio y sin silicio). En sus resultados, estos autores registraron incrementos significativos en altura de planta, número de hojas, área foliar, diámetro de tallo y longitud de raíz en las plantas que recibieron silicio, a excepción de melón que sólo aumentó el diámetro de tallo.

Por otra parte, Pozo et al. (2015) midieron el grosor de la epidermis y cutícula en la lámina foliar y tallo, observando mayores valores en plantas tratadas con silicio respecto al tratamiento control, los cuales fueron superiores en un 14%, 41% y 58% en pepino, melón y lechuga, respectivamente. En el caso del tallo, el incremento por efecto de la aplicación de silicio fue de 10%, 34% y 55% en pimentón, melón y tomate, respectivamente. Adicionalmente, estos autores inocularon discos de hojas de lechuga, pepino y tomate con *Botrytis cinerea* Pers., tratadas o no con silicio, encontrando diferencias significativas sólo en la severidad de daño entre los tratamientos de lechuga. Según señalaron estos autores, los resultados probablemente estén relacionados con el aumento de grosor de epidermis y

cutícula a nivel de hoja que presentó la lechuga fertilizada con silicio, lo que ofrece una mejor protección contra este hongo.

Distintas fuentes y concentraciones de silicio fueron probadas por García-Ramos et al. (2018) en dos cultivares de tomate, con el objetivo de evaluar el efecto sobre el crecimiento de la planta y la resistencia del tomate a *Fusarium oxysporum* Schlechtend. Los mejores resultados se obtuvieron al aplicar fertilizantes con contenidos de sílice de 33 y 40%, que se reflejaron en mayores valores de altura de planta, número de hojas, flores y frutos. Por otra parte, estos autores señalaron que las dos variedades estudiadas presentaron menor incidencia y severidad frente al ataque de *F. oxysporum* cuando se aplicó sílice, probablemente debido al efecto del elemento en el aumento en el grosor de la cutícula de hojas y tallo.

Por su parte, Delgado (2019) aplicó un control combinado de silicio y *Trichoderma viride* Pers. en el cultivo de tomate, durante la fase previa al trasplante y posteriormente inoculó las plantas con *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* para evaluar la severidad de este patógeno. Los resultados indicaron menor daño en las plantas tratadas con silicio respecto a aquellas que no lo fueron, indistintamente si se había incluido o no *T. viride*. Además, la severidad de la marchitez vascular provocada por *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* sólo presentó diferencias entre tratamientos a nivel foliar, mientras que en la raíz la intensidad de daño fue similar. Este autor relaciona este comportamiento con las alteraciones físicas y bioquímicas que el silicio induce como activación de mecanismos de defensa en las plantas.

Con la finalidad de manejar una alternativa no química de control de enfermedades comunes en tomate, Egel et al. (2019) aplicaron semanalmente silicato de potasio (K_2SiO_3 29%), o un tratamiento combinado de éste con un extracto de *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai (productor de compuestos fenólicos). De acuerdo a los autores, el propósito de estas aplicaciones era proteger contra los hongos *Alternaria solani* Sorauer (tizón temprano) y *Septoria lycopersici* Speg. (mancha de la hoja) en campo y controlar la mancha bacteriana producida por *Xanthomonas* spp. en invernadero. A pesar de que los autores detectaron poca eficiencia con la aplicación del silicio en ambas condiciones de

cultivo, el tratamiento complementado con el control biológico mostró una disminución significativa de la severidad de daño en el cultivo de tomate, principalmente de las enfermedades fungosas en campo.

Uno de los principales problemas fitosanitarios del cultivo de tomate es el ataque de nematodos, de los cuales se destaca *Meloidogyne incognita* Kofoid and White, por su patogenicidad y reducción del rendimiento y calidad del producto final. Junior et al. (2019) investigaron el efecto del dióxido de silicio (SiO_2) sobre el desarrollo inicial de la planta y la dosis adecuada para inducir resistencia a esta plaga, estableciendo cinco dosis (0, 50, 100 y 200% de SiO_2), que fueron aplicadas cinco días después del trasplante, e inoculando un grupo de plantas con el nematodo siete días después. Luego de 30 días se encontró que la fertilización con 100% de silicio aumentó la altura de planta en 23% más que las plantas no tratadas, mientras que con dosis mayores las plantas presentaron un menor crecimiento, lo cual fue asociado por estos autores con un efecto adverso del silicio sobre la absorción de otros nutrientes como el zinc, elemento fundamental para el desarrollo de este cultivo.

En relación a la resistencia contra *M. incognita*, en la investigación de Junior et al. (2019) también se encontró que la aplicación de SiO_2 al 50% redujo a la mitad el número de agallas en las raíces de tomate, y con la dosis de 200% sólo se presentó el 17% de este indicador respecto a las plantas no tratadas con silicio. Esto último demuestra una menor penetración del patógeno en los tejidos de las raíces, por lo que los autores infieren que el SiO_2 fue capaz de inducir resistencia al ataque del nematodo, posiblemente por el desarrollo de una barrera física que inhibe la penetración del mismo.

En el cultivo de lechuga, Dios-Delgado et al. (2006) evaluaron el efecto del silicio aplicado en fase de semillero, para controlar el daño producido por *Bremia lactucae* Regel inoculada en la fase de trasplante. Se determinó sólo una reducción del 10% en el porcentaje de daño en las hojas de las plantas tratadas con silicio, respecto al grupo control. Estos autores observaron que la absorción de silicio fue baja y las plantas inoculadas con el hongo presentaron 35% menos silicio en tejido vegetal, lo que potencialmente limitó el proceso de silificación de la pared celular y por lo tanto, la resistencia mecánica de la

lechuga al ataque de mildiu también se vio limitada. En esta investigación, los parámetros fisiológicos peso seco, peso fresco y área foliar no mostraron variaciones entre tratamientos, sin embargo, las plantas inoculadas con el patógeno alcanzaron mayor altura respecto a las sanas, lo que fue considerado como un posible desequilibrio en el sistema hormonal de la planta por acción del hongo, que desencadenó la hiperplasia o respuesta anormal de crecimiento.

Peña (2018) investigó sobre la efectividad de la aplicación foliar de diatomita (insecticida orgánico de contacto con más de 80% de SiO₂) para el control de la polilla de la col, *Plutella xylostella* (L.) y el pulgón, *Brevicoryne brassicae* (L.) y su efecto sobre el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica) cv. Rumba. Este autor determinó que 120 gL⁻¹ y 20 gL⁻¹ fueron las concentraciones de diatomita más adecuadas para el control *P. xylostella* y *B. brassicae*, respectivamente; sin embargo, también se evidenció que la eficiencia de aplicación se obtuvo con una dosis de 80 gL⁻¹ para controlar ambas plagas. Adicionalmente, este autor registró mayores valores en altura de planta, número de hojas y peso fresco (rendimiento) con 120 gL⁻¹ de diatomita, por lo que esta dosis fue considerada como la que produjo mayor rendimiento y rentabilidad en el cultivo del brócoli.

Giménez (2020) evaluó el efecto de la adición de silicio a la solución nutritiva en plantas de tomate cultivadas en fibra de coco sobre el desarrollo vegetativo y la calidad del fruto. El tratamiento inició dos semanas después del trasplante, se aplicó diariamente una dosis de 0,6 mmol L⁻¹ (SiO₂) hasta finalizar el ensayo y se mantuvo un grupo control carente de silicio. Con la adición de SiO₂, la longitud y diámetro del tallo aumentaron significativamente, incrementando hasta un 5%; además el peso fresco de tallo y hoja superaron hasta en un 10% a las plantas no tratadas con silicio, mientras que el porcentaje de materia seca de tallo, hoja y raíz presentó un aumento de hasta un 3%. En cuanto a la producción, la diferencia entre tratamientos fue cercana al 10% y se presentaron incrementos en parámetros de calidad de fruto como firmeza, materia seca y grosor de cutícula, mejorando así el comportamiento postcosecha.

En otra solanácea, *Capsicum chinense* Jacq, conocida como chile habanero, Cárdenas et al. (2013) utilizaron un paquete básico de fertilización en el que se incorporó el componente silicio a diferentes dosis, 0, 200, 400 y 600 g/planta, con una concentración de 31-34% de SiO₂, aplicándolo al suelo en el momento del trasplante. Estos autores encontraron los mejores resultados con la concentración de silicio a 200 g/planta, con los mayores valores respecto al tratamiento control en el número de flores, número de frutos y diámetro del tallo, pero sin variaciones en la altura de planta. Además, en esta investigación se determinó una reducción en el número de flores con concentraciones de 600 g, lo cual se consideró como probable efecto antagónico sobre la fase reproductiva. Finalmente, los autores concluyeron que el uso de silicio mejora la fertilidad y favorece la producción del chile habanero, lo que se observa en el desarrollo de plantas vigorosas con tallos fuertes, el incremento en el número de flores por planta y en la fructificación.

Villalón-Mendoza et al. (2018) evaluaron el efecto de la fertilización foliar con SiO₂ (20 gL⁻¹), lombricomposta (20 cm³L⁻¹) y un tratamiento combinado de ambos compuestos, sobre el Índice de Calidad de Dickson (ICD) en plantas del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *Glabriusculum*), el cual es considerado uno de los indicadores más importantes en las pruebas sobre manejo de producción de plantas en vivero, en el que se relacionan las variables biomasa aérea, radical y total, altura de planta y diámetro del cuello de la raíz. A pesar de que dichas variables en forma independiente no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización, el índice de calidad resultó mayor al aplicar lombricomposta y SiO₂ por separado, mientras que con la mezcla de ambos se obtuvo una menor calidad. Con base en lo anterior, los autores consideraron que la aplicación foliar de SiO₂ representa una alternativa viable para la fertilización del chile piquín.

En otra especie de ají (*Capsicum frutescens* L.), Legarda (2019) probó diferentes concentraciones de silicio sobre distintos parámetros fisiológicos, alta (3 L ha⁻¹), comercial (2,25 L ha⁻¹), media (1,5 L ha⁻¹), baja (0,75 L ha⁻¹) y un testigo sin contenido de silicio. La concentración alta presentó un efecto positivo en altura de planta, materia seca (raíz, tallos, hojas, flores y frutos), índice de área foliar, peso promedio de fruto, diámetro ecuatorial, sólidos solubles totales y rendimiento. Por el contrario, las variables

diámetro polar, producción de capsaicina y dihidrocapsaicina no presentaron diferencias estadísticas significativas. Las concentraciones alta y comercial de silicio presentaron un efecto sinérgico sobre la concentración foliar de silicio, fósforo, potasio, calcio y magnesio y también sobre la concentración en el fruto de fósforo, potasio, magnesio, cobre y zinc. La aplicación de silicio también influyó en la concentración de fósforo y potasio en suelo y la mayor eficiencia fisiológica correspondió a la mayor concentración de silicio, con 149,48 kg de materia seca/kg de silicio acumulado.

1.2. Objetivos

Objetivo general:

Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) con la aplicación de dióxido de silicio (SiO₂).

Objetivos específicos:

- Evaluar la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de tomate con la aplicación de dióxido de silicio.
- Establecer el efecto de la aplicación de productos a base de dióxido de silicio sobre el comportamiento agronómico en el cultivo de tomate.
- Determinar la frecuencia de aplicación de dióxido de silicio para mejorar el comportamiento agronómico en el cultivo de tomate.

1.3. Categorías fundamentales

1.3.1. El cultivo del tomate

a. Taxonomía, origen y producción del cultivo del tomate

El tomate, *Solanum lycopersicum* L. pertenece a la familia Solanaceae, que incluye aproximadamente 147 géneros y 2930 especies, los cuales tienen distribución cosmopolita, aunque el Neotrópico es la región más rica en especies. Según la clasificación actual basada en estudios filogenéticos del APG (cifras en inglés, Grupo de la Filogenia de Angiospermas), el tomate presenta la siguiente ubicación taxonómica (Freire-Fierro, 2004):

Clase Magnoliopsida

Subclase Asteridae

Orden Euasterides

Suborden Solanales

Familia Solanaceae

Género *Solanum*

Especie: *S. lycopersicum*

Peralta et al. (2008) proponen una clasificación formal del tomate en *Solanum* sección *Lycopersicon*, reconociendo 13 especies, todas nativas del oeste de Sudamérica, desde Ecuador hasta el norte de Bolivia y Chile, con dos especies endémicas en las Islas Galápagos. Cuatro especies de las secciones *Juglandifolia* y *Lycopersicoides* han sido tradicionalmente colocadas como especies silvestres relacionadas (Knapp & Peralta, 2016). El tomate, *S. lycopersicum*, se divide en dos variedades de amplia distribución: la *S. lycopersicum* var. *lycopersicum* y la maleza *S. lycopersicum* var. *Cerasiforme*, mientras que *Solanum pimpinellifolium* es la especie silvestre más estrechamente relacionado a las especies de tomate (Blanca et al., 2012).

En Ecuador, la familia Solanaceae se distribuye desde las tierras bajas hasta los páramos e incluye 35 géneros y 351 especies, de las cuales se han descrito 70 especies endémicas para este país. Entre las especies nativas con mayor potencial económico destacan la papa (*Solanum tuberosum* L.), el tomate (*S. lycopersicum* L.) y la uvilla (*Physalis peruviana* L.) (Freire-Fierro 2004).

El tomate es consumido a nivel mundial. Además representa el 60% de las hortalizas producidas en todo el mundo (Wilcox et al., 2003). En relación al rendimiento del cultivo de tomate, el promedio mundial en 2019 correspondió a 35.934 kg/ha, sin embargo, algunos países suramericanos superaron los 80.000 kg/ha, destacando Brasil (3.9 millones ton) y Chile (10.5 millones ton) como los principales productores de tomate, los cuales alcanzaron rendimientos cercanos a los 70.000 kg/ha (FAO, 2021).

En el caso de Ecuador, el tomate representa el segundo cultivo hortícola más importante y las principales zonas productoras se encuentran en las provincias de Guayas, Manabí, Carchi, Loja, Cañar, Imbabura, Chimborazo, Azuay, El Oro y Pichincha (Barahona & Manobanda, 2015). La FAO (2021), señala que para el año 2019 el cultivo de tomate en Ecuador ocupó una superficie de siembra de 1.400 ha, con una producción de 31.591 ton y un rendimiento de 22.548 kg/ha. Según el Banco Central del Ecuador (2019), la superficie sembrada de tomate en el año 2019 mostró cifras positivas de crecimiento de 1%, pero registró una disminución de tres puntos porcentuales respecto al crecimiento de 4% del año 2018. Sin embargo, como hubo un incremento en los rendimientos, el volumen de producción incrementó en 4% aproximadamente.

b. *Características morfológicas del tomate*

El tomate es una planta perenne que se cultiva anualmente, puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta. Algunas variedades muestran hábito de crecimiento determinado, presentando inflorescencias apicales o terminales; son plantas de porte bajo, arbustivo y con un corto período de fructificación, por lo que son generalmente utilizadas para la agroindustria. Las variedades de crecimiento indeterminado presentan inflorescencias laterales y yema apical vegetativa, por lo que hay hojas entre las

inflorescencias, la fase reproductiva se extiende un tiempo más prolongado, y requieren de tutores que conduzcan su crecimiento (Jaramillo et al., 2012).

Según Peralta et al. (2008), la vida útil de la planta de tomate está relacionada con su capacidad para desarrollar un crecimiento secundario en raíces y tallos basales, en todas las especies los brotes son inicialmente erectos, pero más tarde, debido a la peso de las ramas, las plantas se vuelven decumbentes o postradas y pueden desarrollarse raíces adventicias de los nudos basales. De allí que, en el cultivo del tomate es una práctica cultural común amontonar tierra en la base de la planta para asegurar un sistema de raíces adventicias bien desarrollado. Los tallos son ligeramente angulosos, de ramificación simpódica, en la base semileñosos con un grosor que oscila entre 2-4 cm, mientras que en la parte distal, los tallos presentan grosor mediano, siendo herbáceos con tricomas simples y glandulares en la epidermis, consistencia tal que impide su estabilidad, por lo que es necesario el uso de tutores para su cultivo (Jaramillo et al., 2012).

Las hojas de las plantas de tomate a menudo se han caracterizado como pinnadas, pero la presencia de un ala diminuta de tejido foliar a lo largo del raquis principal que conecta todos los disecciones ha llevado a algunos a sugerir que las hojas de tomate son simples y seccionado o profundamente pinnatífido (Peralta et al., 2008). La epidermis foliar cumple una función primordial en la protección ante los factores que generan distintos tipos de estrés, y en el caso del tomate, se ha descrito que la epidermis puede presentar variaciones por efecto del déficit hídrico en la estructura cuticular, cantidad y composición de cutina y ceras, que aumentan la capacidad de reducir la pérdida de agua a nivel foliar (Martin et al., 2017).

La inflorescencia básica en tomates silvestres, como en todas las demás especies de *Solanum*, es una cima escorpioide con una variedad de patrones de ramificación, pudiendo ser simples monocasias no ramificadas, como característica de los grupos de especies "*Lycopersicon*" y "*Arcanum*" (Peralta et al., 2008). El fruto es una baya bilocular o plurilocular, semiesférica globosa o alargada, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g (Jaramillo et al., 2012). En el caso del tomate riñón producido en invernadero, el fruto alcanza un peso cercano a 120 gr, un diámetro

ecuatorial de 6,3 cm y longitudinal de 3,2 cm, estos parámetros son considerados fundamentales como indicadores de la calidad del producto (Vela, 2010).

c. Manejo fitosanitario del cultivo de tomate

Entre los factores que afectan el rendimiento del cultivo de tomate se encuentran las plagas y enfermedades. Algunos insectos y nematodos han sido considerados plagas principales en este cultivo y en cuanto a las enfermedades se han señalado a los virus, bacterias y hongos como causantes. De los fitófagos que atacan este cultivo destaca *Tuta absoluta* (Meyrick) como la más importante. Esta plaga es nativa de Centroamérica, pero se ha extendido a América del Sur (Haddi et al., 2012), estando presente en Ecuador desde 1989 (CABI, 2021).

En Ecuador, de acuerdo con (Chirinos et al., 2020), los agricultores de varias provincias de este país señalan que las moscas blancas y las especies pertenecientes a *Liriomyza* son las principales plagas en el cultivo de tomate, sin embargo en términos de uso de insecticidas, la plaga más destacada es *Prodiplosis longifila* Gagné, que puede alcanzar en promedio 2,8 aplicaciones por semana. Esta plaga ha sido considerada como el principal problema fitosanitario en tomate en las principales zonas productoras de Ecuador (Valarezco et al., 2003).

P. longifila ataca al cultivo tanto en siembra a campo abierto como bajo cubierta, afectando los brotes tiernos, inflorescencias y frutos pequeños, lo que limita el desarrollo productivo de la planta. El daño es ocasionado principalmente por los instares larvales I y II, que son los más agresivos y provocan una laceración de los tejidos epidérmicos y daño de las células subepidérmicas del parénquima (Valarezco et al., 2003). La compleja situación que genera esta plaga obliga a los productores al uso indiscriminado de insecticidas con el consecuente deterioro ecológico, desarrollo de resistencia, pérdida de rentabilidad y al abandono del cultivo (Pérez et al., 2014).

Otra plaga importante en el cultivo de tomate es la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). Esta plaga, originaria de América, se encuentra distribuida en las regiones tropicales y subtropicales del mundo y se ha registrado en

Ecuador junto con otros países de América del Sur (Ortega & Carapia, 2020). A esta mosca blanca se le ha atribuido la transmisión de crinivirus, y entre ellos el virus de la clorosis y el virus de la clorosis infecciosa (conocidos por sus siglas en inglés ToCV, *Tomato chlorosis virus* y TICV, *Tomato infectious chlorosis*, respectivamente). Estos virus constituyen una amenaza en la producción de tomate al producir amarillamiento entre las venas y engrosamiento de las hojas, además de la disminución del tamaño y número de frutos y senescencia temprana, lo que afecta la producción de este cultivo (Wintermantel, 2004).

Plagas como *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) también pueden encontrarse en el cultivo de tomate. *F. occidentalis* puede ser transmisor del virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV, *Tomato spotted wilt virus*, por sus siglas en inglés), virus importante en la agricultura, dada su capacidad para romper la resistencia del huésped y la capacidad de sus vectores para desarrollar resistencia a los plaguicidas tradicionales (Rotenberg et al., 2009). Por su parte, *L. huidobrensis* es una plaga polífaga que se alimenta de más de 365 especies de plantas hospederas pertenecientes a 49 familias (Weintraub et al., 2017), sus larvas realizan minas en las hojas, lo cual reduce el área fotosintética y favorece la entrada de patógenos (Parish et al., 2017).

Los nematodos *M. incognita* y *Nacobbus aberrans* Thorne también han sido señalados como plagas importantes del cultivo de tomate en Ecuador. *M. incognita* tiene la de mayor incidencia y distribución en las zonas tomateras ubicadas en altitudes de 1620 a 2550 m, nematodo que además, debido a factores como baja calidad sanitaria de plántulas, riego por inundación y el monocultivo de tomate en invernadero, puede incrementar la severidad del daño al propiciar el aumento de sus poblaciones a niveles altos (Revelo y Mora, 2004).

En el cultivo de tomate, además de los virus, ciertas bacterias y hongos también pueden asociarse con la presencia de enfermedades. Guevara y Estrella (2008) determinaron y caracterizaron enfermedades bacterianas en tomate bajo invernadero en la cordillera central de Ecuador, encontrando a los géneros *Pseudomonas* y *Ralstonia* como los más

importantes, mientras que los géneros *Clavibacter* y *Xanthomonas* resultaron de menor presencia en las siembras de tomate.

Entre los hongos, *F. oxysporum* f.sp *lycopersici* se ha encontrado asociado con el marchitamiento vascular del tomate. Este patógeno penetra en la planta dejando el tejido vascular de color marrón oscuro, decoloración que luego se extiende hasta el ápice haciendo que las plantas se marchiten, colapsen y mueran, de allí que se limite el rendimiento del cultivo (Srinivas et al., 2019). Otro hongo fitopatógeno que puede encontrarse en tomate es *A. solani*. Este hongo puede ser causante de la enfermedad conocida como “tizón temprano” (Attia et al., 2020), y es entre las enfermedades fúngicas la más destructiva porque causa reducción en la cantidad y calidad de la cosecha de tomate (Kumar et al., 2017).

Con respecto al manejo fitosanitario del cultivo de tomate, la inclusión de estrategias culturales, uso de variedades resistentes y control químico ha sido tradicional. Sin embargo, en la búsqueda de un método exitoso de control, la combinación de la mayoría de las estrategias disponibles para optimizar el rendimiento y sostenibilidad del cultivo puede representar la mejor alternativa. En este sentido, Baideng et al. (2017) señalan que, por su eficacia y seguridad para el ambiente, el manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) plantea el enfoque necesario para el control fitosanitario en el cultivo del tomate.

En el MIPE es fundamental la prevención, la cual puede apoyarse con el monitoreo continuo del cultivo, facilitando la detección temprana de posibles brotes de plagas y enfermedades y su ajuste a los correspondientes umbrales de manejo. De esta manera, la aplicación de técnicas oportunas y adecuadas a las necesidades favorece la eficiencia en el uso de los recursos. Estas técnicas de control pueden variar en una amplia gama de opciones, sin embargo, las más frecuentes son las físicas, químicas y biológicas, que apoyan a su vez el manejo cultural del cultivo. Sin embargo, la tendencia en el MIPE es la inclusión de herramientas biológicas para evitar el uso indiscriminado de productos químicos.

El muestreo continuo de plagas y el establecimiento de umbrales de infestación constituyen estrategias de necesaria inclusión en los programas de MIPE. Su consideración es básica para el establecimiento de los métodos de control. En el cultivo de tomate, el monitoreo de las poblaciones de insectos como *L. huidobrensis* para verificar su alcance a los umbrales de daño se ha convertido en una práctica rutinaria que permite asegurar la efectividad de los métodos de control. De acuerdo a (Lopes et al., 2019), un plan de muestreo secuencial para *L. huidobrensis* en tomate, considerando un umbral de 3,24 larvas por hoja es preciso y rentable y puede ser incorporado a los programas de manejo de esta plaga.

Para el caso de *T. absoluta*, se ha sugerido que dentro de los planes de manejo de integrado, el control biológico representa una estrategia prometedora, sin embargo se requieren estudios sobre la definición de umbrales económicos y niveles de intervención para la plaga, además de equilibrar costos y beneficios del control biológico (Desneux et al., 2010). En cuanto al control biológico de *T. absoluta*, Han et al. (2019) señala que la eficacia de los enemigos naturales en la supresión de esta plaga puede ser alterada por factores abióticos originados por prácticas agronómicas como riego y fertilización, que se relacionan con la densidad de población de la plaga y las interacciones con sus enemigos naturales y que pueden incidir también en la resistencia de la planta contra *T. absoluta*.

En el caso de moscas blancas Riley y Srinivasan (2019) reportaron en sus resultados, que la incidencia de la plaga, así como también la de los virus transmitidos en tomate puede ser reducida si se combinan tácticas de manejo tales como mantillo reflectante, uso de insecticidas y cultivares resistentes al virus en comparación a la aplicación del manejo tradicional del cultivo que incluye en gran medida el uso de insecticidas.

Tradicionalmente en Ecuador, el control de plagas en el tomate se ha apoyado fundamentalmente en el uso indiscriminado de insecticidas. Para el caso de *P. longifila* se han registrado cifras alarmantes en el uso de químicos, tales como 21 y 30 aplicaciones de insecticidas por ciclo de cultivo, incluyendo productos organofosforados y en menor proporción carbamatos, piretroides y clorados, aplicaciones que son realizadas en la

mayoría de los casos según el sistema calendario y en pocos casos cuando la plaga se presenta (Valarezco et al., 2003).

De acuerdo con Chirinos et al. (2020), las aplicaciones de insecticidas en el cultivo de tomate en varias provincias de Ecuador comienzan pocos días después del trasplante y se realizan en un rango de 2-4 por semana, incluyendo carbamatos y organofosforados. Estos autores también resaltan la importancia de analizar la magnitud del uso de productos químicos para el control de plagas para el diseño de programas de manejo de plagas que permitan disminuir el uso de agroquímicos de alto impacto ambiental.

Actualmente existen variedades mejoradas en el cultivo de tomate que pueden tener altos rendimientos, sin embargo, las condiciones de manejo del cultivo pueden favorecer la aparición de plagas y enfermedades, tal es el caso de la siembra bajo invernadero, en la cual se maneja de forma intensiva durante casi todo el año y cuyas condiciones climáticas y el monocultivo pueden generar la aparición o el aumento de enfermedades virales y el establecimiento de sus vectores. En condiciones de campo, la meta debe plantear el mejoramiento de la eficacia y durabilidad del biocontrol y esto puede lograrse con el desarrollo de mejores protocolos de detección, formulaciones y procedimientos de aplicación, así como el manejo de las enfermedades de manera integrada (Singh et al., 2017).

1.3.1.1. Función del silicio en el desarrollo vegetal

a. Absorción y acumulación del silicio en las plantas

El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno, se encuentra en diferentes formas químicas, de las cuales el ácido monosilícico ($\text{Si}(\text{OH})_4$), es la forma disponible para las raíces en la solución del suelo. La mayoría de las especies absorben el silicio por difusión pasiva, de modo que llega al xilema y alcanza la parte aérea siguiendo el flujo de transpiración (Vallejo y Alvarado, 2011).

La asimilación del silicio se ha estudiado en más de 500 especies de plantas, y dependiendo del contenido, las plantas pueden ser clasificadas como acumuladoras, aquellas que

alcanzan un contenido de silicio superior al 1% de materia seca, como algunas especies de gramíneas y ciperáceas; acumuladoras intermedias las que contienen entre 0,5 a 1% y las no acumuladoras que presentan menos de 0,5% como la mayoría de dicotiledóneas (Teixeira et al., 2017).

Es común que muchas plantas absorban silicio en grandes cantidades, especialmente las gramíneas en las que puede alcanzar 10% del peso seco como en el arroz; otros cultivos presentan una buena acumulación de silicio, aunque a niveles más bajos que las gramíneas, como son el tomate (*S. lycopersicum*), la calabaza (*Cucurbita* sp.), el amaranto (*Amaranthus* sp.), el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y el girasol (*Helianthus annuus* L.) (Raya y Aguirre, 2012).

En el interior de la planta el silicio es depositado en los tejidos en forma de sílice amorfa hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), principalmente en las paredes celulares y contribuye con propiedades mecánicas, como la rigidez y la elasticidad de las mismas (Vallejo y Alvarado, 2011). En muchas especies la sílice amorfa se acumula como una densa capa debajo de la cutícula de células epidérmicas y su naturaleza hidrofílica podría ayudar a retener el agua que protege contra la excesiva transpiración; también se deposita en células especializadas como tricomas y estomas (Castellanos González et al., 2015).

Se ha investigado sobre los mecanismos por los cuales se produce la acumulación de silicio en las plantas. Currie y Perry (2007) señalan tres mecanismos involucrados en la silificación: el transporte de silicio dependiente de la energía, el silicio como elemento biológicamente activo que activa los mecanismos de defensas naturales y el medio por el cual el silicio alivia las toxicidades abióticas, dependiendo de las distintas interacciones entre las biomoléculas y el silicio y sus efectos en las estructuras mineralizadas.

En cuanto a la acumulación de silicio en las plantas, Ma et al. (2001) señalan que el contenido en raíces de plantas puede variar de 0,1 a 10% y las variaciones en el contenido de silicio entre las especies de plantas son el resultado de las diferentes capacidades de su consumo; en plantas como arroz, trigo y cebada se han observado efectos positivos del silicio. Este elemento depositado en la superficie del tejido puede desempeñar un papel

importante en aliviar el estrés biótico y abiótico y la acumulación de silicio en los brotes es un requisito previo para beneficiarse de sus propiedades (Ma et al., 2001).

La distribución del silicio dentro de las plantas depende de las especies, en aquellas que acumulan alto contenido de este elemento como el arroz y la avena, el 90% se encuentra en la parte aérea, mientras que en otras plantas como tomate, rábano y col china no se distingue una prevalencia en la distribución del silicio en la parte aérea o en la parte subterránea (Vallejo y Alvarado, 2011).

b. El silicio en la nutrición de plantas

Aunque el silicio no es considerado un elemento esencial para los vegetales superiores, porque no responde a los criterios directos e indirectos de la esencialidad, se ha demostrado que su absorción produce efectos benéficos como: promoción del crecimiento, menor evapotranspiración, efecto en la actividad de las enzimas, tolerancia a la toxicidad por metales pesados, mejoría de la arquitectura de las plantas, reducción del encamado de las plantas, resistencia a plagas, al estrés hídrico y salino (Castellanos González et al., 2015).

Las evidencias muestran que las plantas que crecen en ausencia de silicio frecuentemente son más débiles estructuralmente, y tienen menor tamaño, desarrollo, viabilidad y su reproducción es anormal; además son más susceptibles a estrés abiótico así como a la toxicidad por metales y son más fácilmente atacadas por plagas y enfermedades (Raya y Aguirre, 2012).

Por otra parte, se ha observado que la deficiencia de fósforo en cereales, se solventa con las aplicaciones de silicio, ya que en su forma iónica, aumenta la disponibilidad de fósforo al liberarlo a partir de los coloides del suelo y de los fosfatos de hierro, manganeso y aluminio en suelos ácidos (Vallejo y Alvarado, 2011).

Las altas cantidades de silicio presentes en los suelos, hace pensar que no es necesaria su reposición. Sin embargo, así como sucede con elementos como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, la extracción de productos vegetales tales como granos, forrajes, raíces,

conlleva la disminución de estos elementos, y de alguna manera deben ser repuestos al agroecosistema (Raya y Aguirre, 2012). En el caso del silicio, al no ser catalogado como nutriente, generalmente es omitido en la formulación de soluciones de cultivo de uso rutinario y en la fertilización convencional (Castellanos González et al., 2015).

En este sentido, cada vez más es común la aplicación de fertilizantes con silicio en países como Corea y Japón, logrando un incremento y/o sostenimiento en la producción de arroz; también es utilizado en Brasil, Australia, Sudáfrica e India para incrementar la producción de caña de azúcar y en México se está generalizando su aplicación, tanto a nivel experimental como comercial. Se ha considerado que la utilización de fertilizantes con silicio puede ayudar al establecimiento de agroecosistemas sustentables, al aumentar la resistencia de las plantas al estrés biótico y abiótico incluyendo resistencia a enfermedades y plagas (Raya y Aguirre, 2012).

1.3.1.2.El silicio en la protección de las plantas a plagas y enfermedades

Una vez que el silicio es absorbido por las raíces, es transportado por el xilema y es depositado en los tejidos en forma de sílice amorfa hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), la cual se impregna en las paredes celulares y aumenta la dureza, rigidez y elasticidad de las mismas (Vallejo y Alvarado, 2011). Esta polimerización del silicio en las paredes celulares parece análogo al proceso de lignificación, la sílice amorfa reemplaza el agua entre las microfibrillas de celulosa y otros componentes de carbohidratos en las paredes de las células no lignificadas, confiriendo resistencia y una barrera mecánica contra el ataque de fitófagos (Castellanos González et al., 2015).

Por otra parte, la acumulación de la sílice amorfa a nivel cuticular en órganos herbáceos de algunas especies, constituye una doble capa sílice-cutícula que fortalece mecánicamente el tejido epidérmico y protege a las plantas, especialmente al limitar la capacidad de penetración, reducir la severidad del daño o restringir el tamaño de las lesiones de insectos, bacterias y hongos (Bhatt & Sharma, 2018).

En relación a los insectos plaga, se ha demostrado que la fertilización con silicio en el suelo o a nivel foliar, puede disminuir su incidencia, afectar la preferencia y los procesos que implican su alimentación; insectos masticadores o chupadores tienen una baja preferencia por los tejidos silicificados, respecto a las partes suculentas con bajo contenido de sílice (Bhatt & Sharma, 2018).

Las barreras físicas que genera la acumulación de silicio por el endurecimiento de las paredes celulares, provocan en insectos masticadores, daños mecánicos y desgaste de las mandíbulas de larvas, lo que reduce su capacidad de alimentación, mientras que en los insectos chupadores este efecto podría ser menor, dado que tienen mayor capacidad de seleccionar zonas en las que la barrera física esté ausente o minimizada para succionar la savia (Teixeira et al., 2017).

Si bien el silicio puede tener efecto en la protección de plantas contra insectos, al favorecer en las hojas un nivel de dureza que puede actuar como barrera mecánica, entonces esto puede demostrarse en la afectación de la alimentación del herbívoro que la ataca, la cual puede verse disminuida y en consecuencia pueden alterarse sus parámetros biológicos. Al respecto, Dos Santos et al. (2012) estudiaron el efecto de las aplicaciones de silicio en plantas de tomate y determinaron cambios en el ciclo de vida y en la sobrevivencia de *T. absoluta*, registrando un aumento en la duración de las fases de larva y pupa y la disminución de la supervivencia de estas fases como producto de la aplicación de silicio por vía foliar. Adicionalmente, estos autores encontraron que hubo una menor preferencia de oviposición en las plantas cuyas hojas fueron tratadas con silicio.

Otros factores también pueden ser importantes para la inducción de mecanismos de resistencia en las plantas y uno de ellos es la especie de planta. El tomate no es una planta acumuladora de silicio (Ma et al., 2001). Además, el modo de translocación del silicio es diferente entre las especies. Esto también se demuestra en la investigación de Dos Santos et al. (2012), donde se señala que el silicio se retuvo en las raíces y no se trasladó fácilmente a las hojas, obteniéndose valores de concentración de silicio mucho menores en la parte aérea que en las raíces, con valores de 0,5 a 2,4 g kg⁻¹ y 16,7 a 28,6 g kg⁻¹, respectivamente.

Los efectos beneficiosos del silicio pueden ser aprovechados en cultivos que lo acumulan activamente en hojas y tallos, ejemplo en arroz, cebada, maíz y caña de azúcar, pudiéndose observar una respuesta beneficiosa al aplicar fertilizantes con silicio, mientras que para el caso de plantas de absorción pasiva de silicio, estos beneficios solo podrán observarse con altas concentraciones de este elemento (Ma et al., 2001).

Las plantas también pueden mejorar la resistencia a enfermedades bacterianas, como consecuencia del fortalecimiento estructural de los tejidos, los cambios en la composición de las paredes y membranas incluyendo las conexiones intracelulares utilizadas para su movilidad; sin embargo, la resistencia a las bacterias es más relacionada con los procesos bioquímicos y fisiológicos que desencadenan las propiedades del silicio (Bhatt y Sharma, 2018).

La barrera física que induce el silicio en los tejidos vegetales igualmente reduce la incidencia de enfermedades fungosas, dado que permite retardar la incubación, reducir la expansión de las lesiones, reducir el tamaño y el número de lesiones, así como la producción de conidios y esporas que limita el proceso de infección secundaria (Pozo et al., 2015).

La infección exitosa requiere que los patógenos ingresen a la planta huésped atravesando las barreras físicas que incluyen depósitos de cera, el grosor de la cutícula y de las paredes celulares; los efectos beneficiosos del silicio sobre la resistencia a estrés biótico en las plantas, se atribuyen a la mejora de la resistencia mecánica general de las células (Bhatt y Sharma, 2018).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO (ENSAYO)

La investigación se llevó a cabo en un invernadero en la propiedad del señor Enrique Peñaloza, ubicado en el sector del Parque Industrial, parroquia Izamba perteneciente al cantón Ambato, provincia de Tungurahua. La localidad se halla 2570 msnm sus coordenadas geográficas son: 01° 10'29'' de latitud Sur y a 78° 34'95''.

2.2. MATERIALES E INSUMOS

2.2.1. Equipos, herramientas y materiales de campo

- Bomba de mochila
- Herramientas menores (azadones, rastrillo, tijeras de podar)
- Letreros
- Lápices, esferográficos
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Computador
- Regla

2.2.2. Material vegetal

- Plantas de tomate variedad Pietro

2.2.3. Insumos

Insumos para el control de plagas y enfermedades

2.3. FACTORES EN ESTUDIO

Los factores de estudio que esta investigación fueron los siguientes:

2.3.1. Productos: tanto el Diatomax Agri como el Bilnet fueron aplicados de forma foliar a razón de 40 cc/L de agua.

DIATOMAX AGRI	P1
BILNET	P2
Testigo	P3

2.3.2. Frecuencia de aplicación

Cada 15 días	F1
Cada 21 días	F2

2.4. TRATAMIENTOS

N°	Símbolo	Productos	Frecuencia
1	P1F1	DIATOMAX AGRI	Cada 15 días
2	P1F2	DIATOMAX AGRI	Cada 21 días
3	P2F1	BILNET	Cada 15 días
4	P2F2	BILNET	Cada 21 días
5	T	TESTIGO	Cada 15 días
6	T	TESTIGO	Cada 21 días

2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo fue conducido bajo un diseño experimental completamente al azar con los tratamientos en arreglo factorial $2 \times 2 + 1$, donde los factores fueron el tipo de producto (Diatomax Agri y Bilnet) y la frecuencia de aplicación (cada 15 o 21 días). Cada tratamiento fue replicado cinco veces. Se consideró un testigo comercial.

2.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO

2.6.1. Adecuación del sitio

Para la adecuación del lugar del ensayo se hizo una limpieza del invernadero tanto externa como interna mediante la aplicación de un herbicida (Glifosato) para controlar malezas de hoja delgada y ancha. Posteriormente se procedió a la nivelación del terreno y el establecimiento de las camas para cada tratamiento. Las dimensiones de la cama fueron 0,6 m de ancho por 15 cm de altura y el ancho del camino debe ser 0,5 m (Figs. 1-3).



Figura 1. Fase de trasplante

Peñaloza (2021)



Figura 2. Plantas de 20 días del trasplante

Peñaloza (2021)



Figura 3. Vista general del ensayo

Peñaloza (2021)

El material usado consistió en plantas de la variedad Pietro, debido a su amplio uso comercial en la zona.

2.6.2. Prácticas culturales

a. Riego

El requerimiento de agua en el invernadero depende del estado fenológico de la planta, la zona, las condiciones climáticas del lugar, la época del año y el tipo de suelo, pero de acuerdo con experiencias previas de los productores de la zona se sabe que se aplica entre 43 a 53 m³ de agua/hectárea/día dependiendo del tamaño de la planta.

b. Trasplante

Antes del trasplante se desinfectó el suelo y las raíces de los plantines y posteriormente plantados de manera manual a una distancia de 0,20 m. De acuerdo con la literatura, el momento adecuado del trasplante es cuando las plántulas tienen entre 3 y 4 hojas completamente expandidas, esto ocurre entre los 25 y 30 días de edad, con una densidad que depende del sistema de plantación (Meza et al., 2013).

c. Fertilización

Para tener excelentes resultados en el cultivo de tomate es indispensable incorporar materia orgánica descompuesta a razón de 2000-6000 kg/1000 m². El uso de la diatomita puede ser una mezcla con la materia orgánica o con los fertilizantes en las distintas labores culturales que se realizara. Por otra parte, es importante incorporar fertilizantes químicos para completar los requerimientos del cultivo. En las siguientes dosis:

Sulfato de amonio: 20 – 40kg/ 1000 m²

Superfosfato triple: 50 – 80 kg / 1000 m²

Sulfato de potasio: 20 - 40 kg/1000 m²

d. Poda de formación

La poda fue hecha cuando el follaje era denso y cuando además existían hojas senescentes. Este proceso mejora la aireación y baja la humedad relativa, permitiendo la entrada de la luz solar que ayuda a una mejor floración y cuajado de frutos, disminuyendo así el desarrollo de enfermedades (López, 2017) (Fig. 4).

e. Aporcado

Esta labor ayuda a que la planta tenga mayor fijación al suelo y ayuda a eliminar malezas y con esta práctica se dificulta el acceso de la entrada de inóculos como algunos hongos y bacterias que son dispersados por el agua, como por ejemplo los agentes causantes de la marchitez, *Fusarium oxysporum* y *Ralstonia solanacearum* (Meza et al., 2013). En este ensayo el aporcado se hizo a los 25 días después del trasplante, junto con la incorporación de fertilizante y eliminación de malezas.

f. Tutoreo

El tutoreo fue hecho con alambre a lo largo y ancho dentro del invernadero con el fin de dirigir el crecimiento de la planta y así evitar daños al follaje y frutos. Esta práctica cultural se realizó cuando la planta alcanzó entre 0,20-0,25 m utilizando cinta plástica que fue sujeta en el alambre superior del invernadero de modo de mantener la planta erguida (Meza et al., 2013) (Fig. 4).

g. Deshojado

Es una práctica común en este cultivo y consiste en eliminar los brotes de crecimiento nuevos dejando así 1 o 2 ejes principales. Adicionalmente se hizo una eliminación de las hojas dañadas por enfermedades (poda sanitaria) (Larín et al., 2018) (Fig. 5).

h. Cosecha

La cosecha se hizo cuando el tomate adquiriera un color pintón caracterizado por la aparición de un color verde brillante (López, 2016).



Figura 4. Cultivo en fase de poda de formación

Peñaloza (2021)



Figura 5. Tutorado

Peñaloza (2021)



Figura 6. Manejo general del ensayo

Peñaloza (2021)

2.7.VARIABLE RESPUESTA

2.7.1. Altura de la planta:

La altura de planta fue registrada con una frecuencia semanal a partir de la segunda semana después del trasplante hasta la décimo segunda semana. La variable fue expresada en cm.

2.7.2. Color:

El color de los frutos se determinó al momento de la cosecha usando una tabla de Munsell.

2.7.3. Número de flores por racimo:

Cada semana, el número de flores por racimo fue contabilizado en tres plantas de cada tratamiento seleccionadas al azar. Las evaluaciones fueron hechas a partir del apareamiento del primer ramillete floral hasta llegar al segundo piso.

2.7.4. Número de frutos:

Cada semana, el número de frutos por planta fue contabilizado en tres plantas de cada tratamiento seleccionadas al azar a partir del cuaje hasta llegar al segundo piso.

2.7.5. Diámetro ecuatorial y polar de fruto:

Los diámetros ecuatorial y polar fueron medidos en frutos obtenidos de los racimos de tres plantas de cada tratamiento seleccionadas al azar a partir de inicio de la cosecha hasta llegar al segundo piso. El resultado fue expresado en centímetros.

2.7.6. Peso de fruto:

El peso de fruto fue medido en tres plantas de cada tratamiento seleccionadas al azar a partir de inicio de la cosecha hasta llegar al segundo piso. El resultado se expresó en gramos.

2.7.7. Producción total:

Se tomaron datos de peso de frutos de cada tratamiento durante 3 semanas de cosecha, desde el primer al tercer piso. El resultado se expresó en gramos.

2.7.8. Porcentaje de incidencia de plagas y enfermedades

Se tomaron datos sobre la presencia e incidencia de las principales plagas que atacan al tomate riñón desde la semana ocho hasta el final del ensayo.

2.8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Los datos obtenidos fueron tabulados en una hoja de cálculo usando Microsoft Excel. Las variables cuantitativas (altura de planta, número de flores, número de frutos, peso de frutos, diámetro ecuatorial y polar de frutos) fueron sometidas a análisis de variancia y aquellas variables que mostraron diferencias significativas fueron comparadas mediante pruebas de medias según Tukey, usando el programa estadístico Statistix para Windows versión 10.0.

Por otra parte, la variable color de fruto (cualitativa) fue sometida a prueba de Chi cuadrado para verificar la independencia de las variables color versus tratamiento.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Efecto de la aplicación de dióxido de silicio sobre la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de tomate

Durante el período de estudio, la presencia de mosca blanca y aparición de bacterias fueron los problemas fitosanitarios más comunes en plantas de tomate, sin embargo, no se observó efecto de la aplicación de productos a base de silicio sobre el ataque de plagas y enfermedades (Fig. 7). En general, la incidencia de mosca blanca varió desde 3,8 a 4,2 individuos/planta en plantas tratadas con Diatomax Agri y entre 4,1 y 4,3 individuos/planta cuando fueron tratadas con Bilnet, mientras que en plantas no tratadas el número de moscas blanca fue de 4,3 individuos/planta. Con relación al ataque de bacterias, aunque de acuerdo con el análisis estadístico no se observó efecto significativo del tratamiento, los porcentajes de incidencia de enfermedades bacterianas fue numéricamente menor en plantas tratadas con Diatomax Agri como Bilnet, en donde los valores oscilaron entre 31,7 y 33,0%, mientras que en plantas no tratadas el porcentaje alcanzó 37,0%.

Estudios previos demostraron respuestas variables en el cultivo a la aplicación de silicio. Dos Santos et al. (2012) no observaron diferencias en la duración de las fases larvaria y pupal, supervivencia de larvas y pupas, peso de pupas macho y hembra de *Tuta absoluta* y preferencia por la oviposición en individuos en plantas tratadas con silicio aplicado cuando fue aplicado al suelo, mientras que cuando fue aplicado vía foliar mostraron un aumento en la duración de las fases larvaria y pupal, una disminución en la supervivencia de las fases de larvas y pupas, una disminución en el peso de las pupas macho y hembra y una disminución en la preferencia de oviposición.

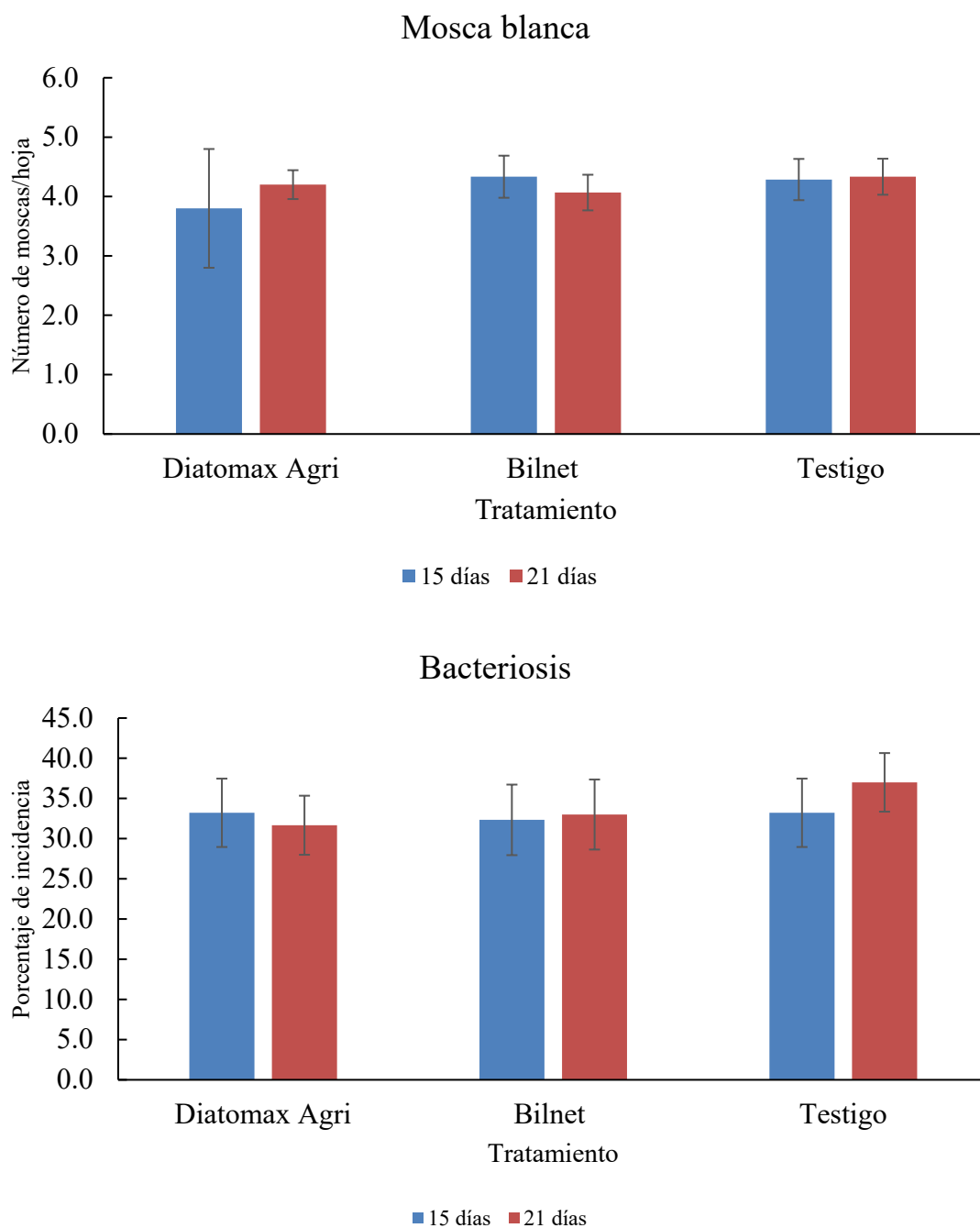


Figura 7. Variación de la incidencia de mosca blanca y enfermedades bacterianas en plantas de tomate sometidos a tratamiento con dióxido de silicio

De acuerdo con Castellanos González et al. (2015), el efecto benéfico del silicio, principalmente en forma de escoria de silicato de calcio y el silicato de potasio, sobre la

resistencia de los cultivos a los insectos plagas ha sido demostrado en especies de gramíneas (arroz, caña de azúcar, maíz y otras), sin embargo la información es aún escasa en muchos cultivos de solanáceas, cucurbitáceas, crucíferas, los forestales y el café.

Alhousari y Greger (2018) señalaron que el efecto del silicio sobre la alimentación de insectos que extraen sustancias del floema provoca reducción tanto de la duración de la ingestión de floema como de la proporción de los individuos que ingirieron el floema en el arroz con altos contenidos de silicio. Adicionalmente estos autores señalaron que la resistencia inducida por silicio a *Nilaparvata lugens* está asociada a la acumulación de callosa, puesto que esta bloquea los tubos cribosos del floema y evita la fuga de savia del floema después que el insecto haya perforado la hoja para alimentarse.

Con relación al efecto sobre el ataque de bacterias, Diogo y Wydra (2007) demostraron que la incidencia de marchitez bacteriana por *Ralstonia solanacearum* se redujo entre 38,1 y 100% en plantas de tomate moderadamente resistente y resistente, respectivamente que fueron tratadas con silicio, mientras que los genotipos susceptibles mostraron tolerancia, lo que indicó una resistencia inducida por silicio, ya que este mineral se acumula en raíces. De acuerdo con estos autores, las evidencias sugieren que existe una resistencia inducida a nivel de la pared celular después del tratamiento con silicio.

3.2. Comportamiento agronómico en el cultivo de tomate por efecto de la aplicación de dióxido de silicio

3.2.1. Altura de planta

La altura de planta fue afectada tanto por el tipo de producto usado como fuente de silicio como por la fecha de evaluación en plantas tratadas con una frecuencia de 15 días (Tabla 1). En general, se obtuvieron plantas de mayor altura cuando fueron tratadas con Bilnet, lo cual fue más evidente al final del período de evaluación mostraron ser 16,65 y 20,85% más altas que aquellas plantas tratadas con Diatomax Agri y las no tratadas (testigo). Al inicio del ensayo, no se observó este efecto pues las plantas de todos los tratamientos fueron estadísticamente similares, variando la altura de planta entre 9,37 cm en plantas tratadas con Diatomax Agri hasta 10,00 cm en plantas tratadas con Bilnet, mientras que

las plantas testigo mostraron un valor intermedio (9,933 cm). Las diferencias comenzaron a observarse a partir del segundo muestreo a los 30 días después de la aplicación, cuando tanto las plantas tratadas con Bilnet como las testigos mostraron ser superiores en altura en comparación con plantas tratadas con Diatomax Agri y esta tendencia se mantuvo hasta la cuarta fecha de evaluación (a los 60 días). Para la quinta evaluación, las plantas tratadas con Bilnet comenzaron a mostrar mayor altura, siendo 22,8 y 7,14% superior a las plantas con Diatomax Agri y el testigo, respectivamente.

Tabla 1. Altura de planta de tomate por efecto de la aplicación de silicio con una frecuencia de 15 días

	Diatomax Agri	Bilnet	Testigo
15 días	9,37±1,3425 a	10,00±1,3628 a	9,93±1,2799 a
30 días	12,93±2,9873 b	14,13±3,2484 a	14,33±2,992 a
45 días	15,87±3,1593 b	19,93±5,9578 a	19,20±4,4753 a
60 días	26,80±4,9742 ab	32,60±11,457 a	32,40±9,5603 a
75 días	54,40±8,4752 b	70,00±22,650 a	65,00±14,025 ab
90 días	75,40±7,7257 b	90,47±20,466 a	71,60±9,2721 b

Valores promedios en una fila seguidos de letras diferentes mostraron diferencias significativas según Tukey $p < 0,01$

Con relación al análisis de la altura de planta cuando los productos fueron aplicados cada 21 días, no se observó efecto de los productos durante las dos primeras evaluaciones, a los 21 y 42 días después de aplicación (Tabla 2). A partir de la tercera evaluación se observó mayor altura tanto en plantas tratadas con Diatomax Agri, siendo 23,7% más altas que las plantas tratadas con Bilnet, mientras que, durante la quinta, sexta y séptima evaluación las plantas tratadas con Diatomax Agri fueron 11,5; 7,1 y 12,2 % más altas que las tratadas con Bilnet.

Tabla 2. Altura de planta de tomate por efecto de la aplicación de silicio con una frecuencia de 21 días

	Diatomax Agri	Bilnet	Testigo
21 días	10,93±a	10,67±a	10,33±a
42 días	22,13±a	20,67±a	21,07±a
63 días	47,80±a	36,47±b	44,13±a
84 días	65,87±b	58,33±c	69,13±a
105 días	83,13±a	77,27±b	83,73±a
126 días	102,80±a	90,27±c	99,73±b

Valores promedios en una fila seguidos de letras diferentes mostraron diferencias significativas según Tukey $p < 0,01$.

3.2.2. Número de flores, número de frutos y peso de los frutos

No se observó ningún tipo de efecto de la aplicación de productos a base de silicio sobre el número de frutos y el peso de frutos, pero si se observó efecto sobre el número de flores obtenidas en el piso 1 de la plantas de tomate. A pesar de que no fueron detectadas diferencias por efecto de la aplicación de los productos, si se observa una diferencia numérica entre los tratamientos, notándose que en plantas tratadas con Diatomax Agri y Bilnet tuvieron un promedio de flores entre 4,7 y 4,9 flores en el primer piso comparado con 3,9 flores en las plantas testigo, sin embargo, no se observaron variaciones en el número de flores cuando se comparó el segundo piso (Figura 8A).

De manera similar, cuando se consideró el número de frutos en el primer piso de la planta, las plantas tratadas con ambas fuentes de silicio mostraron en promedio 3,0 frutos, mientras que en plantas testigo este valor fue de 2,3 frutos (Fig. 8B). Contrariamente cuando se evaluó el segundo piso, los mayores valores se encontraron en plantas tratadas con Bilnet y en plantas testigo (3,1 y 3,3 frutos), mientras que en plantas tratadas con Diatomax Agri el número fue de 2,3 frutos.

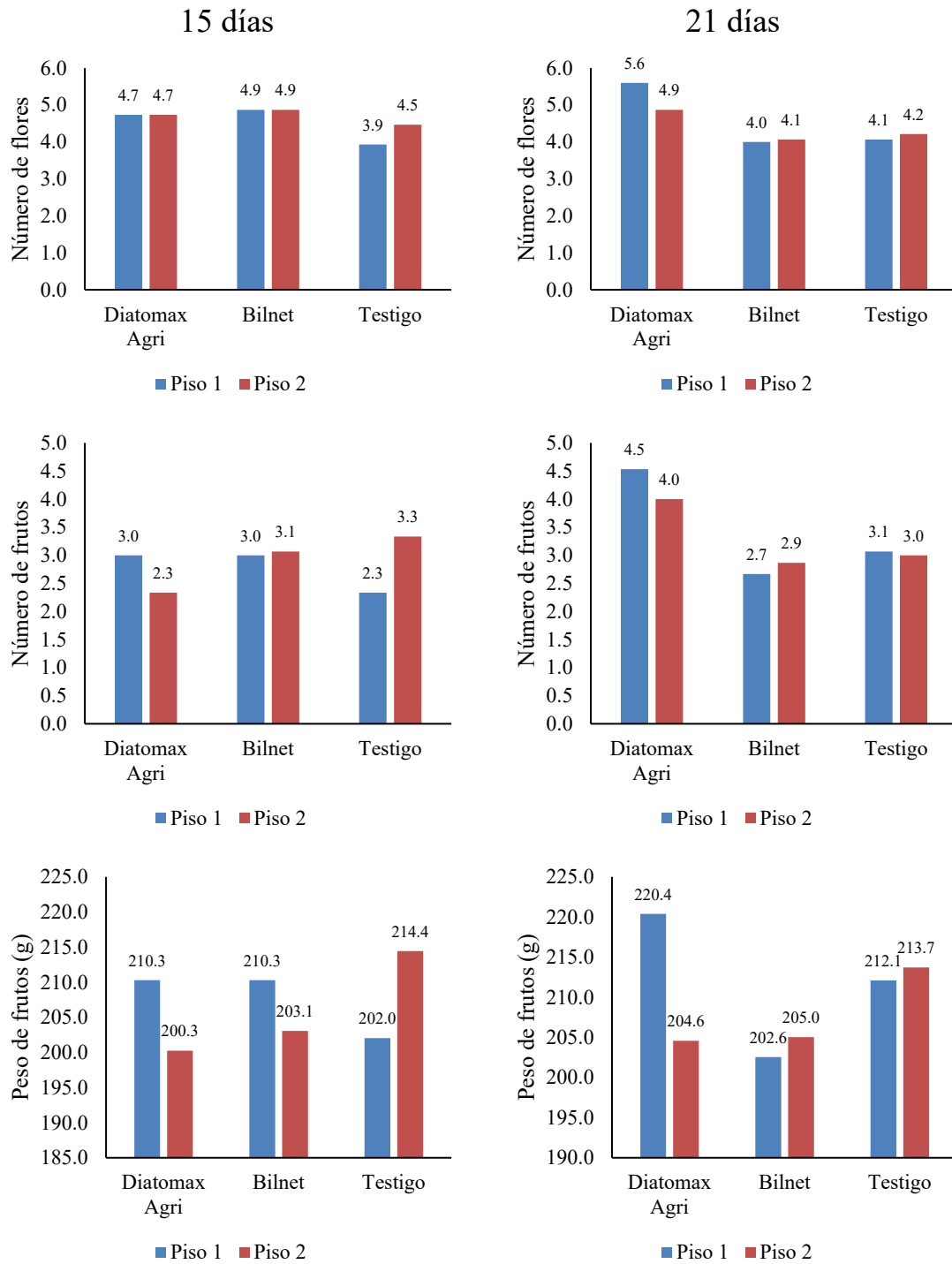


Figura 8. Variación en el número de flores, número de frutos y peso de frutos en plantas de tomate tratadas con productos a base de silicio aplicado cada 15 y 21 días.

Por último, en cuanto al peso de los frutos se observó una tendencia similar al caso anterior, observándose que las plantas tratadas con ambos tipos de productos produjeron frutos de mayor peso cuando se consideró el primer piso, mientras que esta situación fue revertida cuando se tomó el peso en frutos del segundo piso, en el cual los frutos de plantas no tratadas mostraron el mayor peso.

3.2.3. Diámetro ecuatorial y polar de los frutos

No se evidenció efecto de la aplicación de productos a base de óxido de silicio sobre el diámetro ecuatorial y polar del fruto de tomate ($F= 0,64$; $P= 0,5314$; $g.l.= 2$). El diámetro ecuatorial y polar varió desde 6,58 x 5,94 cm en frutos provenientes de plantas tratadas con Diatomax Agri hasta 6,86 x 6,13 cm en frutos obtenidos de plantas tratadas con Bilnet, mientras que los frutos de plantas testigo tuvieron un diámetro ecuatorial y polar de 6,62 x 5,82 cm (Fig. 9).

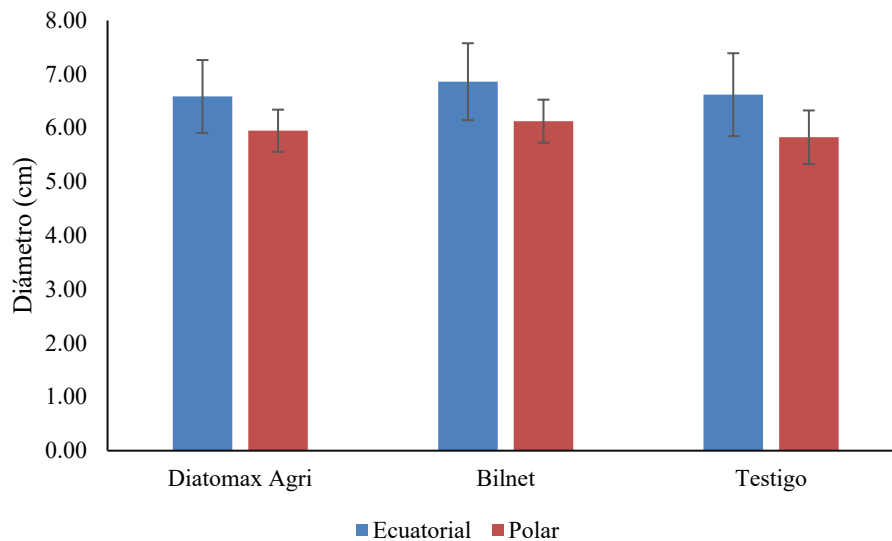


Figura 9. Variación de los diámetro ecuatorial y polar de frutos de tomate obtenidos de plantas tratadas con dos fuentes de dióxido de silicio

3.2.4. Color del fruto

Con relación al color del fruto de tomate no se realizaron pruebas estadísticas por tratarse de una variable cualitativa, por lo que se muestra una tabla con los valores más frecuentes

(Tabla 3). De acuerdo con la prueba χ^2 ($\chi^2_{\text{calculado}} < \chi^2_{\text{tabulado}}$; $\chi^2_{\text{calculado}} = 14,52$ y $\chi^2_{\text{tabulado}} = 37,56$) se determinó que la variable color es independiente del tratamiento (Tabla 3). De acuerdo con la tabla de Munsell, los tonos variaron entre rojo (R) y rojo-amarillo (YR) (Fig. 10).

Tabla 3. Cálculo del valor de chi cuadrado para la prueba de independencia entre el color y el tratamiento de plantas con dos fuentes de dióxido de silicio

Datos observados

	Diatomax Agri		Bilnet		Testigo		Total
	Piso 1	Piso 2	Piso 1	Piso 2	Piso 1	Piso 2	
10R 4/8	6	3	4	3	3	2	21
10R 5/8	6	2	3	4	3	6	24
10YR							
6/8	3	3	5	5	5	4	25
7,5YR							
5/8	1	5	6	4	2	5	23
5YR 7/6	3	4	8	3	7	6	31
Total	19	17	26	19	20	23	124

Datos esperados

	Diatomax Agri		Bilnet		Testigo	
	Piso 1	Piso 2	Piso 1	Piso 2	Piso 1	Piso 2
10R 4/8	3,22	2,88	4,40	3,22	3,39	3,90
10R 5/8	3,68	3,29	5,03	3,68	3,87	4,45
10YR 6/8	3,83	3,43	5,24	3,83	4,03	4,64
7,5YR						
5/8	3,52	3,15	4,82	3,52	3,71	4,27
5YR 7/6	4,75	4,25	6,50	4,75	5,00	5,75
Total	3,22	2,88	4,40	3,22	3,39	3,90

Datos observados – esperados

	Diatomax Agri		Bilnet		Testigo	
	Piso 1	Piso 2	Piso 1	Piso 2	Piso 1	Piso 2
10R 4/8	2,78	0,12	-0,40	-0,22	-0,39	-1,90
10R 5/8	2,32	-1,29	-2,03	0,32	-0,87	1,55
10YR 6/8	-0,83	-0,43	-0,24	1,17	0,97	-0,64
7,5YR						
5/8	-2,52	1,85	1,18	0,48	-1,71	0,73
5YR 7/6	-1,75	-0,25	1,50	-1,75	2,00	0,25
Total	2,78	0,12	-0,40	-0,22	-0,39	-1,90

Datos (observados – esperados)²

	Diatomax Agri		Bilnet		Testigo	
	Piso 1	Piso 2	Piso 1	Piso 2	Piso 1	Piso 2
10R 4/8	7,74	0,01	0,16	0,05	0,15	3,59
10R 5/8	5,39	1,66	4,13	0,10	0,76	2,40
10YR 6/8	0,69	0,18	0,06	1,37	0,94	0,41
7,5YR						
5/8	6,37	3,41	1,39	0,23	2,92	0,54
5YR 7/6	3,06	0,06	2,25	3,06	4,00	0,06

Datos (observados – esperados)²/Esperados

	Diatomax Agri		Bilnet		Testigo	
	Piso 1	Piso 2	Piso 1	Piso 2	Piso 1	Piso 2
10R 4/8	2,41	0,01	0,04	0,01	0,04	0,92
10R 5/8	1,47	0,51	0,82	0,03	0,20	0,54
10YR 6/8	0,18	0,05	0,01	0,36	0,23	0,09
7,5YR						
5/8	1,81	1,08	0,29	0,06	0,79	0,13
5YR 7/6	0,64	0,01	0,35	0,64	0,80	0,01
					χ^2 calculado	14,52



Figura 10. Variación del color en frutos de tomate en función a la época de cosecha

Con relación a la producción total de frutos, no se observó ningún efecto de los tratamientos por la aplicación de las dos fuentes de silicio, variando desde 698,8 g en plantas tratadas con Bilnet hasta 703,9 g en plantas tratadas con Diatomax Agri, lo cual fue estadísticamente similar a las plantas testigo (Fig. 11).

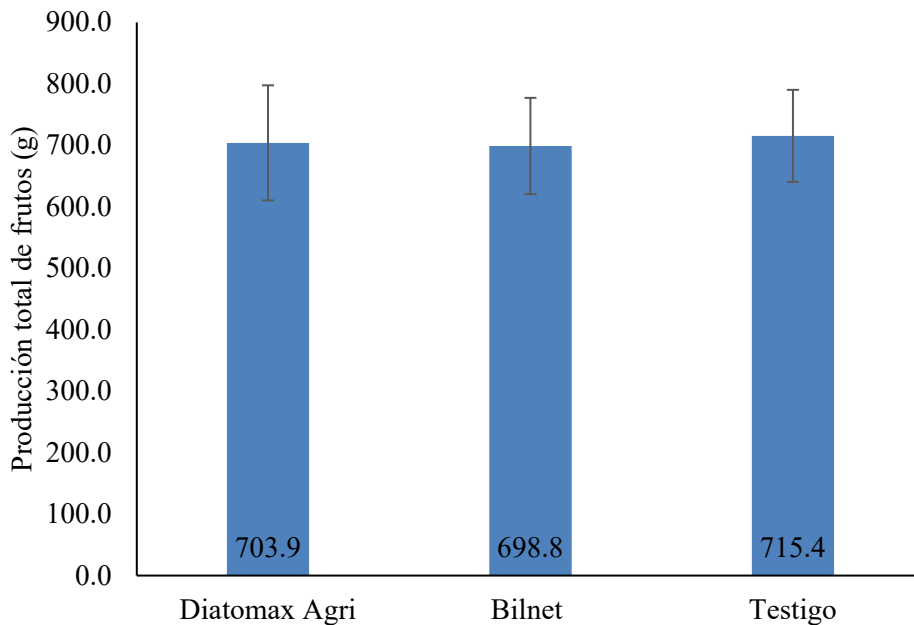


Figura 11. Producción total estimada en plantas de tomate tratadas con dos fuentes de dióxido de silicio

Estudios previos han demostrado el efecto de la aplicación de silicio en los parámetros vegetativos de plantas de tomate. El-Salam Shalaby et al. (2017) observaron que aparte de la altura de la planta, también el área foliar, clorofila foliar, peso fresco y seco de la planta aumentaron significativamente con las aplicaciones foliares de silicio en comparación con el tratamiento control.

Lu et al. (2016) evaluaron el efecto de tres fuentes de silicio (nanosilicio, microsilicio y silicato de sodio) a una concentración de 5 g/L y demostraron que el nanosilicio produjo el mayor incremento en la altura de las plantas de tomate, así como en el peso fresco y seco de todos los órganos de la planta y el rendimiento. De acuerdo con estos autores, la altura de planta y el peso fresco de raíces, tallos y hojas incremento en un 23, 48, 9 y 22%, respectivamente, mientras que el peso seco mostró un aumento de 40 y 34% en raíces y tallos, respectivamente y, por último, el rendimiento y el número promedio de frutos por planta se incrementó en 35 y 23 %, respectivamente. Esto permitió concluir que la presentación en nanopartículas de silicio contribuye con la absorción efectiva de silicio en las plantas de tomate, mejorando así el crecimiento y el rendimiento.

Soundharya et al. (2019) evaluaron el efecto de dos fuentes de silicio (silicato de calcio y el silicato de potasio) y su sinergia con otros minerales (calcio) y encontraron que el silicato de potasio al 1% provocó efecto positivo sobre el número de flores, frutos y rendimiento por planta así como en el contenido de azúcares totales y el ácido ascórbico, mientras que el contenido de licopeno y acidez titulable aumentaron por efecto de la aplicación de silicato de calcio al 1%, por último la vida útil y firmeza del fruto fueron afectados por el uso de cloruro de calcio (0,5%), mientras que el peso del fruto aumentó por la aplicación de sulfato de potasio al 1%. Los autores también demostraron un efecto positivo con aplicación foliar de silicato de potasio dos veces a intervalo de 25 días en diferentes etapas de crecimiento.

De acuerdo con Al-Aghabary et al. (2005), el crecimiento en plantas de tomate por la aplicación de silicio podría deberse al efecto del silicio en atenuar la acción del estrés salino en plantas, puesto que este provoca disminución en la permeabilidad de la membrana plasmática y además contribuye a mantener la forma y estructura de las células al aumentar las enzimas antioxidantes superóxido dismutasa y catalasa. Adicionalmente, se ha demostrado que el silicio juega un papel importante en la capacidad de retención de la capacidad de agua en las células vegetales sometidas a algún tipo de estrés y por otra parte contribuye en el mantenimiento de los niveles de hormonas de crecimiento tales como auxinas, giberelinas y citoquininas en condiciones de estrés (Crusciol et al., 2009; Hafany Ahmed et al., 2008).

CAPÍTULO IV

4.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados, se demostró un efecto positivo en la reducción e incidencia de plagas (mosca blanca) y enfermedades (bacteriosis) por efecto de la aplicación de productos a base de silicio. Probablemente el efecto del silicio sobre la resistencia inducida se deba a que este promueve la acumulación de callosa en los haces conductores, lo cual dificulta la alimentación de los insectos chupadores, mientras que con relación a la disminución del ataque de bacterias podría deberse a una resistencia inducida a nivel de la pared celular después del tratamiento con silicio.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la aplicación de dióxido de silicio, con ambos productos comerciales, se mostraron efectos positivos tanto en la altura de planta y además tuvieron un promedio de flores mayor que las plantas testigo. El mayor crecimiento observado en plantas tratadas con dióxido de silicio se debe a que se ha comprobado que este elemento tiene un efecto benéfico sobre el balance nutricional principalmente de elementos necesarios en las primeras etapas como el fósforo.

Con relación a la frecuencia se observó mayor efecto en la altura de planta cuando el Diatomax Agri y Bilnet fueron aplicados a una frecuencia de 21 días, posiblemente estos resultados se debieron a que con la aplicación cada 15 días se observaron efecto de fitotoxicidad leve, lo cual pudo haber retrasado el crecimiento.

4.2. RECOMENDACIONES

Tomando en consideración los resultados promisorios de la aplicación de dióxido de silicio en plantas de tomate variedad Pietro, se sugiere realizar investigaciones donde se determine su efecto sobre los procesos fisiológicos relacionados con los mecanismos de resistencia a plagas y enfermedades en diferentes variedades producidas en la zona de modo que contribuya con el diseño de estrategias de manejo de plagas con un enfoque sustentable.

Por otra parte, dado el papel del silicio en la tolerancia de las plantas a la salinidad, se sugiere evaluar este efecto en las condiciones de suelo de la zona Sierra del país.

En función a lo observado con la frecuencia de aplicación, se sugiere realizar la aplicación cada 21 días puesto que para este momento la planta cuenta con un sistema radical bien desarrollado, lo cual permite una mejor absorción del producto y además mayor eficiencia en la traslocación en la parte aérea de la planta, evitando problemas de fitotoxicidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Aghabary, K; Zhu, Z; Shi, Q. 2005. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* 27(12): 2101–2115. <https://doi.org/10.1081/LPLA-200034641>
- Alhousari, F; Greger, M. 2018. Silicon and mechanisms of plant resistance to insect pests. *Plants* 7(2): 1–11. <https://doi.org/10.3390/plants7020033>
- Attia, MS; El-Sayyad, GS; Abd Elkodous, M; El-Batal, AI. 2020. The effective antagonistic potential of plant growth-promoting rhizobacteria against *Alternaria solani*-causing early blight disease in tomato plant. *Scientia Horticulturae* 266: 109289. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109289>
- Baideng, EL; Memah, V; Tallei, TE. 2017. Monitoring of species and population of important insect pest of tomato plants using yellow sticky trap during conventional and integrated pest management system. *Journal of Animal and Plant Sciences* 34: 5404–5412.
- Bala, K; Sood, A; Pathania, V; Thakur, S. 2018. Effect of plant nutrition in insect pest management: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(4): 2737–2742.
- Banco Central del Ecuador. 2019. Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario (Issue 92).
- Barahona, A; Manobanda, J. 2015. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa asociativa de producción y comercialización de tomate riñón bajo invernadero de los pequeños agricultores de la parroquia de Ascázubi, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha. Universidad Politécnica Salesiana.
- Bhatt, D; Sharma, G. 2018. Role of silicon in counteracting abiotic and biotic plant stresses. *International Journal of Chemical Studies* 6(62): 1434–1442.
- Blanca, J; Cañizares, J; Cordero, L; Pascual, L; Diez, MJ; Nuez, F. 2012. Variation Revealed by SNP Genotyping and Morphology Provides Insight into the Origin of the Tomato. *PLoS ONE* 7: (10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048198>
- CABI. (2021). *Tuta absoluta* (South American tomato pinworm). Invasive Species Compendium. Disponible en: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/49260>
- Cárdenas, A; García-Pestaña, J; Delgado-Blancas, M; Gutiérrez-Rivera, B. 2013. Efecto de diferentes concentraciones de Silicio, adicionado al suelo en el cultivo de Chile Habanero a cielo abierto. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 1(2): 69–40.
- Castellanos González, L; de Mello Prado, R; Silva Campos, CN. 2015. El silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas. *Cultivos Tropicales* 36(Número

especial): 16–24.

- Chirinos, DT; Castro, R; Cun, J; Castro, J; Bravo, SP; Solis, L; Geraud-Pouey, F. 2020. Insecticides and agricultural pest control: The magnitude of its use in crops in some provinces of Ecuador. *Ciencia Tecnología Agropecuaria* 21(1): 1-16. https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL21_NUM1_ART1276
- Crusciol, CAC; Pulz, AL; Lemos, LB; Soratto, RP; Lima, GPP. 2009. Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. *Crop Science* 49(3): 949–954. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.04.0233>
- Currie, HA; Perry, CC. 2007. Silica in plants: Biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany* 100(7): 1383–1389. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm247>
- Delgado, L. 2019. Evaluación de Inducción de Resistencia en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con Silicio y Antagonismo de *Trichoderma viride* contra la Marchitez Vascular causada por *Fusarium oxysporum f.sp lycopersici*. Universidad del Tolima.
- Desneux, N; Wajnberg, E; Wyckhuys, KAG; Burgio, G; Arpaia, S; Narváez-Vasquez, CA; González-Cabrera, J; Ruescas, DC; Tabone, E; Frandon, J; Pizzol, J; Poncet, C; Cabello, T; Urbaneja, A. 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: Ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science* 83(3): 197–215. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6>
- Diogo, RVC; Wydra, K. 2007. Silicon-induced basal resistance in tomato against *Ralstonia solanacearum* is related to modification of pectic cell wall polysaccharide structure. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 70(4–6): 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2007.07.008>
- Dios-Delgado, I; Sandoval-Villa, M; Rodríguez-Mendoza, M; Cárdenas-Soriano, E. 2006. Aplicaciones Foliare de Calcio y Silicio en la Incidencia de Mildiú en Lechuga. *Terra Latinoamericana* 24(1): 91–98.
- Dos Santos, CM; Junqueira, AMR; de Sá, VGM; Zanúncio, JC; Bauch, MA; Serrão, JE. 2012. Efeito do silício em aspectos comportamentais e na história de vida de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* 2(1): 76–88.
- Dos Santos, M; Resende, A; Mendes, V; Zanuncio, J; Bauch, M; Serrão, J. 2012. Efeito do Silício em Aspectos Comportamentais e na História de vida de *Tuta Absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* 2(1): 76–88.
- El-Salam Shalaby, OA; Konopinski, M., El-Sayed Ramadan, M. 2017. Effect of chelated iron and silicon on the yield and quality of tomato plants grown under semi-arid conditions. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 16(6): 29–40. <https://doi.org/10.24326/asphc.2017.6.3>

- Egel, DS; Hoagland, L; Davis, J; Marchino, C; Bloomquist, M. 2019. Efficacy of organic disease control products on common foliar diseases of tomato in field and greenhouse trials. *Crop Protection* 122: 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.04.022>
- FAO. 2021. Datos de cultivos. *FAOSTAT*.
- Freire-Fierro, A. 2004. Botánica Sistemática Ecuatoriana (Missouri B).
- García-Ramos, Y; Galindo-Tovar, ME; Murguía-González, J; Landero-Torres, I; Leyva-Ovalle, OR. 2018. Fertilización complementada con sílice en la resistencia del tomate a *Fusarium oxysporum* Schtdl. *Agronomía Mesoamericana* 29(1): 41. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27002>
- Giménez, J. 2020. Efecto del silicio sobre la productividad de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) tipo Raf en cultivo sin suelo. Universidad de Almería.
- Guevara, T; Estrella, N. 2008. Determinación y Caracterización de Enfermedades Bacterianas del Tomate Riñón (*Lycopersicon sculentum*), Cultivado bajo Invernadero en doce áreas de la Cordillera Central del Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército.
- Haddi, K; Berger, M; Bielza, P; Cifuentes, D; Field, LM; Gorman, K; Rapisarda, C; Williamson, MS; Bass, C. 2012. Identification of mutations associated with pyrethroid resistance in the voltage-gated sodium channel of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 42(7): 506–513. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2012.03.008>
- Hafany Ahmed, AH; Harb, EM; Higazy, MA; Morgan, SH. 2008. Effect of silicon and boron foliar applications on wheat plants grown under saline soil conditions. *International Journal of Agricultural Research* 3(1): 1–26.
- Han, P; Desneux, N; Becker, C; Larbat, R; Le Bot, J; Adamowicz, S; Zhang, J; Lavoit, AV. 2019. Bottom-up effects of irrigation, fertilization and plant resistance on *Tuta absoluta*: implications for Integrated Pest Management. *Journal of Pest Science* 92(4): 1359–1370. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1066-x>
- Jaramillo, J; Sánchez, G; Rodríguez, V; Aguilar, P; Gil, L; Hío, J; Pinzón, L; García, M; Quevedo, D; Zapata, M; Restrepo, J; Guzmán, M. 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Corpoica.
- Junior, EM; Tadeu, J; Rosas, F; Pacheco Damascena, A; Silva, MA; De, G; Camara, R; Oliveira Gonçalves, Â; Moraes, WB; Junior, EM. 2019. Resistance induction efficiency of silicon dioxide against *Meloidogyne incognita* in tomato plants in greenhouse. *Ciencias Hortícolas* 13(1): 55–63.
- Knapp, S; Peralta, IE. 2016. The Tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and Its Botanical Relatives. *The Tomato Genome* 7–21. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53389-5>

- Kumar, V; Singh, G; Tyagi, A. 2017. Evaluation of Different Fungicides Against Alternaria Leaf Blight of Tomato (*Alternaria solani*). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6(5): 2343–2350. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.262>
- Larín, MA; Díaz, LA; Serrano de, RF. 2018. Cultivo de tomate orgánico (*Lycopersicon esculentum*). In Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal. http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia_Centa_Tomate_2019.pdf
- Legarda, D. 2019. Respuesta del cultivo de ají (*Capsicum frutescens* L.) tipo tabasco a la aplicación de Silicio. Universidad Nacional de Colombia.
- Li, H; Chen, A; Zhao, L; Bhagavathula, AS; Amirthalingam, P; Rahmani, J; Salehisahlabadi, A; Abdulazeem, HM; Adebayo, O; Yin, X. 2020. Effect of tomato consumption on fasting blood glucose and lipid profiles: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Phytotherapy Research 34(8): 1956–1965. <https://doi.org/10.1002/ptr.6660>
- Lopes, M; Farias, E; Costa, T; Arcanjo, L; Santos, A; Ribeiro, A; Santos, R; Picanço, M. 2019. Economic injury level and sequential sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* management in tomato crops. Crop Protection 124: 104848. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104848>
- López, LM. 2017. Manual técnico del cultivo de tomate. In Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf> <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf> <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3143/1/BVE17079148e.pdf> <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3143/1/BVE1707>
- Lu, MMD; De Silva, MDR., Peralta, EK; Fajardo, NA; Peralta, MM. 2016. Growth and Yield of Tomato Applied with Silicon Supplements with Varying Material Structures. Philippine E-Journal for Applied Research and Development 6: 10–18. <http://pejard.slu.edu.ph/vol.6/2016.03.30.pdf>
- Ma, J; Miyake, Y; Takahashi, E. 2001. Silicon as a beneficial element for crop plants. In Datnoff L; Snyder G; Korndórfer G (Eds.), Silicon in Agriculture (pp. 17–39).
- Martin, LBB; Romero, P; Fich, EA; Domozych, DS; Rose, JKC. 2017. Cuticle biosynthesis in tomato leaves is developmentally regulated by abscisic acid. Plant Physiology 174(3): 1384–1398. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00387>
- Meza, J; Pantoja, A; Galan, PR; Godoy, N; Gattini, J; Villasanti, C; Chávez, R; Díaz, J. 2013. El Cultivo De Tomate Con Buenas Prácticas Agrícolas En La Agricultura Urbana Y Periurbana. Ministerio de Agricultura y Ganadería-FAO. Paraguay.
- Ortega, L; Carapia, V. 2020. Moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) en México:

- estatus, especies, distribución e importancia. *Dugesiana* 27(1): 37–54.
- Parish, JB; Carvalho, GA; Ramos, RS; Queiroz, EA; Picanço, MC; Guedes, RNC; Corrêa, AS. 2017. Host range and genetic strains of leafminer flies (Diptera: Agromyzidae) in eastern Brazil reveal a new divergent clade of *Liriomyza sativae*. *Agricultural and Forest Entomology* 19(3): 235–244. <https://doi.org/10.1111/afe.12202>
- 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". Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 125 pp.
- Peralta, I; Spooner, D; Knapp, S. 2008. Taxonomy of Wild Tomatoes and Their Relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae). *Systematic Botany Monographs* 84: 1–186.
- Pérez, YMM; Mesa, NC; Estrada, EI; Valencia, YG. 2014. Evaluación de la resistencia a *Prodiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) en genotipos de tomate cultivados y silvestres. *Acta Agronomica* 63(2): 181-190. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n2.30210>
- Pozo, J; Urrestarazu, M; Morales, I; Sánchez, J; Santos, M; Dianez, F; Álvaro, JE. 2015. Effects of silicon in thenutrient solution for three horticultural plant families on the vegetative growth, cuticle, and protection against *Botrytis cinerea*. *HortScience* 50(10): 1447–1452. <https://doi.org/10.21273/hortsci.50.10.1447>
- Raya, J; Aguirre, C. 2012. El papel del silicio en los organismos y ecosistemas. *ConCiencia Tecnológica* 43: 42–46.
- Revelo, J; Mora, E. 2004. Estudio epidemiológico de las enfermedades “mancha negra del tronco” y “nudo de la raíz” en el cultivo de tomate de árbol en Imbabura y Tungurahua para optimizar su control. Informe Técnico Anual - INIAP (Ecuador), 13–23.
- Riley, DG; Srinivasan, R. 2019. Integrated Management of Tomato Yellow Leaf Curl Virus and its Whitefly Vector in Tomato. *Journal of Economic Entomology* 112(4): 1526–1540. <https://doi.org/10.1093/jee/toz051>
- Rotenberg, D; Kumar, NKK; Ullman, DE; Montero-Astúa, M; Willis, DK; German, TL; Whitfield, AE. 2009. Variation in Tomato spotted wilt virus titer in *Frankliniella occidentalis* and its association with frequency of transmission. *Phytopathology* 99(4): 404–410. <https://doi.org/10.1094/PHTO-99-4-0404>
- Saad, AG; Pék, Z; Szuvandzsiev, P; Gehad, DH; Helyes, L. 2017. Determination of carotenoids in tomato products using Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 7(1): 27–31. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2017.7.1.27-31>
- Singh, VK., Singh, AK; Kumar, A. 2017. Disease management of tomato through PGPB:

- current trends and future perspective. 3 Biotech 7(4): 255-264. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0896-1>
- Soundharya, N; Srinivasan, S; Sivakumar, T; Kamalkumaran, PR. 2019. Effect of Foliar Application of Nutrients and Silicon on Yield and Quality Traits of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). International Journal of Pure and Applied Bioscience 7(2): 526–531. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.7491>
- Srinivas, C; Nirmala Devi, D; Narasimha Murthy, K; Mohan, CD., Lakshmeesha, TR; Singh, BP; Kalagatur, NK; Niranjana, SR; Hashem, A; Alqarawi, AA; Tabassum, B; Abd_Allah, EF; Chandra Nayaka, S. 2019. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity– A review. Saudi Journal of Biological Sciences 26(7): 1315–1324. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.06.002>
- Statista. 2020. Volumen de tomates frescos producidos al año en el mundo en 2012 y 2019. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/529413/produccion-de-tomates-frescos-en-el-mundo/>
- Teixeira, NC; Valim, JOS; Campos, WG. 2017. Silicon-mediated resistance against specialist insects in sap-sucking and leaf-chewing guilds in the Si non-accumulator collard. Entomologia Experimentalis et Applicata 165(1): 94–108. <https://doi.org/10.1111/eea.12628>
- Valarezcó, O; Cañarte, E; Navarrete, B; Arias, M. 2003. *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) principal plaga del tomate en Ecuador. Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias, 95 pp.
- Vallejo, L; Alvarado, S. 2011. Rol del Silicio en la Fertilidad de los Suelos y la Nutrición Vegetal. Revista Rumipamba:1-14.
- Vela, M. 2010. Caracterización Física, Química y Nutricional del Tomate Riñón (*Lycopersium esculentum*), en diferentes Suelos Edafoclimáticos, cultivados a Campo Abierto e Invernadero. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Villalón-Mendoza, H; Castillo-Villarreal, M; Garza-Ocañas, F; Guevara-González, J; Sánchez-Castillo, L. 2018. Silicon dioxide as a stimulant of the quality index of nursery-grown pequin pepper (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) plants. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 9(50): 294–303. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.247>
- Weintraub, PG; Scheffer, SJ; Visser, D; Valladares, G; Correa, AS; Shepard, BM; Rauf, A; Murphy, ST; Mujica, N; MacVean, C; Kroschel, J; Kishinevsky, M; Joshi, RC; Johansen, NS; Hallett, RH; Civelek, HS; Chen, B; Metzler, HB. 2017. The invasive *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae): Understanding its pest status and management globally. Journal of Insect Science 28(1):1-27. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew121>

Wilcox, J; Catignani, G; Lazarus, S. 2003. Tomatoes and Cardiovascular Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 43(1): 1–18.

Wintermantel, WM. 2004. Emergence of Greenhouse Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) Transmitted Criniviruses as Threats to Vegetable and Fruit Production in North America. . *APSnet Feature* 1-13. <https://doi.org/10.1094/apsnetfeature-2004-0604>

ANEXOS

1. Efecto sobre la prevalencia de plagas y enfermedades

Statistix 10,0
11:32:29

12/5/2021;

1.1 Datos no transformados Completely Randomized AOV for MB1

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	2	2,5913	1,29567	0,71	0,4965
Error	41	74,5905	1,81928		
Total	43	77,1818			

Grand Mean 4,1364 CV 32,61

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	0,01	0,9881
O'Brien's Test	0,01	0,9903
Brown and Forsythe Test	0,00	1,0000

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	2,0	0,68	0,5138
Error	27,3		

Component of variance for between groups -0,03572
Effective cell size 14,7

Tratam	N	Mean	SE
1	15	3,8000	0,3483
2	15	4,3333	0,3483
3	14	4,2857	0,3605

Completely Randomized AOV for MB2

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	2	0,5125	0,25624	0,20	0,8190
Error	38	48,5119	1,27663		
Total	40	49,0244			

Grand Mean 4,2195 CV 26,78

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	0,42	0,6590
O'Brien's Test	0,37	0,6945
Brown and Forsythe Test	0,19	0,8270

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	2,0	0,18	0,8392
Error	25,2		

Component of variance for between groups -0,07497
 Effective cell size 13,6

Tratam	N	Mean	SE
1	12	4,2500	0,3262
2	14	4,0714	0,3020
3	15	4,3333	0,2917

Completely Randomized AOV for Bact1

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	2	132,0	65,977	0,22	0,7999
Error	41	12047,0	293,830		
Total	43	12179,0			

Grand Mean 33,977 CV 50,45

Homogeneity of Variances		F	P
Levene's Test		0,10	0,9052
O'Brien's Test		0,09	0,9162
Brown and Forsythe Test		0,10	0,9038

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	2,0	0,21	0,8121
Error	27,3		

Component of variance for between groups -15,5435
 Effective cell size 14,7

Tratam	N	Mean	SE
1	15	36,333	4,4259
2	15	32,333	4,4259
3	14	33,214	4,5812

Completely Randomized AOV for Bact2

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	2	17,1	8,545	0,03	0,9709
Error	38	10970,7	288,703		
Total	40	10987,8			

Grand Mean 33,171 CV 51,22

Homogeneity of Variances		F	P
Levene's Test		0,32	0,7290
O'Brien's Test		0,29	0,7467
Brown and Forsythe Test		0,28	0,7539

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	2,0	0,03	0,9693
Error	24,6		

Component of variance for between groups -20,5851
 Effective cell size 13,6

Tratam	N	Mean	SE
1	12	32,500	4,9050
2	14	32,857	4,5411
3	15	34,000	4,3871

1.2. Datos transformados para el cumplimiento de los supuestos estadísticos (normalidad, homocedasticidad y aditividad)

Completely Randomized AOV for MB1sq

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	2	0,12663	0,06331	0,76	0,4753
Error	41	3,42729	0,08359		
Total	43	3,55392			

Grand Mean 2,3570 CV 12,27

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	0,13	0,8747
O'Brien's Test	0,12	0,8860
Brown and Forsythe Test	0,02	0,9762

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	2,0	0,69	0,5101
Error	27,3		

Component of variance for between groups -1,383E-03
 Effective cell size 14,7

Tratam	N	Mean	SE
1	15	2,2826	0,0747
2	15	2,4001	0,0747
3	14	2,3906	0,0773

Completely Randomized AOV for MB2sq

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	2	0,02495	0,01248	0,23	0,7992
Error	38	2,10330	0,05535		
Total	40	2,12826			

Grand Mean 2,3807 CV 9,88

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	0,51	0,6063
O'Brien's Test	0,45	0,6426
Brown and Forsythe Test	0,24	0,7878

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	2,0	0,20	0,8230
Error	25,2		

Component of variance for between groups -3,150E-03
Effective cell size 13,6

Tratam	N	Mean	SE
1	12	2,3901	0,0679
2	14	2,3473	0,0629
3	15	2,4042	0,0607

Completely Randomized AOV for Bact1sq

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	2	0,848	0,42401	0,17	0,8414
Error	41	100,259	2,44534		
Total	43	101,107			

Grand Mean 5,7602 CV 27,15

Homogeneity of Variances		F	P
Levene's Test		0,22	0,8068
O'Brien's Test		0,19	0,8253
Brown and Forsythe Test		0,07	0,9366

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	2,0	0,16	0,8552
Error	27,3		

Component of variance for between groups -0,13789
Effective cell size 14,7

Tratam	N	Mean	SE
1	15	5,9414	0,4038
2	15	5,6095	0,4038
3	14	5,7274	0,4179

Completely Randomized AOV for Bact2sq

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	2	0,2165	0,10823	0,04	0,9579
Error	38	95,5214	2,51372		
Total	40	95,7379			

Grand Mean 5,6864 CV 27,88

Homogeneity of Variances		F	P
Levene's Test		0,16	0,8509
O'Brien's Test		0,15	0,8595
Brown and Forsythe Test		0,23	0,7937

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	2,0	0,04	0,9568
Error	24,6		

Component of variance for between groups -0,17675
 Effective cell size 13,6

Tratam	N	Mean	SE
1	12	5,6319	0,4577
2	14	5,6307	0,4237
3	15	5,7821	0,4094

2. Efecto sobre la altura de planta (frecuencia 15 días)

Statistix 10,0
 13:48:34

17/5/2021;

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura for Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
2	39,522	A
3	35,411	AB
1	32,461	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,4456
 Critical Q Value 4,133 Critical Value for Comparison 4,2242
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura for Evaluació

Evaluació	Mean	Homogeneous Groups
90	79,156	A
75	63,133	B
60	30,600	C
45	18,333	D
30	13,800	DE
15	9,767	E

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 2,0444
 Critical Q Value 4,780 Critical Value for Comparison 6,9100
 There are 5 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura for Tratamien*Evaluació

Tratamien	Evaluació	Mean	Homogeneous Groups
2	90	90,467	A
1	90	75,400	B
3	90	71,600	B
2	75	70,000	B
3	75	65,000	BC
1	75	54,400	C

2	60	32,600	D
3	60	32,400	D
1	60	26,800	DE
2	45	19,933	DEF
3	45	19,200	DEF
1	45	15,867	EF
3	30	14,333	EF
2	30	14,133	EF
1	30	12,933	F
2	15	10,000	F
3	15	9,933	F
1	15	9,367	F

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 3,5409
Critical Q Value 5,538 Critical Value for Comparison 13,866
There are 6 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Resumen de las variables estadísticas

variable	Level	Mean	SD	SE	Minimum	Maximum
Evaluació	15	9,3667	1,3425	0,3466	7,0000	12,000
Evaluació	30	12,933	2,9873	0,7713	8,0000	18,000
Evaluació	45	15,867	3,1593	0,8157	10,000	20,000
Evaluació	60	26,800	4,9742	1,2843	21,000	35,000
Evaluació	75	54,400	8,4752	2,1883	40,000	70,000
Evaluació	90	75,400	7,7257	1,9948	57,000	88,000
Tratamien	1	32,461	25,014	2,6367	7,0000	88,000
Evaluació	15	10,000	1,3628	0,3519	7,0000	12,000
Evaluació	30	14,133	3,2484	0,8387	8,0000	20,000
Evaluació	45	19,933	5,9578	1,5383	13,000	30,000
Evaluació	60	32,600	11,457	2,9581	17,000	50,000
Evaluació	75	70,000	22,650	5,8481	40,000	110,00
Evaluació	90	90,467	20,466	5,2842	70,000	130,00
Tratamien	2	39,522	33,121	3,4913	7,0000	130,00
Evaluació	15	9,9333	1,2799	0,3305	8,0000	12,000
Evaluació	30	14,333	2,9921	0,7725	10,000	20,000
Evaluació	45	19,200	4,4753	1,1555	13,000	28,000
Evaluació	60	32,400	9,5603	2,4685	20,000	53,000
Evaluació	75	65,000	14,025	3,6214	50,000	90,000
Evaluació	90	71,600	9,2721	2,3940	50,000	84,000
Tratamien	3	35,411	25,730	2,7122	8,0000	90,000
Overall		35,798	28,239	1,7185	7,0000	130,00

3. Efecto sobre la altura de planta (frecuencia 21 días)

Statistix 10,0
15:02:38

17/5/2021;

Factorial AOV Table for Altura

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	2	2275	1137,3	7,69	0,0006
Evaluació	5	262308	52461,5	354,56	0,0000
Tratamien*Evaluació	10	1333	133,3	0,90	0,5332
Error	252	37286	148,0		
Total	269	303201			

Grand Mean 53,026
CV 22,94

Prueba de medias

Statistix 10,0
15:03:49

17/5/2021;

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura for Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
1	55,444	A
3	54,689	A
2	48,944	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,8133
Critical Q Value 4,133 Critical Value for Comparison 5,2987
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura for Evaluació

Evaluació	Mean	Homogeneous Groups
126	97,600	A
105	81,378	B
84	64,444	C
63	42,800	D
42	21,289	E
21	10,644	F

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 2,5644
Critical Q Value 4,780 Critical Value for Comparison 8,6676
All 6 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura for Tratamien*Evaluació

Tratamien	Evaluació	Mean	Homogeneous Groups
1	126	102,80	A
3	126	99,73	AB
2	126	90,27	ABC
3	105	83,73	BCD

1	105	83,13	BCDE
2	105	77,27	CDE
3	84	69,13	DEF
1	84	65,87	EF
2	84	58,33	FG
1	63	47,80	GH
3	63	44,13	GH
2	63	36,47	HI
1	42	22,13	IJ
3	42	21,07	IJ
2	42	20,67	IJ
1	21	10,93	J
2	21	10,67	J
3	21	10,33	J

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 4,4416
Critical Q Value 5,538 Critical Value for Comparison 17,393
There are 10 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Resumen estadístico

Statistix 10,0
15:04:29

17/5/2021;

Breakdown for Altura

Variable	Level	Mean	SD	SE	Minimum	Maximum
Evaluació	21	10,933	2,0517	0,5297	7,0000	15,000
Evaluació	42	22,133	3,5429	0,9148	14,000	28,000
Evaluació	63	47,800	12,249	3,1626	34,000	72,000
Evaluació	84	65,867	7,7724	2,0068	50,000	80,000
Evaluació	105	83,133	14,904	3,8481	65,000	120,00
Evaluació	126	102,80	17,921	4,6272	85,000	150,00
Tratamien	1	55,444	34,314	3,6170	7,0000	150,00
Evaluació	21	10,667	1,2344	0,3187	8,0000	13,000
Evaluació	42	20,667	4,7459	1,2254	13,000	30,000
Evaluació	63	36,467	8,3141	2,1467	24,000	50,000
Evaluació	84	58,333	15,112	3,9020	35,000	85,000
Evaluació	105	77,267	13,382	3,4551	55,000	95,000
Evaluació	126	90,267	14,935	3,8563	72,000	120,00
Tratamien	2	48,944	30,978	3,2654	8,0000	120,00
Evaluació	21	10,333	1,2344	0,3187	8,0000	12,000
Evaluació	42	21,067	5,7379	1,4815	9,0000	30,000
Evaluació	63	44,133	14,721	3,8008	20,000	70,000
Evaluació	84	69,133	20,746	5,3567	47,000	110,00
Evaluació	105	83,733	17,746	4,5820	63,000	120,00
Evaluació	126	99,733	13,139	3,3925	85,000	128,00
Tratamien	3	54,689	35,272	3,7180	8,0000	128,00
Overall		53,026	33,573	2,0432	7,0000	150,00

Cases Included 270 Missing Cases 0

4. Efecto sobre número de flores, de frutos y peso de frutos

Factorial AOV Table for Nflores

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	2	7,4667	3,73333	6,27	0,0029
Piso	1	0,7111	0,71111	1,19	0,2775
Trat*Piso	2	1,4222	0,71111	1,19	0,3079
Error	84	50,0000	0,59524		
Total	89	59,6000			

Grand Mean 4,6000
CV 16,77

Factorial AOV Table for Nfrutos

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	2	3,267	1,63333	1,18	0,3135
Piso	1	0,178	0,17778	0,13	0,7214
Trat*Piso	2	9,489	4,74444	3,42	0,0375
Error	84	116,667	1,38889		
Total	89	129,600			

Grand Mean 2,9333
CV 40,18

Factorial AOV Table for Pfruto

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	2	361,4	180,69	0,19	0,8277
Piso	1	18,4	18,36	0,02	0,8900
Trat*Piso	2	2674,2	1337,11	1,40	0,2517
Error	84	80085,8	953,40		
Total	89	83139,7			

Grand Mean 204,65
CV 15,09

Prueba de medias

Statistix 10,0
16:08:59

17/5/2021;

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Nflores for Trat

Trat	Mean	Homogeneous Groups
2	4,8667	A
1	4,7333	AB
3	4,2000	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,1992
Critical Q Value 4,244 Critical Value for Comparison 0,5978
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Nflores for Piso

Piso	Mean	Homogeneous Groups
2	4,6889	A
1	4,5111	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,1627
Critical Q Value 3,726 Critical Value for Comparison 0,4285
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Nflores for Trat*Piso

Trat	Piso	Mean	Homogeneous Groups
2	1	4,8667	A
2	2	4,8667	A
1	2	4,7333	A
1	1	4,7333	A
3	2	4,4667	A
3	1	3,9333	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,2817
Critical Q Value 4,929 Critical Value for Comparison 0,9819
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Nfrutos for Trat

Trat	Mean	Homogeneous Groups
2	3,2000	A
3	2,8333	A
1	2,7667	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,3043
Critical Q Value 4,244 Critical Value for Comparison 0,9132
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Nfrutos for Piso

Piso	Mean	Homogeneous Groups
2	2,9778	A
1	2,8889	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,2485
Critical Q Value 3,726 Critical Value for Comparison 0,6545
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Nfrutos for Trat*Piso

Trat	Piso	Mean	Homogeneous Groups
3	2	3,3333	A
2	1	3,3333	A
2	2	3,0667	A
1	1	3,0000	A
1	2	2,5333	A
3	1	2,3333	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,4303

Critical Q Value 4,929 Critical Value for Comparison 1,4999
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Pfruto for Trat

Trat	Mean	Homogeneous Groups
3	207,35	A
1	204,04	A
2	202,56	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 7,9725
 Critical Q Value 4,244 Critical Value for Comparison 23,925
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Pfruto for Piso

Piso	Mean	Homogeneous Groups
2	205,10	A
1	204,20	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 6,5095
 Critical Q Value 3,726 Critical Value for Comparison 17,148
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Pfruto for Trat*Piso

Trat	Piso	Mean	Homogeneous Groups
3	2	214,44	A
1	1	210,30	A
2	2	203,08	A
2	1	202,04	A
3	1	200,26	A
1	2	197,78	A

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 11,275
 Critical Q Value 4,929 Critical Value for Comparison 39,298
 There are no significant pairwise differences among the means.

Resumen Estadístico

Statistix 10,0
 16:09:52

17/5/2021;

Breakdown for Nflores

Variable	Level	Mean	SD	SE	Minimum	Maximum
Piso	1	4,7333	0,4577	0,1182	4,0000	5,0000
Piso	2	4,7333	0,7037	0,1817	4,0000	6,0000
Trat	1	4,7333	0,5833	0,1065	4,0000	6,0000
Piso	1	4,8667	0,9904	0,2557	4,0000	7,0000
Piso	2	4,8667	0,9155	0,2364	3,0000	6,0000
Trat	2	4,8667	0,9371	0,1711	3,0000	7,0000
Piso	1	3,9333	0,7037	0,1817	3,0000	5,0000
Piso	2	4,4667	0,7432	0,1919	3,0000	6,0000
Trat	3	4,2000	0,7611	0,1390	3,0000	6,0000
Overall		4,6000	0,8183	0,0863	3,0000	7,0000

Cases Included 90 Missing Cases 0

Breakdown for Nfrutos

Variable	Level	Mean	SD	SE	Minimum	Maximum
Piso	1	3,0000	1,1339	0,2928	1,0000	5,0000
Piso	2	2,5333	1,1255	0,2906	1,0000	5,0000
Trat	1	2,7667	1,1351	0,2072	1,0000	5,0000
Piso	1	3,3333	1,5430	0,3984	1,0000	6,0000
Piso	2	3,0667	1,0328	0,2667	1,0000	5,0000
Trat	2	3,2000	1,2972	0,2368	1,0000	6,0000
Piso	1	2,3333	1,1751	0,3034	1,0000	5,0000
Piso	2	3,3333	0,9759	0,2520	1,0000	5,0000
Trat	3	2,8333	1,1769	0,2149	1,0000	5,0000
Overall		2,9333	1,2067	0,1272	1,0000	6,0000

Cases Included 90 Missing Cases 0

Breakdown for Pfruto

Variable	Level	Mean	SD	SE	Minimum	Maximum
Piso	1	210,30	32,069	8,2801	158,50	249,25
Piso	2	197,78	35,714	9,2214	158,50	241,50
Trat	1	204,04	33,952	6,1988	158,50	249,25
Piso	1	202,04	30,445	7,8610	158,50	249,25
Piso	2	203,08	31,847	8,2229	158,50	249,25
Trat	2	202,56	30,617	5,5899	158,50	249,25
Piso	1	200,26	26,408	6,8184	158,50	249,25
Piso	2	214,44	27,892	7,2017	158,50	249,25
Trat	3	207,35	27,646	5,0474	158,50	249,25
Overall		204,65	30,564	3,2217	158,50	249,25

Cases Included 90 Missing Cases 0

5. Efecto sobre el diámetro ecuatorial y polar del fruto

Statistix 10,0
14:13:09

19/5/2021;

Completely Randomized AOV for DiamEC

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	2	0,6705	0,33527	0,64	0,5314
Error	42	21,9364	0,52230		
Total	44	22,6070			

Grand Mean 6,6891 CV 10,80

Homogeneity of Variances			F	P
Levene's Test			0,17	0,8481
O'Brien's Test			0,15	0,8583
Brown and Forsythe Test			0,37	0,6946

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	2,0	0,65	0,5315
Error	27,9		

Component of variance for between groups -0,01247
 Effective cell size 15,0

Tratam Mean

1	6,5867
2	6,8607
3	6,6200
Observations per Mean	15
Standard Error of a Mean	0,1866
Std Error (Diff of 2 Means)	0,2639

Completely Randomized AOV for DiamPolar

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	2	0,68844	0,34422	1,93	0,1579
Error	42	7,49467	0,17844		
Total	44	8,18311			

Grand Mean 5,9644 CV 7,08

Homogeneity of Variances			F	P
Levene's Test			0,71	0,4973
O'Brien's Test			0,66	0,5228
Brown and Forsythe Test			0,09	0,9160

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	2,0	1,81	0,1827
Error	27,8		

Component of variance for between groups 0,01105
 Effective cell size 15,0

Tratam Mean

1	5,9400
2	6,1267
3	5,8267
Observations per Mean	15
Standard Error of a Mean	0,1091
Std Error (Diff of 2 Means)	0,1542