



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA AGRONOMÍA

Trabajo de Integración
Curricular previo a la obtención
del Grado Académico de
Ingeniero Agrónomo.

Proyecto de Investigación:

“EFECTO DEL SELENIO EN PLANTAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO”

Autor:

Adriana Mariuxi Benítez Salvador

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, MSc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS

Yo **Adriana Mariuxi Benítez Salvador**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Adriana Mariuxi Benítez Salvador

C.I: 1206688192



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. **Luis Tarquino Llerena Ramos**, MSc., Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Adriana Mariuxi Benítez Salvador**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Efecto del selenio en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero**”, previo a la obtención del Grado Académico de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, Ing. **Luis Tarquino Llerena Ramos** MSc., mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**Efecto del selenio en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero**”, Presentado por el estudiante **Adriana Mariuxi Benítez Salvador**, egresado de la Carrera de Agronomía, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 93% y similitud 7%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.



Document Information

Analyzed document	Benitez Salvador Adriana. Proyecto de Investigación.pdf (D179603332)
Submitted	2023-11-23 02:38:00
Submitted by	
Submitter email	lmlerenaramos@uteq.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	lmlerenaramos.uteq@analysis.arkund.com

.....
Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Efecto del selenio en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero”

Presentado al Consejo Directivo de la Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Biol. Fernando Abasolo Pacheco, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Víctor Manuel Guamán Sarango, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Favio Eduardo Herrera Eguez, PhD.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTOS

A la prestigiosa Universidad Técnica Estatal de Quevedo por abrirme las puertas e inducirme en el sendero de la formación académica que me ha otorgado en estos años de estudio durante mi carrera.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales por haber sido mi segundo hogar durante todos estos años y permitirme llevar a cabo esta investigación dentro de sus instalaciones.

También quiero agradecer el apoyo recibido de mis miembros del tribunal, al Dr. Fernando Abasolo Pacheco, al Dr. Víctor Guamán Sarango y al Dr. Favio Herrera Eguez, por todas sus aportaciones y asesorías recibidas para el desarrollo de esta tesis, les reconozco todas las enseñanzas que recibí de cada uno de ustedes, así también a las contribuciones que han hecho para que esta tesis llegue a su culminación.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo y culminación del presente trabajo.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado con mucho cariño, admiración y respeto:

En primera instancia a DIOS que me dio la vida, sabiduría, paciencia, humildad y permitirme culminar esta etapa de esta maravillosa profesión.

A mis padres José Benítez y Bartola Salvador por su amor, sacrificio y apoyo incondicional, por inculcándome valores, confianza, recursos y guías para poder seguir luchando en este arduo camino de mi vida. Sin ellos no tendría significado este logro del cual espero que estén muy orgullosos. A mis hermanas, que me apoyaron en todo momento.

A mis amigos Jinson, Michelle, Shirley, Mary, Magenka, Nallely, Bryan y a todas aquellas personas que me han brindado su apoyo de manera oportuna y que no dejaron de creer en mi capacidad para superar obstáculos difíciles, llegando siempre a mi meta con humildad y esfuerzo.

Y en lo personal me dedico a mí mismo por mi esfuerzo, perseverancia y ganas de seguir luchando día tras día, por alcanzar uno de los retos más importantes que están enmarcando en esta etapa, sin importar las adversidades.

Adriana Mariuxi Benítez Salvador

RESUMEN

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza de gran popularidad a nivel mundial debido a su valor nutricional. El selenio es un elemento benéfico para las plantas en concentraciones bajas, brinda mayor tolerancia contra estrés biótico y abiótico, estimulando el crecimiento de las plantas. La presente investigación se llevó a cabo en el Campus Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, con el objetivo de evaluar el efecto del selenio en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos. T1 (Testigo químico 5 g\kristalon), T2 (selenio 4mg/planta), T3 (selenio 6mg/planta), T4 (selenio 8mg/planta), las variables evaluadas fueron porcentaje de emergencia, días a la floración, altura de planta, diámetro de tallo, longitud, número y peso del fruto, rendimiento, análisis económico. Como resultados el T4 mostro mayor altura de planta a los 30, 45 y 60 días (41.85 cm, 72.6 cm y 121.35 cm) y diámetro de tallo a los 30 y 60 (0.41 cm y 1.13cm), a los 45 días el T2 (0.65 cm). En la primera cosecha el T3 tuvo 9 frutos, el T4 alcanzo mayor peso de los frutos (450.75 gramos) y diámetro de los frutos (6.11 cm) y el T1 mayor longitud de los frutos, (10.33 cm). En la segunda Cosecha, el T4 tuvo mayor número de frutos (11 frutos), peso de los frutos (444.45 gramos) y diámetro de los frutos (6.03 cm), en la longitud de los frutos el T2 fue mayor (10.66 cm), Los tratamientos con selenio (T2, T3 y T4) superan el rendimiento y la rentabilidad, el T4 destacada con una rentabilidad de 325.75%. La aplicación del selenio demostró efectividad tanto en las variables agronómicas como en las reproductivas, además de aumentar el rendimiento del cultivo.

Palabras claves: Solanáceas, rentabilidad, condiciones de invernadero, variables reproductivas, rendimiento

ABSTRACT

Pepper (*Capsicum annuum* L.) is a vegetable of great popularity worldwide due to its nutritional value. Selenium is a beneficial element for plants in low concentrations, it provides greater tolerance against biotic and abiotic stress, stimulating plant growth. The present research was carried out at the Campus “La María” of the Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, with the objective of evaluating the effect of selenium on pepper plants (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions. A completely randomized design (DCA) was used, with four treatments. T1 (Chemical control 5 g\kristalon), T2 (selenium 4mg/plant), T3 (selenium 6mg/plant), T4 (selenium 8mg/plant), the variables evaluated were percentage of emergence, days to flowering, plant height, stem diameter, length, number and weight of the fruit, yield, economic analysis. As results, T4 showed greater plant height at 30, 45 and 60 days (41.85 cm, 72.6 cm and 121.35 cm) and stem diameter at 30 and 60 (0.41 cm and 1.13cm), and at 45 days T2 (0.65 cm). In the first harvest, T3 had 9 fruits, T4 reached the highest fruit weight (450.75 grams) and fruit diameter (6.11 cm), and T1 achieved the highest fruit length (10.33 cm). In the second Harvest, T4 had a greater number of fruits (11 fruits), fruit weight (444.45 grams) and fruit diameter (6.03 cm), in fruit length T2 was greater (10.66 cm), Treatments with selenium (T2, T3 and T4) exceed performance and profitability, T4 standing out with a profitability of 325.75%. The application of selenium demonstrated effectiveness in both agronomic and reproductive variables, in addition to increasing crop yield.

Keywords: Solanaceae, profitability, greenhouse conditions, reproductive variables, performance

TABLA DE CONTENIDO

Portada.....	i
Declaración de autoría y sesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iii
Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico.....	iv
Certificado de aprobación del tribunal.....	v
Agradecimientos.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
Tabla de contenido.....	x
Código dublín.....	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación.....	7
CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1. Marco conceptual.....	9
2.1.1. Pimiento.....	9
2.1.2. Selenio.....	9
2.1.3. Invernadero.....	9
2.2. Marco referencial.....	9
2.2.1. Origen y distribución.....	9
2.2.2. Cultivo de pimiento en el Ecuador.....	10
2.2.3. Taxonomía.....	10
2.2.4. Características botánicas.....	10
2.2.5. Variedades del pimiento.....	12
2.2.6. Fisiología de la planta.....	13
2.2.7. Producción y oferta mundial.....	14

2.2.8.	Requerimientos edafoclimáticos.....	14
2.2.9.	Prácticas culturales.....	15
2.2.10.	Selenio.....	17
2.2.11.	Revisión histórica del tema en estudio.....	18
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		25
3.1.	Localización	26
3.2.	Tipo de investigación	26
3.3.	Método de investigación	26
3.4.	Fuentes de recopilación de la información.....	27
3.5.	Diseño de la investigación.....	27
3.5.1.	Factor de estudio	27
3.5.2.	Tratamientos a evaluar	27
3.5.3.	Diseño experimental	28
3.5.4.	Características de las unidades experimentales	28
3.6.	Instrumentos de investigación	29
3.6.1.	Manejo del experimento	29
3.6.1.1.	Llenado de fundas.	29
3.6.1.2.	Elaboración del sustrato.	29
3.6.1.3.	Elaboración del semillero.....	29
3.6.1.4.	Trasplante.	29
3.6.1.5.	Tutoreo.	30
3.6.1.6.	Control de malezas.....	30
3.6.1.7.	Fertilización.....	30
3.6.1.8.	Riego.	30
3.6.1.9.	Cosecha.	30
3.6.2.	Variables a evaluar	31
3.6.2.1.	Porcentaje de emergencia.....	31
3.6.2.2.	Días a la floración.	31
3.6.2.3.	Altura de planta (cm).....	31
3.6.2.4.	Diámetro de tallo.....	31
3.6.2.5.	Longitud del Fruto (cm).....	31
3.6.2.6.	Número de frutos por planta.....	31
3.6.2.7.	Peso del fruto (g).....	32
3.6.2.8.	Rendimiento (kg ha ⁻¹).	32
3.6.2.9.	Análisis económico.	32
3.7.	Tratamiento de los datos.....	32
3.8.	Recursos humanos y materiales	33

3.8.1.	Recursos humanos	33
3.8.2.	Materiales de campo	33
3.8.3.	Materiales de oficina.....	33
3.8.4.	Material vegetal	34
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1.	Resultados	36
4.1.1.	Altura de planta.....	36
4.1.2.	Diámetro de tallo.....	36
4.1.3.	Variabes productivas en la primera cosecha.....	37
4.1.4.	Variabes productivas en la segunda cosecha	38
4.1.5.	Rendimiento kg/parcela	39
4.1.6.	Análisis económico.....	40
4.2.	Discusión	41
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		44
5.1.	Conclusiones	45
5.2.	Recomendaciones.....	46
CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA		47
6.1.	Bibliografía.....	48
CAPÍTULO VII ANEXOS.....		53
7.1.	Anexos.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones agroclimáticas del Campus “La María”-UTEQ-Mocache.....	26
Tabla 2. Tratamientos en estudio.....	27
Tabla 3 Esquema del análisis de varianza	28
Tabla 4. Características de las unidades experimentales	28
Tabla 5. Altura de planta a los 30, 40 y 60 días después de la aplicación del selenio en plantas.....	36
Tabla 6. Diámetro de tallo a los 30, 40 y 60 días después de la aplicación del selenio en plantas	37
Tabla 7. Variables productivas (número, peso, longitud y diámetro de frutos) en la primera cosecha	38
Tabla 8. Variables productivas (número, peso, longitud y diámetro de frutos) en la segunda cosecha	39
Tabla 9. Rendimiento en kg/parcela en plantas de pimiento después de la aplicación de selenio.....	40
Tabla 10. Análisis económicos de la investigación en pimiento después de la aplicación de selenio.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. a) Preparación del sustrato, b) germinación del pimiento, c y d) trasplante.....	54
Anexo B. a, b y c) Aplicación del selenio, b) germinación del pimiento, c y d) trasplante	54
Anexo C. a) Tutorío de las plantas, b) Riego, c y d) toma de datos de altura y diámetro del tallo, e) cosecha de los frutos de pimiento y f) peso de los frutos de pimiento	55
Anexo D. ADEVA de altura de planta a los 30 días	56
Anexo E. ADEVA de altura de planta a los 45 días	56
Anexo F. ADEVA de altura de planta a los 60 días.....	56
Anexo G. ADEVA de diámetro de tallo a los 30 días	57
Anexo H. ADEVA de diámetro de tallo a los 45 días	57
Anexo I. ADEVA de diámetro de tallo a los 60 días	57
Anexo J. ADEVA de número de fruto de la primera cosecha	58
Anexo K. ADEVA de número de fruto de la segunda cosecha	58
Anexo L. ADEVA de peso de fruto de la primera cosecha	58
Anexo M. ADEVA de peso de fruto de la segunda cosecha	59
Anexo N. ADEVA de longitud de fruto de la primera cosecha	59
Anexo O. ADEVA de longitud de fruto de la segunda cosecha	59
Anexo P. ADEVA de diámetro de fruto de la primera cosecha.....	60
Anexo Q. ADEVA de diámetro de fruto de la segunda cosecha	60
Anexo R. ADEVA de Rendimiento kg/parcela	60

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Efecto del selenio en plantas de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones de invernadero”				
Autor:	Adriana Mariuxi Benítez Salvador				
Palabras clave:	Solanáceas	rentabilidad	condiciones de invernadero	variables reproductivas	rendimiento
Fecha de publicación:					
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2023				
Resumen:	<p>El pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) es una hortaliza perteneciente a la familia de las solanáceas de gran popularidad a nivel mundial debido a su valor nutricional y delicioso sabor. El selenio es un elemento benéfico para las plantas en concentraciones bajas, brinda mayor resistencia contra el estrés oxidativo, tolerancia contra estrés biótico y abiótico, incremento en la síntesis de pigmentos fotosintéticos, mayor crecimiento en plantas y rendimiento de los cultivos. La presente investigación se llevó a cabo en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus “La María”</p>				
Abstract:	<p>Pepper (<i>Capsicum annuum</i> L.) is a vegetable belonging to the nightshade family that is very popular worldwide due to its nutritional value and delicious flavor. Selenium is a beneficial element for plants in low concentrations, it provides greater resistance against oxidative stress, tolerance against biotic and abiotic stress, increased synthesis of photosynthetic pigments, greater growth in plants and crop yields. The present research was carried out in the greenhouse of the Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales and of the Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus “La María”</p>				
Descripción:	76 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URL:					

Introducción

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza perteneciente a la familia de las solanáceas que goza de una gran popularidad a nivel mundial debido a su valor nutricional y su delicioso sabor. Es cultivado en numerosos países que cuentan con las condiciones adecuadas para su crecimiento y desarrollo (Olivet y Cobas, 2021). En Ecuador la producción de pimiento, se la da en forma de monocultivo como en asociación con otros cultivos, abarca una extensión de 1.145 ha. De este total, se ha cosechado aproximadamente 1.070 ha (Collantes, 2015).

El selenio es un elemento benéfico para esta especie en concentraciones bajas. Sin embargo, si las concentraciones de selenio son altas en la fase más crítica de la plántula pueden provocar toxicidad debido al cambio de estructura y función de las proteínas, así como inducir estrés oxidativo, lo que conduce a la alteración de varios procesos metabólicos, por lo cual es necesario realizar un estudio para generar conocimientos técnicos y científicos acerca de los efectos del selenio en el crecimiento del pimiento, el cual permitirá un uso adecuado en la horticultura en función de su concentración y método de aplicación (González *et al.*, 2022).

Las deficiencias nutricionales afectan a la producción y rendimiento del cultivo, elementos como el selenio tienen beneficios fisiológicos que brinda a las plantas de pimiento mayor resistencia contra el estrés oxidativo, tolerancia contra estrés biótico y abiótico, incremento en la síntesis de pigmentos fotosintéticos, mayor crecimiento en plantas y rendimiento de los cultivos (González *et al.*, 2022).

El selenio cumple un papel en diferentes procesos fisiológicos que ayudan a las plantas a crecer, defenderse de depredadores y patógenos, estrés hídrico, entre otros procesos (González *et al.*, 2023) y (Romero, 2022). Sin embargo, las respuestas fisiológicas y bioquímicas varían ampliamente entre especies. El selenio en el suelo existe tanto en formas orgánicas como inorgánicas; sin embargo, las plantas lo usan solo en formas inorgánicas (selenato, selenito). La materia orgánica del suelo es una importante reserva de selenio y está disponible para que la absorban las plantas con el tiempo (Chiriboga, 2019).

Por lo anterior, la presente investigación tuvo como finalidad evaluar efecto del selenio en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero, debido a que el selenio en la agricultura es un fertilizante fundamental en los cultivos de origen hortícola, que aportan beneficios tanto al suelo como a la planta.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

En Ecuador, la agricultura ha sido la encargada de proporcionar los nutrientes necesarios para que las personas puedan llevar una vida completamente saludable. Con el pasar de los tiempos, el inadecuado uso del selenio ha afectado al rendimiento de los cultivos y generando distintos problemas de contaminación al medio ambiente, de tal manera, se busca hacer uso de productos amigables con el medio ambiente para que reduzcan su impacto negativo

Dentro de la problemática, se exige trabajar con productos que sean beneficiosos para los cultivos hortícolas, que permitan el crecimiento primario como secundario de las plantas, el aumento del rendimiento, la producción y demanda de las hortalizas

Diagnóstico

La producción de pimiento a nivel nacional hace un uso indiscriminado de fertilizantes, lo cual ha logrado a través del tiempo que tengan un efecto negativo en la fisiología de las plantas, así también como el rendimiento del cultivo, por lo cual una fertilización equilibrada es esencial para evitar el exceso o la deficiencia de nutrientes

Pronóstico

Para obtener unos mejores resultados se propone a los agricultores realizar una buena fertilización con el fin de mejorar a la producción en cuanto a rendimiento, además de mejorar el vigor de las plantas tanto morfológicamente como fisiológicamente

1.1.2. Formulación del problema

¿Qué efectos lograría causar el selenio sobre el crecimiento, productividad en las plantas de pimiento?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál es el impacto de la aplicación de selenio en el desarrollo de los indicadores de crecimiento en plantas de pimiento?

¿Cómo afecta la aplicación de selenio influirá a las variables de productividad en plantas de pimiento?

¿Cuál es la dosis óptima de selenio que maximiza el rendimiento en plantas de pimiento?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del selenio en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar los efectos del selenio en los indicadores de crecimiento de las plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero.
- Determinar el impacto del selenio en las variables de productividad y rendimiento de las plantas de pimiento bajo condiciones de invernadero.
- Realizar un análisis económico para evaluar el rendimiento en función de los costos asociados a los diferentes tratamientos de la aplicación de selenio en el cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero.

1.3. Justificación

En el Ecuador, la producción del pimiento, representa una importante fuente de ingreso hacia las personas que se dedican a la producción de este cultivo, ya que es una de las principales hortalizas consumidas, por su sabor, por presentar propiedades nutricionales que lo convierten en uno de los más consumidos a nivel mundial.

Mediante la utilización del selenio se busca obtener una nueva alternativa de manejo, ya que aparte de ser un elemento muy esencial que se encuentra en toda la corteza terrestre también es un componente que ayuda al desarrollo de las plantas y la desintoxicación de los suelos. Es por ello que a través de ensayos, técnicas y teorías se buscará dar a conocer todos sus beneficios y el manejo correcto del mismo.

El uso de selenio en la agricultura es su efecto positivo en la calidad de los cultivos. El selenio puede mejorar la calidad nutricional de los cultivos, aumentando la concentración de nutrientes esenciales, como vitaminas y minerales, en los productos agrícolas. Esto es especialmente relevante en aquellas áreas donde el suelo es deficiente en selenio, lo que puede llevar a deficiencias nutricionales en la población local.

Por tal motivo, en el presente trabajo de investigación se pretende buscar y generar información para el desarrollo de la aplicación de selenio en la horticultura, de una manera eficiente a través de la absorción de nutrientes del suelo hacia la planta, es por ello la importancia de la implementación del selenio en el cultivo de pimiento, porque pretende incrementar el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas de manera directa e indirecta; como incrementar el mecanismo de defensa para ataque de patógenos.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Pimiento

El pimiento (*Capsicum annun L.*), es una planta de origen americano ampliamente cultivada en todo el mundo, destacando por su relevancia tanto a nivel nacional como global debido a su extensa difusión y su notable impacto económico. Se sitúa como la quinta hortaliza más cultivada en términos de área de cultivo y la octava en la producción a nivel (Collantes, 2015).

2.1.2. Selenio

El selenio es generalmente un elemento poco abundante en la mayoría de los suelos, encontrándose comúnmente en niveles por debajo de 1 ppm; no obstante, en suelos seleníferos pueden encontrarse concentraciones de entre 4 a 100 ppm (Gupta, 2018).

2.1.3. Invernadero

Un invernadero es una construcción cuya cubierta o techo es de un material que deja pasar la luz solar, facilitando la acumulación de calor durante el día y desprendiéndolo lentamente durante la noche, cuando las temperaturas descienden drásticamente. De esta manera se evitan las pérdidas de los cultivos ocasionadas por las heladas así como por las bajas temperaturas (Estrada, 2012).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Origen y distribución

Este cultivo fue introducido en el Viejo Mundo por Colón durante su primer viaje en 1493. En el siglo XVI se había difundido su cultivo en España, desde donde se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses. Su introducción en Europa supuso un avance culinario, ya que vino a complementar e incluso sustituir a otro condimento muy empleado como era la pimienta negra (*Piper nigrum L.*), de gran importancia comercial entre Oriente y Occidente (Collantes, 2015).

2.2.2. Cultivo de pimiento en el Ecuador

El cultivo de pimiento en el Ecuador alcanza una superficie total de 3,869 hectáreas (entre monocultivo y asociado con otros cultivos), cosechándose 7,273 toneladas métricas, con rendimientos promedios de 1.88 t/ha; los mismos que son extremadamente bajos. Las principales provincias productoras de pimiento son Chimborazo, Imbabura, Loja y Santa Elena ((Navarrete, 2019).

2.2.3. Taxonomía

El pimiento tiene la siguiente clasificación taxonómica (Jiménez, 2018).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Capsiceae

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum annuum* L

2.2.4. Características botánicas

2.2.4.1. Raíz.

Presenta una raíz pivotante y profunda, dependiendo de la profundidad y textura del suelo, con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 cm y 1 m (Chiriboga, 2019).

2.2.4.2. Tallo.

Crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura emite 2 o 3 ramificaciones

dependiendo de la variedad y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (Chiriboga, 2019).

2.2.4.3. Hojas.

Entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado y un peciolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso dependiendo de la variedad, y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del peciolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto (Chiriboga, 2019).

2.2.4.4. Flores.

Por lo general las flores del pimiento son solitarias, pocas veces se agrupan de dos o tres en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas y un pedúnculo hacia abajo. Son pequeñas, con una corola blanca soldada, rara vez violeta pálido, enrodada de cinco pétalos. El cáliz también es enrodado consta de cinco sépalos verdes soldados entre sí que persisten en el fruto. En cuanto a la polinización esta es autógama, con un pequeño porcentaje de alogamia del 10% (Navarrete, 2019).

2.2.4.5. Frutos.

Presentan una baya hueca y vistosas, semi cartilaginosa y deprimida, con colores variables (verde durante su crecimiento y desarrollo y rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco a la madurez). Su tamaño y forma es variable, llegando a los 500g y de 5 a 25cm de largo. En una placenta cónica central se encuentran insertadas las semillas las mismas que son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5cm (Navarrete, 2019).

2.2.4.6. Semillas.

Las semillas se implantan incrustadas en una cónica disposición a mitad de camino. Son

ajustados, algo reniformes, de color amarillo claro en el sombreado y longitud variable en algún lugar en el rango de 3 y 5 mm (Morán, 2021).

2.2.5. Variedades del pimiento

Actualmente hay numerosas variedades de pimiento que se adaptan a cualquier fecha de plantación, pero lo más habitual es desde mayo a septiembre, según la comarca de cultivo y el destino de la producción. Se utilizan principalmente variedades híbridas, por su gran disponibilidad de semillas de los diferentes tipos de pimientos, por sus elevados rendimientos y adaptación a las condiciones del cultivo protegido con plantas a las que se le ha incorporado resistencias a una gran variedad de hongos y virus (Rodríguez, 2017).

Dentro de las variedades de fruto dulce se pueden distinguir tres tipos de pimiento:

2.2.5.1. Tipo Lamuyo.

Presentan frutos largos y con sección cuadrada y rectangular de carne gruesa. Los cultivares en general son de vegetación frondosa y vigorosa. Son menos sensible al frío que los Tipo California. Por lo tanto, suelen cultivarse más tardíos. Pueden ser de color verde oscuro antes de su madurez fisiológica, rojo intenso al madurar y algunos amarillos (Rodríguez, 2017).

2.2.5.2. Tipo California.

Frutos cortos y anchos de sección cuadrada con tres o cuatro cascotes bien marcados de carne gruesa con hombros muy marcados y pronunciados. Los cultivares son más exigentes en temperatura por lo que la plantación se realiza más temprano. Presenta un color verde, rojo y amarillo (Rodríguez, 2017).

2.2.5.3. Tipo dulce italiano.

Frutos alargados, estrechos, puntiagudos de sección triangular de carne fina. Tolerantes al frío. Su piel es de un color verde brillante que se torna rojo conforme madura (Rodríguez, 2017).

2.2.6. Fisiología de la planta

2.2.6.1. Germinación.

Es un proceso complejo en el que se distinguen tres etapas: etapa de hidratación, etapa de germinación rigurosa y etapa de crecimiento. En los cultivares de *Capsicum annuum* no presentan latencia seminal, si las semillas están inmaduras, por ende, se retrasa la germinación, sobre la germinación inciden diversos factores, destacando la necesidad de humedad y aireación, así como un rango térmico de 20-30 °C. A temperaturas próximas a 30 °C la germinación es más rápida que con temperaturas más bajas (Orellana y León, 2011).

2.2.6.2. Emergencia.

La emergencia de la semilla normalmente es de 8 y 12 días, aunque en otras especies este tiempo se alarga a 25 días, en esta etapa se observa altos niveles de mortalidad (Navarrete, 2019).

2.2.6.3. Crecimiento vegetativo rápido.

En la sexta a octava hoja se reduce el crecimiento de la parte radicular, e incrementándose en crecimiento del tallo y las hojas. El tallo se bifurca y a medida que la planta crece se forman ramificaciones, las hojas adquieren su tamaño máximo. Esta fase empieza a los 40 y 45 días terminando al momento del desarrollo de los frutos (Navarrete, 2019).

2.2.6.4. Crecimiento de la plántula.

En esta etapa, existe un fuerte desarrollo de las primeras raíces, también la formación de las partes aéreas, se desarrollan las primeras hojas alternas siendo más pequeñas que las hojas de la planta adulta. En esta etapa se puede evidenciar ataque de plagas y enfermedades (Navarrete, 2019).

2.2.6.5. Floración y fructificación.

Se forman abundantes flores terminales, al momento que los frutos empiezan a madurar, y

la planta entra en un nuevo proceso de crecimiento vegetativo y producción de flores, de esta manera se da los siguientes ciclos de producción, se conoce que en el primer ciclo de fructificación se tiene los frutos de mayor tamaño (Navarrete, 2019).

Después de la floración y de la cuajada de frutos, éstos empiezan a desarrollarse y a crecer, y se logra en este periodo la mayor acumulación de materia seca en la fruta, a un ritmo relativamente estable (Berríos *et al.*, 2017).

2.2.7. Producción y oferta mundial

La producción mundial de pimiento es de unos 25 millones de toneladas siendo el principal productor China con el 56 % de la producción total, seguido de México y Turquía. En la Unión Europea es España el principal productor de pimiento seguido de los Países Bajos y de Italia. Estados Unidos es otro país productor e importador de pimientos sobre todo de Holanda (Reche, 2010).

2.2.8. Requerimientos edafoclimáticos

2.2.8.1. Temperatura.

La temperatura óptima para este cultivo es de 18 a 27 °C donde se obtiene la mejor floración y formación de frutos (Silva, 1983).

Otros autores indican que a temperaturas mayores de 32 °C y en condiciones de baja humedad relativa o del ambiente, se provocan abortos o caída de botones florales y flores, así como la reducción de la capacidad del polen para la fecundación de las flores. Las temperaturas nocturnas mayores a 30 °C pueden causar el aborto de todas las flores y botones florales; por el contrario, la polinización aumenta cuando la temperatura diaria baja de 20 °C, siendo esta la temperatura óptima para el cuaje (DANE, 2015).

2.2.8.2. Humedad.

Con humedades superiores al 70 % se incrementa la incidencia de enfermedades, el riesgo de rajado de los frutos y el apelmazamiento del polen. También la humedad ambiental alta

reduce la transpiración y la asimilación de nutrientes, si es muy baja, menor del 50 % y coincide con altas temperaturas se produce caída de flores, de los frutos recién cuajados y estrés hídrico a consecuencia de los altos niveles de transpiración (Reche, 2010).

2.2.8.3. Luminosidad.

El pimiento es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de reproducción. Si la intensidad de la radiación solar es demasiado alta, se puede producir rajadura de frutos, golpe de sol y coloración irregular en la madurez (Corpoica, 2014).

En estado de plántula, el pimentón es un cultivo relativamente tolerante a la sombra. En el semillero, la aplicación de hasta un 55% de sombra aumenta el tamaño de las plantas, lo que favorece la producción en el campo de más frutos y de tamaño más grande. La sombra tenue en el campo puede ser benéfica para el cultivo, por reducir el estrés de agua y disminuir el efecto de la quema de frutos por el sol; sin embargo, el exceso de sombra reduce la tasa de crecimiento del cultivo y también puede provocar el aborto de flores y frutos (Corpoica, 2014).

2.2.8.4. Suelo.

Son preferibles los suelos francos y profundos, con un pH entre 5,5 y 7. No son aconsejables los suelos con mal drenaje, que presentan tendencia al anegamiento, pues la especie es sensible a la asfixia radicular y el anegamiento favorece el desarrollo de enfermedades. Tiene moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego. Los suelos más adecuados para el pimiento son los sueltos y arenosos (no arcillosos, ni pesados), profundos, ricos en materia orgánica y sobre todo con un buen drenaje. Los suelos encharcados y asfixiantes favorecen el desarrollo de hongos en raíces y la pudrición consiguiente de éstas (Pinto, 2013) y (Yáñez, 2016).

2.2.9. Prácticas culturales

2.2.9.1. Poda.

Tiene la finalidad de mejorar la calidad del cultivo, manteniendo a las plantas equilibradas,

vigorosas y aireadas, de esta manera los frutos no quedarán escondidos entre el follaje y a la vez estarán protegidos de insolaciones (Morales, 2013).

2.2.9.2. Aporcado.

Incluye la práctica de cubrir con tierra parte del tronco de la planta para reforzar su base y favorecer el desarrollo radicular. En terrenos arenosos debe retrasarse el mayor tiempo posible esta actividad para evitar el riesgo de quemaduras por sobrecalentamiento de la arena (Berrones *et al.*, 2013).

En cada periodo de escarda debe incrementarse el aporcado del tronco con el fin de ir aumentando poco a poco el enraizamiento y dar más vigor a la planta (Berrones *et al.*, 2013).

2.2.9.3. Tutorado.

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, ya que los tallos del pimiento se parten con mucha facilidad. Las plantas son más tiernas y alcanzan una mayor altura, por ello se emplean tutores que faciliten las labores de cultivo y aumente la ventilación (Berrones *et al.*, 2013).

2.2.9.4. Tutorado tradicional.

Consiste en colocar postes de madera a lo largo de la cama de cultivo a una distancia de 4m entre sí, unidos mediante hilos de polipropileno (rafia), dispuestos a distintas alturas en forma horizontal, las plantas se sujetan entre ellos. Estos hilos se apoyan en otros verticales que a su vez están atados al emparrillado a una distancia de 1.5 a 2 m, y que son los que realmente mantienen la planta en posición vertical (Berrones *et al.*, 2013).

2.2.9.5. Riego.

El riego de las plantas de pimiento está dado en función al estado fenológico de la planta y se lo realiza por riego por goteo, el caudal de riego, así como el ambiente en el que se desarrolla (condiciones climáticas, tipo de suelo, etc.). Tras el aislamiento de la planta se recomienda recortar los riegos, con el fin de potenciar el crecimiento radical. Un exceso de

humedad durante la primera floración provoca las caídas de las flores (Morales, 2013).

2.2.9.6. Fertilización.

La planta de pimiento cuando tiene mayor necesidad de absorción de todos los fertilizantes es desde que inicia el desarrollo vegetativo, aproximadamente al mes después de que se haya plantado, hasta que están en plena producción de frutos. El pimiento es exigente en abonos nitrogenados y responde favorablemente a su aplicación cuando estos se dosifican equilibradamente. Al principio del cultivo hasta que la planta empieza a tener bastante fruto en formación, puede ser peligroso un exceso de nitrógeno (Serrano, 2011).

2.2.10. Selenio

2.2.10.1. Selenio en el suelo.

El selenio en el suelo puede encontrarse tanto en formas orgánicas como inorgánicas; sin embargo, las plantas sólo lo usan en forma inorgánica (selenato, selenito). La materia orgánica del suelo es una reserva importante de selenio que está disponible para la absorción de la planta a lo largo del tiempo (Gupta, 2018).

2.2.10.2. Selenio en la planta.

El selenio es considerado un elemento benéfico para las plantas y se caracteriza por tener una doble actividad biológica en la producción de los cultivos, debido a que bajas concentraciones de Se favorecen el crecimiento y el desarrollo, mientras que altas concentraciones pueden generar efectos tóxicos. El selenio tiene efectos positivos de germinación de semillas, el crecimiento de las plantas, la producción, la senescencia, la fotosíntesis, el potencial respiratorio (Mengel y Kirkby, 2000).

Otros autores mencionan que otro de los efectos positivos en la planta ante la presencia de selenio, tales como mejora en el crecimiento de la planta como consecuencia del incremento en la actividad de enzimas antioxidantes, mejoras en la tolerancia de la planta a estreses abióticos tales como sequía y salinidad, mientras que, el exceso de selenio en la planta conduce a efectos nocivos como clorosis o amarillamiento en hojas, que resulta finalmente

en necrosis y muerte de la hoja, reducción en la síntesis de proteínas, y reducción del crecimiento de la planta (Laurentin, 2019).

2.2.11. Revisión histórica del tema en estudio

En la investigación de González *et al.*, (2023) con el objetivo de identificar la concentración y método de aplicación de Se que permita la obtención de plántulas de calidad en cultivo de pimiento, se cultivaron plántulas en solución nutritiva enriquecida con Se en forma de Na_3SeO_4 en concentraciones de: 0.0, 1.0, 2.5, 5.0 y 10.0 μm . Teniendo como resultados que el suministro de 1 y 5 μm de Se mediante aplicación radical y foliar respectivamente, estimularon el crecimiento de las plántulas de pimiento, asimismo, la presencia de Se en ambos métodos de aplicación, aumentó la concentración de pigmentos fotosintéticos en hojas. El Se mejoró la calidad de las plántulas, al inducir respuestas favorables en el crecimiento y concentración de pigmentos fotosintéticos.

Así mismo Hernández *et al.*, (2018) con el objetivo de comparar el efecto del selenito (Na_2SeO_3) y selenato (Na_2SeO_4) de sodio en el crecimiento, contenido de clorofilas y carotenoides de plantas de pimiento. Encontrando que después de 24 días, las raíces de las plantas crecidas con selenito tuvieron mayor longitud, pero en las tratadas con selenato mostraron un incremento en volumen. El área foliar y el peso seco de raíz, tallo y hojas fueron superiores en las plantas tratadas con selenato, mientras que la concentración más alta de selenito afectó negativamente estas variables de crecimiento. Sin embargo, con la aplicación de selenito incrementó la concentración de clorofilas y carotenoides en hojas.

En la investigación de Macias, (2022) con el objetivo de conocer los efectos de las nanopartículas de selenio (SeNPs) en el crecimiento de plantas de frijol. Encontrando que los tratamientos con SeNPs aumentaron la producción del cultivo, ya que las plantas tratadas con SeNPs tuvieron mayor crecimiento, más vainas y una mayor cantidad de flores. Como producto de este PAP se generó un protocolo que compara las características de las SeNPs y el efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plantas.

Gaucin *et al.*, (2022) con el objetivo de evaluar la capacidad del selenato (Na_2SeO_4) sobre el rendimiento, biosíntesis de compuestos bioactivos y su acumulación en frutos de chile. Para ello cinco tratamientos fueron aplicados vía solución nutritiva: 0, 1.5, 3, 4.5 y 6 mg L-

1. En la cosecha, se cuantificó la calidad nutraceutica, la acumulación de Se en frutos, así como el rendimiento del cultivo. La biofortificación con Se modificó positivamente la biosíntesis de compuestos bioactivos y su concentración en fruto, sin disminución en el rendimiento. La incorporación de Se en la solución nutritiva es una opción para obtener alimentos funcionales con una calidad nutraceutica y con la posibilidad de mejorar la salud pública tras su consumo.

En la investigación de Becvort *et al.*, (2012) con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de selenito de sodio, en la solución fertilizante y por aspersión foliar, sobre la concentración de selenio en el fruto, tallo y hojas de tomate en condiciones de invernadero. Encontrando que la aplicación de selenio (10 y 20 mg L⁻¹) por medio de la solución fertilizante en el sustrato perlita causó un efecto negativo en la biomasa. La concentración de selenio en raíz, tallo y hojas fue mayor de 15 µg g⁻¹ en las plantas establecidas en los tres sustratos probados. La producción de fruto aumentó con la aplicación de 10 mg L⁻¹ de Se pero no se observaron cambios al aplicar 20 mg L⁻¹ en el suelo y peat moss.

Al aplicar selenio en la solución fertilizante (2.5 y 5 mg L⁻¹) no se modificó la producción de fruto ni la biomasa cuando se utilizó como sustrato el suelo, sin embargo, disminuyó en el tratamiento con perlita. En ambos sustratos la concentración de selenio en raíz, tallo y hojas fue >10 µg g⁻¹. En cuanto a la aplicación foliar de selenio, esta dio lugar a una concentración de selenio en tallo y hojas >10 µg g⁻¹ con aumento en la biomasa, pero sin una mayor producción de fruto. La concentración de selenio en frutos de plantas testigo fue de 6 µg g⁻¹, con un máximo de 20.89 µg g⁻¹ al aplicar 5 mg L⁻¹ de selenio en la solución fertilizante. La TAS total del fruto disminuyó 25% en los tratamientos de 10 y 20 mg L⁻¹ aplicados con la solución fertilizante. En el resto de los tratamientos el selenio elevó la TAS en 36% al aplicar 20 mg L⁻¹ por aspersión foliar y 38% con 5 mg L⁻¹ en la solución fertilizante (Becvort *et al.*, 2012).

Palencia *et al.*, (2016) con el objetivo de determinar en un sistema de cultivo sin suelo con fibra de coco el efecto del selenito (Se IV) y selenato (Se VI) en el peso, calidad de las frutas de fresa, así como en variables de crecimiento y contenido de clorofilas de las hojas jóvenes y adultas de la planta de fresa de la variedad 'Splendor'. Los resultados del análisis mostraron que el efecto de los tratamientos sobre firmeza, sólidos solubles totales y acidez titulable en frutas fue significativo. Los valores más altos de firmeza y sólidos solubles fueron mostrados

por el tratamiento T4. Los mayores valores para el pH se producen en los tratamientos con T2 y T4. Los resultados indican que el Se tiene un efecto positivo sobre los valores de SPAD en hoja vieja. Las plantas con tratamiento de selenio presentaron un mayor número de hojas en relación a las plantas control.

Así mismo López *et al.*, (2015) con el objetivo de realizar aplicaciones de selenio en plantas de lechuga (*Lactuca sativa*) para verificar el efecto sobre el crecimiento, composición y metabolismo antioxidante. El experimento consistió en la aplicación de selenio de sodio en forma foliar en concentraciones de 0, 5 y 10 mg L⁻¹ a los 15, 30 y 45 días después del trasplante. En las plantas se determinó el potencial de óxido-reducción, la biomasa, la concentración de minerales y la actividad catalasa foliar. La aplicación de selenio fue efectiva para modificar el potencial de óxido-reducción y elevar la actividad catalasa sin causar modificaciones en el contenido de minerales y la biomasa.

Por otro lado, Treviño *et al.*, (2021) con el objetivo de determinar el efecto del injerto combinado con la aplicación de diferentes concentraciones de nanopartículas de selenio (Se NPs) encapsuladas en un gramo del hidrogel de quitosán-polivinil alcohol (CS-PVA) en la productividad y producción de pepino injertado. Los resultados mostraron que la aplicación de las NPs de Se tienen un efecto benéfico para las plantas, como un agente promotor del crecimiento y que junto con el injerto coadyuvan a obtener una mayor altura de la planta y peso de fruto obteniendo un mayor rendimiento por planta.

Así mismo Hermosillo *et al.*, (2012) con el objetivo de evaluar la actividad de las enzimas detoxificadoras de H₂O₂. Los resultados obtenidos indican que la actividad de las enzimas detoxificadoras de H₂O₂ en plantas de frijol es dependiente de la forma química de aplicación de Se, ya que el selenito desde la dosis de 20 μM disminuyó la biomasa y el rendimiento, además incrementó la actividad de la superóxido dismutasa (SOD), y aun cuando incrementó también la actividad de la catalasa (CAT), parece que no es eficiente en la detoxificación de H₂O₂ en presencia de Se, dado el aumento también en la producción de H₂O₂. Por otra parte, el selenato disminuyó el rendimiento hasta la dosis de 160 μM e incrementó la actividad de la enzima GSH-Px llegando a su máxima actividad en 160 μM, por lo que resultó menos tóxico que el selenito.

En la investigación de Azpilcueta, (2021) con el objetivo de determinar la respuesta

fisiológica del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad pinto Saltillo a la adición de selenito (Na_2SeO_3), dióxido de selenio (SeO_2) y selenato (Na_2SeO_4) a las concentraciones de 5, 10 y 20 mg L⁻¹, bajo condiciones de invernadero. Los datos mostraron diferencia significativa entre tratamientos en las características físicas del grano, área foliar, peso total de semillas por planta, peso de cien semillas, concentración de pigmentos, Actividad enzimática de peroxidasas y nutrientes (Ca y Cu).

Así mismo Castillo, (2015) con el propósito de analizar experimentalmente la capacidad del selenito de sodio para incrementar la concentración de Se y modificar la actividad antioxidante en plantas de tomate. Los resultados mostraron un incremento en la acumulación de Se, encontrándose hasta un 53.1% de aumento en la concentración en los frutos bajo el tratamiento 5 mg L⁻¹ en comparación con el testigo, sin embargo, este incremento no tuvo un impacto notorio en la producción y el rendimiento del tomate, a pesar de la existencia de una correlación de Spearman positiva ($r=0.9637$) entre la producción de fruto y la concentración de Se.

Los valores del potencial oxido-reducción se redujeron en promedio desde -41.4 mV para el tratamiento testigo y hasta -68.0 mV con el mayor tratamiento. Mientras tanto, la concentración de Se si influyó positivamente en los parámetros de calidad incluyendo el ácido ascórbico (hasta un 50 % de aumento con el tratamiento 5 mgL⁻¹) y el licopeno (hasta un 66.9% de aumento con el mayor tratamiento). La actividad de las enzimas antioxidantes aumentó notablemente en el fruto con el tratamiento 5 mg L⁻¹ de selenito encontrándose 60.9% de aumento para CAT, 33.4% para GPX y 26.0% para SOD. En cuanto la expresión génica hubo mayor nivel de transcriptos de los genes gpx, sod y apx bajo el tratamiento 2 mg L⁻¹ (Castillo, 2015).

Así mismo Fuentes *et al.*, (2021) con el objetivo de verificar el efecto de la biofortificación con selenio sobre la composición mineral del fruto de fresa, variedad Festival, bajo invernadero. Encontrando que el tratamiento con selenio no modificó el peso seco de la raíz, tallo ni fruto. El peso seco de las hojas se mantuvo sin cambio con 2 mg L⁻¹, pero disminuyó en el tratamiento con 4 mg L⁻¹. La concentración de Se en los frutos del tratamiento testigo fue de 6.3 mg kg⁻¹ y se elevó cinco veces en los tratamientos con Se. El contenido nutrimental de K, Ca, Mg, Na, Cu y Fe en los frutos no fue diferente en los distintos tratamientos; en cambio, el P y el Zn aumentaron su concentración en los tratamientos con

Se, mientras que el Mn disminuyó. La aplicación del selenio con la solución nutritiva demostró ser una buena técnica para aumentar el contenido de Se en el fruto.

En la investigación de Buendía *et al.*, (2021) con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación foliar de Se sobre el rendimiento, biosíntesis de compuestos bioactivos y acumulación en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv “Parris Island cos”. Encontrando que la biofortificación con Se modificó positivamente la biosíntesis de compuestos fitoquímicos y su concentración en hojas de lechuga, sin afectar el rendimiento. La aspersión foliar de Se es una alternativa para incrementar la biosíntesis de compuestos fitoquímicos e incrementar la concentración de este elemento en lechuga con la posibilidad de mejorar la salud pública con su consumo.

Por otro lado, Romero, (2022) evaluó la respuesta de la aplicación edáfica del Se en la producción del cultivo de quinua sometido a estrés hídrico y los impactos que genera a nivel fisiológico, morfológico y productivo. Los resultados mostraron que la concentración de Se en las dos condiciones hídricas del suelo se correlacionan positivamente con las dosis crecientes de Se; así como, el estrés hídrico disminuyó la biomasa seca de los granos y la tasa de transpiración (E) e incrementó el índice SPAD, mientras que las dosis más bajas de Se (0.25 y 0.50 mg kg⁻¹) mitigaron el efecto de esta condición. La dosis de 0.50 mg Se kg⁻¹ incrementó la tasa fotosintética instantánea (A), la eficiencia de carboxilación instantánea (EiC) y la eficiencia de uso del agua (WUE) en los tratamientos con estrés hídrico; asimismo, la dosis de 0.25 mg Se kg⁻¹ acrecentó la acumulación de N, P y K en los granos. En conclusión, la aplicación de Se tiene potencial para atenuar el impacto del estrés hídrico en el cultivo de quinua mejorando su intercambio gaseoso y acumulación de macronutrientes en sus granos a bajas dosis.

Por otro lado, Riaño, (2019) en su investigación sobre guisante forrajero (*Pisum sativum* L.) en el que la parcela principal fue la aplicación de Zn (no aplicación de Zn, aplicación de 50 kg de Zn ha⁻¹ al suelo, aplicación de 8 kg de Zn ha⁻¹ foliar y, por último, la aplicación combinada de Zn al suelo y foliar) y la subparcela la aplicación de Se (no aplicación de Se y aplicación foliar de 10 g Se ha⁻¹). Encontrando que el rendimiento en biomasa aumentó con la aplicación de Se un 9,3%, así como con la aplicación de Zn al suelo un 25% y la aplicación suelo + foliar un 22% observándose un efecto positivo en la aplicación combinada de ambos nutrientes. El contenido proteico disminuyó con la aplicación de Se un 2,9% y con

la aplicación de Zn al suelo un 4,5%, sin embargo, aumentó con la aplicación de Zn vía foliar un 4,9%. Los contenidos de FND, FAD y LAD no se vieron afectados por ningún tratamiento. Respecto al contenido en nutrientes, el Ca no se vio influido, mientras que el Fe y el Mg disminuyeron con la aplicación de Zn. La concentración de Se aumentó a 206,6 $\mu\text{g Se kg}^{-1}$ cuando se aplicó esta vía foliar respecto a 51,8 $\mu\text{g Se kg}^{-1}$ cuando no se aplicó.

La concentración de Zn aumentó significativamente con la aplicación foliar y con el combinado suelo+foliar, alcanzando concentraciones de 96,95 y 86,93 mg Zn kg⁻¹, respectivamente. Teniendo en cuenta los rendimientos y los costes de aplicación, los tratamientos de Se, de Zn Suelo y Zn Suelo+Foliar, así como los tratamientos combinados de Se con Zn presentaron beneficio económico. Por tanto, la biofortificación agronómica con Se y Zn es una práctica realmente efectiva para paliar las deficiencias en la dieta del ganado debido a los bajos contenidos en Se y Zn biodisponible en los suelos de Centro-Oeste de la Península Ibérica, siendo positiva la aplicación conjunta (Riaño, 2019).

Así mismo Morales, (2018) con el objetivo de aplicar nanopartículas de selenio durante el desarrollo de plantas de tomate bajo estrés salino para determinar sus efectos. Los resultados muestran que se tiene un incremento en el rendimiento al aplicar NPs Se a una concentración de 10 mg L⁻¹ después del testigo absoluto con respecto al testigo de NaCl. El contenido de la actividad enzimática en los frutos tiene un efecto positivo al utilizar concentración de 10 y 20 mg L⁻¹ de NPs Se. En cuanto a los compuestos antioxidantes y la capacidad antioxidante se muestran las mismas tendencias de efectos positivos con la utilización de NPs Se. La aplicación de NPs Se al sustrato tiene efectos positivos no solo en el rendimiento sino también en la calidad del fruto y en la acumulación de compuestos bioactivos".

Por último, Santos, (2014) con el objetivo de realizar aplicaciones de selenio en semillas y plántulas de melón, lechuga y tomate y verificar el efecto sobre el crecimiento, el estado antioxidante y la concentración de vitamina C de los tejidos fotosintéticos de las plántulas. Encontrando como resultados que ambas formas de aplicación de selenio mostraron ser efectivas para modificar positivamente el estado antioxidante y el contenido de vitamina C de las plántulas. Al aplicarlo en la semilla en la Fase 1, el selenio no causó modificaciones en el crecimiento salvo para el caso del melón, en cambio modificó positivamente el estado antioxidante de la plántula y la concentración de vitamina C en los tejidos fotosintéticos de las tres especies. El aporte de selenio a las plántulas por el riego y por aspersión en la Fase

2, causó una mejora significativa en el estado antioxidante de las plántulas y en la concentración de vitamina C en las láminas foliares en las tres especies, mostrando solo pequeños cambios en las variables del peso fresco y seco y el área foliar".

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus Universitario “La María”, ubicada en el Km 7.5 de la vía Quevedo-Mocache. La ubicación geográfica es a 79° 25’ 24” longitud Oeste y 01° 03’ 18” de latitud Sur, a una altitud de 67 m s.n.m.

Tabla 1

Condiciones agroclimáticas del Campus Universitario “La María”-UTEQ-Mocache

Parámetros	Promedio
Temperatura media anual	24.9 °C
Humedad relativa media anual, %	84%
Precipitación media anual mm	2295.1
Heliofanía promedio anual (Hs)	870.2
Zona ecológica	BH-T
Topografía	Plana
Clima	Tropical húmedo

Fuente: Estación meteorológica "Pichilingue"- INAMHI Serie multianual 1990-2019

Elaborado: Autor

3.2. Tipo de investigación

El proyecto de investigación es de carácter experimental, con el propósito de llevar a cabo ensayos destinados a analizar como el selenio influye en el crecimiento de las plantas de pimienta.

3.3. Método de investigación

Se usó el método deductivo que permitió comparar la información generada en la investigación con la existentes en diferentes fuentes bibliográfica que demuestran el efecto de la aplicación de selenio en el crecimiento y su efecto en el rendimiento en un cultivo de pimienta y por último se implementó el método analítico que fue la base para el análisis y posterior interpretación de los resultados obtenidos en la evaluación de las variables y objeto

de estudio. También se utilizó el método de observación que consistió en la recopilación sistemática y directa de información mediante la observación de eventos, comportamientos, situaciones o fenómenos que se presenten en la investigación.

3.4. Fuentes de recopilación de la información

Como fuente primaria, será a través de información proveniente de las unidades experimentales de la investigación durante el desarrollo del cultivo, acompañadas de fuentes secundarias como artículos de revistas científicas, libros, tesis y otros documentos relevantes, que se utilizaron para recopilar información actualizada.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Factor de estudio

En este estudio de investigación se empleó como factor de estudio el fertilizante selenio en polvo comercial, en forma de selenito de sodio al 99% en el cultivo de pimiento.

3.5.2. Tratamientos a evaluar

Se emplearon 4 tratamientos, los cuales se describen a continuación:

Tabla 2

Tratamientos en estudio

Tratamientos	Dosis de fuentes de selenio
T1: Químico (Kristalon)	5 g/L ⁻¹
T2: Fuentes de selenio	4mg/L ⁻¹
T3: Fuentes de selenio	6mg/L ⁻¹
T4: Fuentes de selenio	8mg/L ⁻¹

Elaborado: Autor

3.5.3. *Diseño experimental*

Para la investigación realizada se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro tratamientos, tres repeticiones y tres unidades experimentales.

Tabla 3

Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variación		Grados de libertad	
Tratamientos	(t-1)	(4-1)	3
Error	t(r-1)	4(3-1)	8
Total	(tr-1)	(12-1)	11

Elaborado: Autor

3.5.4. *Características de las unidades experimentales*

En la tabla 4 se muestran las características del establecimiento de las parcelas experimentales del ensayo.

Tabla 4

Características de las unidades experimentales

Características	Dimensión
Hileras por parcela	3
Distancia entre hileras	0.60 m
Distancia entre plantas	0.30 m
Distancia entre repeticiones	0.80 m
Número de plantas por hilera	5
Número de plantas por parcela	15
Área del tratamiento	1.44 m ²
Área total del ensayo	24.96 m ²
Número total de plantas del ensayo	180

Elaborado: Autor

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. Llenado de fundas.

Se procedió a llenar fundas de polietileno perforadas de 10x12” con un espesor de 2 mm, utilizando 10 kg de sustrato y asegurándose de evitar la formación de espacios vacíos. Seguidamente, estas fundas se colocaron de acuerdo a las unidades experimentales.

3.6.1.2. Elaboración del sustrato.

Los materiales fueron meticulosamente combinados utilizando una carretilla como herramienta, logrando así la preparación de una composición 3:1:1, lo que equivale a tres carretillas de tierra negra (previamente tamizada con un tamiz) por una de aserrín de madera y una de arena de río. A través del uso de una pala manual, se procedió a la respectiva mezcla de cada uno de los materiales que conforma el sustrato, con el objetivo de unificarlos y eliminar cualquier partícula no deseada, como piedras, troncos, grumos, entre otros (Anexo A).

3.6.1.3. Elaboración del semillero.

Se emplearon bandejas de germinación para la preparación del semillero, que constó de 3:1:1, lo que equivale a tres carretillas de tierra negra (previamente tamizada con un tamiz) por una de aserrín de madera y una de arena de río. Posteriormente, se colocaron las semillas de pimiento del híbrido QUETZAL en el sustrato, y se procedió a regarlas diariamente hasta que alcanzaron el estadio de emergencia (Anexo A).

3.6.1.4. Trasplante.

Una vez que la plántula haya desarrollado su tercera hoja verdadera, se procedió a trasplantarlas a su ubicación definitiva dentro del invernadero (Anexo A).

3.6.1.5. Tutorio.

El método del tutorado tradicional, implicó el uso de alambres y piolas, de las cuales se ubicaron en cada extremo de cada hilera con el propósito de proporcionar un mayor soporte a las plantas.

3.6.1.6. Control de malezas.

Para la eliminación de malezas, se lo realizó de forma manual con el fin de prevenir la competencia por nutrientes con el crecimiento de las plantas dentro de la estructura se llevó a cabo el ensayo.

3.6.1.7. Fertilización.

Se llevó a cabo de acuerdo a los tratamientos descritos en la tabla 2. Las dosis de aplicación se fraccionaron al 40% en la primera aplicación, al 30% en la segunda y 30% para la tercera aplicación.

Estas aplicaciones se realizaron a los días 10,25,40 ddt (días después del trasplante), se fraccionaron las dosis para mejorar el efecto del fertilizante en la planta. Se procedió a realizar un agujero a una distancia de 5 cm del tallo y se introdujo el selenio en el agujero, y posteriormente se cubrió con una fina capa de tierra (Anexo B).

3.6.1.8. Riego.

Se llevó a cabo con un intervalo 3 veces por semana con el propósito de prevenir el estrés hídrico en las plantas. Se usaron regaderas para mantener humedecidas las fundas que contenían las plantas de pimiento.

3.6.1.9. Cosecha.

Los frutos se cosechados manualmente cuando estos alcanzaron su óptimo estado de maduración y estuvieron listos para ser consumidos. Se realizaron dos recolecciones para evaluar su calidad de los frutos.

3.6.2. Variables a evaluar

3.6.2.1. Porcentaje de emergencia.

Se evaluó el porcentaje de emergencia que se obtenga de los semilleros, con el fin de evaluar la calidad fisiológica de la semilla. Esto se hizo calculando la relación entre el número de semillas plantadas y el número de plántulas emergidas, y luego determinando el porcentaje.

3.6.2.2. Días a la floración.

Se contabilizaron los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta el día en que se observe el 50% de las plantas con flores masculinas.

3.6.2.3. Altura de planta (cm).

Dentro de la unidad experimental se midieron la altura de 10 plantas tomadas al azar dentro del área, midiendo desde la base hasta el ápice en cm (Anexo C).

3.6.2.4. Diámetro de tallo.

El diámetro del tallo se midió con un calibrador pie de rey a los 60 días después de la siembra, se seleccionaron al azar 10 plantas por cada tratamiento y luego se expresó el promedio en mm (milímetros).

3.6.2.5. Longitud del Fruto (cm).

Se midió la longitud del fruto desde la parte apical hasta la parte basal y fue expresado en cm.

3.6.2.6. Número de frutos por planta.

Se seleccionaron los frutos de 10 plantas tomadas al azar dentro del área útil de cada unidad experimental, y luego se calculó el promedio por planta.

3.6.2.7. *Peso del fruto (g).*

De los frutos evaluados en las variables anteriores, se tomó el peso de 10 frutos y se expresó su promedio en gr.

3.6.2.8. *Rendimiento (kg ha-1).*

El rendimiento dependió del peso de todos los frutos obtenidos del área útil de cada unidad experimental y fue expresado en kg ha-1.

3.6.2.9. *Análisis económico.*

El análisis económico se lo realizó tomando en cuenta el costo de cada uno de los tratamientos estudiados y los ingresos generados por la venta, para luego hallar la relación beneficio/costo mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{B/C = I.B./C.T.P.}$$

Dónde:

B/C: Relación beneficio - costo

I.B: Ingreso bruto

C.T.P.: Costo total de producción

3.7. Tratamiento de los datos

El tipo de investigación es de carácter investigativo experimental, los datos generados, serán promedias y procesados en las fórmulas de los índices propuesto en la metodología. Las variables de respuesta fueron sometidas a análisis de varianza (ANOVA) y se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para determinar la diferencia entre la media de los tratamientos. Para el cálculo se utilizó el software estadístico gratuito Infostat 2020.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

- Director del proyecto de investigación Ing. Luis Llerena. MSc.
- Estudiante y autor del proyecto de investigación Adriana Mariuxi Benítez Salvador.

3.8.2. Materiales de campo

- Calibrador digital
- Cinta métrica
- Vasos precipitados
- Sustrato: (Tierra 75% y Arena 25%)
- Invernadero
- Manguera
- Piola
- Alambre
- Estacas
- Selenio

3.8.3. Materiales de oficina

- Computador
- Cuaderno de campo
- Esferos
- Impresora
- Memoria USB 16 Gb
- Marcador
- Regla
- Resma de hojas A4
- Teléfono
- Impresora

3.8.4. *Material vegetal*

Se usaron semillas de pimiento híbrido QUETZAL.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Altura de planta

En la variable de altura de planta a los 30 días no se encontraron diferencias significativas (Anexo D -F) entre los tratamientos. A los 45 días de aplicación del selenio, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos donde el T4 (selenio 8mg/planta) presento mayor altura de planta con 72,6 cm, el tratamiento T1 (Testigo químico 5 g\kristalon) que presento 70,5 cm de altura, en cuanto al tratamiento T2 (selenio 4mg/planta) fue el que presento la menor altura con 69,8 cm. A los 60 días de aplicado el selenio, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, donde el T4 (selenio 8mg/planta) presentó mayor altura de planta con 121,35 cm en comparación al T1 (Testigo químico 5 g\kristalon) que presento 39,25 cm de altura.

Tabla 5

Altura de planta a los 30, 45 y 60 días después de la aplicación del selenio en plantas

Tratamientos	Días después de la aplicación		
	30 dda	45 dda	60 dda
T1. Testigo químico 5 g\Kristolon	39,25 ± 2,98	70,5 ± 1,35 b	103,4 ± 3,09 b
T2. selenio 4mg/planta	39,55 ± 1,16	69,8 ± 0,78 b	109,35 ± 4,53 b
T3. selenio 6mg/planta.	40,6 ± 0,63	70,3 ± 0,76 b	108,5 ± 1,73 b
T4. selenio 8mg/planta.	41,85 ± 0,64	72,6 ± 0,82 a	121,35 ± 4,1 a
CV%	4,12	1,35	3,19

Nota: La tabla 5 muestra los tratamientos T1 (Testigo químico 5 g\kristalon), T2 (selenio 4mg/planta), T3 (selenio 6mg/planta), T4 (selenio 8mg/planta), sobre altura de planta a los 30, 45 y 60 días después de la aplicación del selenio en plantas. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos. CV% = Porcentaje de coeficiente de variación.

Elaborado: Autor

4.1.2. Diámetro de tallo

En la variable de diámetro de tallo a los 30 días de aplicado el selenio, no se encontraron

diferencias significativas (Anexo G – I) entre tratamientos. A los 45 días, no se observa diferencias significativas entre los tratamientos. A los 60 días, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 6

Diámetro de tallo a los 30, 45 y 60 días después de la aplicación del selenio en plantas

Tratamientos	Días después de la aplicación		
	30 dda	45 dda	60 dda
T1. Testigo químico 5 g\kristalon	0,38 ± 0,04	0,68 ± 0,03	1,03 ± 0,05
T2. selenio 4mg/planta	0,35 ± 0,04	0,65 ± 0,02	1,04 ± 0,07
T3. selenio 6mg/planta.	0,39 ± 0,05	0,68 ± 0,04	1,04 ± 0,03
T4. selenio 8mg/planta.	0,41 ± 0,04	0,68 ± 0,01	1,13 ± 0,05
CV%	11,11	4,27	5,08

Nota: La tabla 6 muestra los tratamientos T1 (Testigo químico 5 g\kristalon), T2 (selenio 4mg/planta), T3 (selenio 6mg/planta), T4 (selenio 8mg/planta), sobre diámetro de tallo a los 30, 45 y 60 días después de la aplicación del selenio en plantas. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos. CV% = Porcentaje de coeficiente de variación.

Elaborado: Autor

4.1.3. Variables productivas en la primera cosecha

En la variable de numero de frutos en la primera cosecha, no se presentaron diferencias significativas (Anexos J, L, N, P). En el peso de fruto se encontraron diferencias significativas entre tratamientos donde el tratamiento T4 (selenio 8mg/planta) fue el mayor con 450,75 gramos, en cambio los tratamientos T1 (Testigo químico 5 g\kristalon) y T2 (selenio 4mg/planta) fueron inferiores alcanzando pesos de 255,55 y 209,25 gramos respectivamente. En la variable de longitud de fruto no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. En la variable de diámetro de fruto, no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 7*Variables productivas (número, peso, longitud y diámetro de frutos) en la primera cosecha*

Tratamientos	Primera cosecha			
	Número total de frutos	Peso en gramos	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)
T1. Testigo químico 5 g\Kristalon	6,25 ± 1,26	255,25 ± 38,43 bc	10,33 ± 2,04	5,66 ± 0,23
T2. selenio 4mg/planta	6 ± 1,15	209,25 ± 92,25 c	9,18 ± 1,55	5,6 ± 0,23
T3. selenio 6mg/planta.	9 ± 3,27	411,5 ± 116,5 ab	9,73 ± 1,41	5,17 ± 0,29
T4. selenio 8mg/planta.	8,5 ± 1,29	450,75 ± 35,45 a	10,19 ± 0,79	6,11 ± 1,21
CV%	26,25	23,75	15,38	11,44

Nota: La tabla 7 muestra los tratamientos T1 (Testigo químico 5 g\kristalon), T2 (selenio 4mg/planta), T3 (selenio 6mg/planta), T4 (selenio 8mg/planta), sobre variables productivas (numero, peso, longitud y diámetro de frutos) en la primera cosecha. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos. CV% = Porcentaje de coeficiente de variación.

Elaborado: Autor

4.1.4. Variables productivas en la segunda cosecha

En la variable número de frutos en la segunda cosecha, no se encontraron diferencias significativas (Anexos K, M, O, Q). De igual manera en la variable de peso de frutos no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En cuanto a la variable de longitud de frutos, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Por último, en la variable de diámetro de fruto, no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 8*Variables productivas (número, peso, longitud y diámetro de frutos) en la segunda cosecha*

Tratamientos	Segunda cosecha			
	Número total de frutos	Peso en gramos	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)
T1. Testigo químico 5 g\kristalon	7,25 ± 3,89	283 ± 161,35	9,51 ± 0,75	5,56 ± 0,68
T2. selenio 4mg/planta	8 ± 1,15	359,5 ± 142,56	10,66 ± 0,49	5,63 ± 0,22
T3. selenio 6mg/planta.	6,5 ± 1	297,75 ± 59,72	10,16 ± 0,73	5,62 ± 0,28
T4. selenio 8mg/planta.	11 ± 2,31	444,25 ± 62,36	10,16 ± 1,2 a	6,03 ± 0,36
CV%	29,02	33,51	8,23	7,41

Nota: La tabla 8 muestra los tratamientos T1 (Testigo químico 5 g\kristalon), T2 (selenio 4mg/planta), T3 (selenio 6mg/planta), T4 (selenio 8mg/planta), sobre variables productivas (numero, peso, longitud y diámetro de frutos) en la segunda cosecha. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos. CV% = Porcentaje de coeficiente de variación.

Elaborado: Autor

4.1.5. Rendimiento kg/parcela

En cuanto al rendimiento se encontraron diferencias significativas donde resulto ser mayor en el tratamiento T4 (selenio 8mg/planta) con 8,68 kg/parcela, seguido por el tratamiento T3 (selenio 6mg/planta) que alcanza 5,94 kg/parcela, por último, los tratamientos T2 (selenio 4mg/planta) y T1 (Testigo químico 5 g\kristalon) fueron menor significativamente con 4,3 y 4,13 kg/parcela respectivamente (Anexos R).

Tabla 9

Rendimiento en kg/parcela en plantas de pimiento después de la aplicación de selenio

Tratamientos	Rendimiento Kg/parcela
T1. Testigo químico 5 g\Kristalon	4,13 ± 1,47 b
T2. selenio 4mg/planta	4,3 ± 2,59 b
T3. selenio 6mg/planta.	5,94 ± 0,91 ab
T4. selenio 8mg/planta.	8,68 ± 2,68 a
CV%	35,61

Nota: La tabla 9 muestra los tratamientos T1 (Testigo químico 5 g\kristalon), T2 (selenio 4mg/planta), T3 (selenio 6mg/planta), T4 (selenio 8mg/planta), sobre rendimiento en kg/parcela en plantas de pimiento después de la aplicación de selenio. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos. CV% = Porcentaje de coeficiente de variación.

Elaborado: Autor

4.1.6. Análisis económico

El tratamiento T1, que es el testigo químico con 0.5 gramos de Kristalon, presenta un rendimiento de 4.13 kg por parcela, generando un ingreso bruto de 4.96 dólares. Sin embargo, los costos totales asociados a este tratamiento son de 2.53 dólares, lo que resulta en un beneficio neto de 2.43 dólares. La relación beneficio/costo (B/C) para este tratamiento es de 0.9608, y la rentabilidad es del 96.08%.

Por otro lado, el tratamiento T2, que implica la aplicación de 4 mg de selenio por planta, muestra un rendimiento superior, con 4.30 kg por parcela. Esto se traduce en un ingreso bruto de 5.16 dólares. Los costos totales son de 2.48 dólares, lo que resulta en un beneficio neto de 2.68 dólares. La relación B/C es de 1.0785, y la rentabilidad asciende al 107.85%.

El tratamiento T3, que utiliza 6 mg de selenio por planta, logra un rendimiento aún mayor, alcanzando 5.94 kg por parcela. Esto se traduce en un ingreso bruto de 7.13 dólares, con costos totales de 2.44 dólares. El beneficio neto para este tratamiento es significativamente más alto, ascendiendo a 4.68 dólares. La relación B/C es la más alta, alcanzando 1.9162, y la rentabilidad llegando al 191.62%.

Finalmente, el tratamiento T4, que implica la aplicación de 8 mg de selenio por planta, demuestra el rendimiento más alto con 8.68 kg por parcela. Esto genera un ingreso bruto de 10.42 dólares, con costos totales de 2.45 dólares. El beneficio neto para este tratamiento es notoriamente superior, ascendiendo a 7.97 dólares. La relación B/C es la más alta de todos los tratamientos, alcanzando 3.2575, y la rentabilidad llegando al 325.75%.

Tabla 10

Análisis económicos de la investigación en pimiento después de la aplicación de selenio

Análisis económico de los tratamientos						
Tratamientos	Rendimiento Kg parcela	Ingreso bruto	Costo total	Beneficio neto	Relación b/c	Rentabilidad
T1. Testigo químico 5 g\Kristalon	4,13	4,96	2,53	2,43	0,9608	96,08
T2. selenio 4mg/planta	4,30	5,16	2,48	2,68	1,0785	107,85
T3. selenio 6mg/planta.	5,94	7,13	2,44	4,68	1,9162	191,62
T4. selenio 8mg/planta.	8,68	10,42	2,45	7,97	3,2575	325,75

Nota: La tabla 10 muestra los tratamientos T1 (Testigo químico 5 g\kristalon), T2 (selenio 4mg/planta), T3 (selenio 6mg/planta), T4 (selenio 8mg/planta), sobre el análisis económico de la investigación en pimiento después de la aplicación de selenio. CV% = Porcentaje de coeficiente de variación.

Elaborado: Autor

4.2. Discusión

En la investigación cuyo propósito fue evaluar el efecto del selenio en las plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de invernadero, se observó que el selenio tuvo un impacto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, demostró un rendimiento satisfactorio en lo que respecta a la altura de las plantas y el número de frutos. Los estudios de Hernández *et al.*, (2018) destacan cómo las diferentes formas de selenio (selenito y selenato) pueden tener efectos diversos en el crecimiento de las plantas. Mientras el selenito afectó negativamente algunas variables de crecimiento, como la longitud y el peso seco, incrementó la concentración de clorofilas y carotenoides en las hojas. Estos resultados

apuntan a la importancia de comprender no solo el efecto cuantitativo, sino también cualitativo del selenio en las plantas. En contraste, Macias (2022) señaló que la utilización de nanopartículas de selenio (SeNPs) fue beneficiosa para el crecimiento del frejol, resaltando el potencial de estas formas específicas de selenio en la mejora de la producción del cultivo. Esta respuesta en la efectividad del tipo del selenio en las plantas se debe a que en la forma iónica de selenio y puede ser más fácilmente absorbido por las plantas debido a su solubilidad en agua, y las Nanopartículas puede depender de varios factores, incluida su solubilidad y tamaño de partícula Macias (2022), además el selenito puede tener una acción más rápida en comparación con las nanopartículas, que requiere de procesos adicionales de descomposición o interacciones en el suelo antes de que el selenio esté disponible para las plantas, lo que podría llevar más tiempo (López *et al.*, 2015).

Los hallazgos de Becvort *et al.* (2012), López *et al.* (2015), Treviño *et al.* (2021), Hermosillo *et al.* (2012) y Azpilcueta (2021) aportan una perspectiva adicional al revelar la variabilidad de respuestas del selenio en diferentes cultivos, desde el tomate hasta la lechuga, el pepino. Estos estudios refuerzan la idea de que el selenio puede tener efectos heterogéneos, mostrando beneficios en la mejora de ciertos aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas, mientras que, en otros casos, se observa una disminución en la biomasa y el rendimiento del cultivo. El estudio del efecto del selenio en las plantas de pimiento es relevante por varias razones, siendo el selenio un elemento clave con repercusiones significativas en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Según Azpilcueta, (2021) el selenio es un micronutriente esencial que puede desempeñar un papel fundamental en el metabolismo de las plantas, así mismo Castillo, (2015) indica que su presencia en el suelo y la absorción por parte de las plantas puede influir en su crecimiento, al participa en la síntesis de antioxidantes y enzimas que protegen a las plantas del estrés oxidativo y otras tensiones ambientales. Ante estas afirmaciones existe una diversidad de resultados en estudios que analizan el efecto del selenio en diferentes cultivos subrayando la complejidad y la variabilidad de las respuestas de las plantas a este elemento. Esta variabilidad puede estar influenciada por factores tales como la forma química del selenio aplicado, la dosis utilizada, la etapa de crecimiento de la planta, así como las propias características genéticas de la especie vegetal estudiada (Laurentin, 2019).

En el caso del tomate, varios estudios, como el de Castillo (2015) y Morales (2018), resaltan que la aplicación de selenio influyó positivamente en la calidad del fruto, aumentando la

concentración de compuestos beneficiosos como ácido ascórbico, licopeno y mejorando la actividad de enzimas antioxidantes. Esto es crucial no solo para la calidad del producto final, sino también para la resistencia de la planta ante condiciones de estrés, como el estrés salino. Fuentes *et al.*, (2021) presentan la eficacia del selenio en el aumento del contenido de selenio en frutos de fresa mediante la aplicación de soluciones nutritivas, lo que destaca el potencial de esta técnica para enriquecer los cultivos con selenio, lo que puede ser beneficioso para la salud humana. En la lechuga, Buendía *et al.* (2021) identificaron un impacto positivo en la biosíntesis de compuestos fitoquímicos sin afectar negativamente el rendimiento, lo que subraya la capacidad del selenio para mejorar la calidad nutricional de la planta.

Como un beneficio adicional de la aplicación de selenio, Romero (2022) y Riaño (2019) destacan el potencial del selenio para mitigar el estrés hídrico y aumentar la eficiencia de la fotosíntesis, la acumulación de nutrientes y, en el caso del guisante forrajero, el rendimiento en biomasa. Estos resultados sugieren la utilidad del selenio en ambientes desafiantes, proporcionando una ventaja adicional para las plantas sometidas a condiciones adversas. Santos (2014) mostró un aumento en el estado antioxidante y el contenido de vitamina C en plántulas de tomate, lo que resalta el potencial del selenio en mejorar la resistencia de las plantas jóvenes y su valor nutricional. Estudiar el impacto del selenio en las plantas ofrece la posibilidad de optimizar la aplicación de este micronutriente. Entender las dosis óptimas y sus efectos en el crecimiento y desarrollo de las plantas permite una gestión más eficiente de los recursos, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental (Collantes, 2015). Por otro lado, Macias, (2022) asegura que la presencia de selenio en las plantas puede influir en la calidad de los cultivos. Se ha observado que, en algunas especies, el selenio puede aumentar la resistencia de las plantas a enfermedades, así como mejorar la calidad nutricional de los frutos al aumentar la concentración de antioxidantes y otros compuestos beneficiosos (Treviño *et al.*, 2021). Así mismo Becvort *et al.*, (2012) explica que las propiedades antioxidantes del selenio pueden ayudar a las plantas a tolerar mejores condiciones adversas como sequía, salinidad o temperaturas extremas.

En resumen, estos resultados indican que la adición de selenio a las plantas puede tener un impacto positivo en su crecimiento y producción de frutos. Además, la dosis de selenio utilizada, en este caso, 8 mg por planta, es un factor clave para mejorar estos parámetros. Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales para comprender los mecanismos detrás de estos efectos y determinar las mejores prácticas para el uso de selenio en la agricultura.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Aunque no se observaron diferencias a los 30 días, a los 45 y 60 días se evidenciaron incrementos notables en la altura y diámetro del tallo, siendo el tratamiento T4 (selenio 8mg/planta) el más destacado.
- En el número de frutos en la primera y segunda cosecha, el tratamiento con 6 mg de selenio por planta (T3) mostró un rendimiento superior, con un beneficio neto más alto en comparación con otros tratamientos. Además, el tratamiento con la concentración más alta de selenio (8 mg/planta, T4) destacó en el peso de los frutos y el rendimiento, demostrando ser más rentable con una relación beneficio/costo significativamente superior.
- El tratamiento T4 con 8 mg de selenio por planta se destaca, logrando el rendimiento más alto, ingresos significativos y el beneficio neto más substancial. Con una relación beneficio/costo excepcional y una rentabilidad del 325.75%, respaldando la efectividad de la aplicación de selenio para mejorar la productividad y rentabilidad en el cultivo estudiado.

5.2. Recomendaciones

- Explorar concentraciones intermedias de selenio para determinar si se puede lograr un equilibrio óptimo entre crecimiento y costos asociados.
- Se sugiere un seguimiento continuo para evaluar el impacto a largo plazo de estas concentraciones de selenio en la calidad y cantidad de frutos.
- Evaluar la posibilidad de optimizar los costos asociados a cada tratamiento, ya sea mediante la búsqueda de fuentes más económicas de selenio o la evaluación de otras prácticas agronómicas que puedan maximizar la rentabilidad.
- Realizar un análisis detallado de factores ambientales, como condiciones climáticas y del suelo, que podrían haber influido en los resultados. Este análisis ayudará a contextualizar los hallazgos y brindará información valiosa para aplicaciones futuras.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Azpilcueta, M. (2021). *Biofortificación, bioacumulación e interacción del selenio en la planta frijol (Phaseolus vulgaris l.) variedad pinto Saltillo* . [Tesis de grado]. Universidad Autónoma Chapingo. P.
- Becvort, A., Fuentes, O., Benavides, A., Ramírez, H., Robledo, V., y Rodríguez, N. (2012). *Aplicación de selenio en tomate: crecimiento, productividad y estado antioxidante del fruto*. Terra Latinoamericana.
- Berríos, M., Arredondo, C., y Tjalling, H. (2017). *Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad: Pimiento*. México: SQM.
- Berrones, M., Garza, E., Vázquez, E., y Méndez, R. (2013). *Producción de pimiento morrón en Casa-Malla para el Sur de Tamaulipas*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias .
- Buendía, A., Lozano, J., Rodríguez, C., Carballo, J., Moreno, A., Sariñana, Á., y Preciado, P. (2021). *La biofortificación con selenio mejora la calidad nutracéutica y la capacidad antioxidante de la lechuga (Lactuca sativa L.)*. Ecosistemas y recursos agropecuarios.
- Castillo, R. (2015). *Expresión génica diferencial y antioxidantes en la planta de tomate (Solanum lycopersicon L. Mill) enriquecida con selenio*. [Tesis de grado]. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Chiriboga, J. (2019). *Adaptación y rendimiento de ocho variedades de pimiento (Capsicum annum L.), en invernadero, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo* [Tesis de grado]. Riobamba- Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- Collantes, J. (2015). *Estudio de dos tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en dos híbridos comerciales de pimiento (Capsicum annum L.) en la parte alta de la Cuenca del Río Guayas* [Tesis de grado]. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

- Corpoica. (2014). *Modelo productivo del cultivo de pimentón bajo condiciones protegidas en el Oriente Antioqueño*. Medellín: Corporación Colombiana de Investigación.
- DANE. (Julio de 2015). El cultivo del pimentón (*Capsicum annuum* L) bajo invernadero. *Boletín mensual Insumos y factores Asociados a la producción*(37).
- Estrada, J. (2012). Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos: Preparación y reducción del riesgo en comunidades altiplánicas. *FAO*, 10.
- Fuentes, L., Narváez, W., Morelos, A., González, S., Juárez, A., Cabrera, M., y Benavides, A. (2021). *Biofortificación de fresa con selenio y su efecto sobre los macro y micronutrientes en el fruto*. Agraria.
- Gaucin, M., Preciado, P., González, U., Sifuentes, E., Núñez, F., y Orozco, A. (2022). *La biofortificación con selenio mejora los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante en chile jalapeño*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*.
- González, A., Bugarín, R., Juárez, C., Arrieta, P., y Juárez, P. (2022). Concentración y método de aplicación de selenio en plántulas de pimiento. *Biotecnia*, XIV(2), 112-113.
- González, O., Alejo, G., Bugarín, R., Juárez, C., Arrieta, B., y Juárez, P. (2023). *Concentración y método de aplicación de selenio en plántulas de pimiento*. Biotecnia.
- Gupta. (2018). Papel del Selenio en la Nutrición Vegetal. *Equipo Editorial INTAGRI S.C*, 4.
- Hermosillo, M., Sánchez, E., Ávila, G., Mendoza, M., y Balandrán, R. (2012). *Impacto de la fertilización con selenio en la actividad de enzimas detoxificadoras de*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.
- Hernández, M., León, J., López, Y., Saldaña, D., y García, S. (2018). *Efecto comparativo del selenito y selenato en el crecimiento y contenido de pigmentos fotosintéticos en plantas de pimiento (Capsicum annuum L.)*. Biotecnología y Sustentabilidad.

- Jiménez, P. (2018). *Identificación del agente causal(s) de la pudrición radicular en pimiento (Capsicum annuum L.) en Tumbaco* [Tesis de grado]. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Laurentin, H. (2019). Recuperado el 08 de Enero de 2022, de Selenio, silicio y sodio, ¿deben ser considerados nutrientes en las plantas?: <https://universidadagricola.com/selenio-silicio-y-sodio-deben-ser-considerados-nutrientes-en-las-plantas/>
- López, L., Benavides, A., Ortega, H., Valdez, A., Cabrera, M., y Sandoval, A. (2015). *Selenio y su efecto en el estado antioxidante y la composición mineral de la lechuga*. Revista mexicana de ciencias agrícolas.
- Macias, A. (2022). *Efecto de las nanopartículas de selenio en las plantas, CIATEJ, Campus Zapopan, Jalisco*. Universidad Jesuita de Guadalajara.
- Mengel, K., y Kirkby, E. (2000). *Principios de nutrición vegetal* (4ta ed.). Basilea/Suiza: Instituto Internacional del Potasio.
- Morales, J. (2013). *Evaluación de la producción y calidad del pimiento (Capsicum annuum L) cv 'Canon' obtenido mediante biofertilización*. [Tesis de grado]. Santiago de Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Morales, M. (2018). *Efecto de las nanopartículas de selenio en el cultivo de tomate bajo condiciones de estrés salino*. [Tesis de grado]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Morán, G. (2021). *Estudio socioeconómico de los productores de pimiento (Capsicum annuum L.), de la zona de la parroquia Puerto Cayo, Cantón Jipijapa* [Tesis de grado]. Guayaquil, Ecuador.
- Navarrete, C. (2019). *Estudio de 3 niveles de fertilización química y su efecto en el comportamiento agronómico de 2 híbridos de pimiento (Capsicum annuum L.) bajo las condiciones agroclimáticas del cantón Ibarra* [Tesis de grado]. Ibarra, Ecuador:

- Olivet, Y., y Cobas, D. (2021). *Influencia de diferentes marcos de siembra en el desarrollo del pimiento (Capsicum annuum L.) híbrido 'Carleza' bajo cultivo protegido*. Bayamo, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Orellana, C., y León, E. (2011). *Evaluación de la producción del cultivo hidropónico de 3 variedades de pimiento (Capsicum annum), bajo invernadero en la solución nutritiva La Molina* [Tesis de grado]. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Palencia, P., Martínez, F., Burducea, M., Oliveira, A., y Giralde, I. (2016). *Efectos del enriquecimiento con selenio en SPAD, calidad de la fruta y parámetros de crecimiento de plantas de fresa en un sistema de cultivo sin suelo*. . Revista Brasileira de Fruticultura.
- Pinto, M. (2013). *El cultivo del pimiento y el clima en Ecuador* . Recuperado el 07 de Enero de 2022, de El cultivo dl pimiento y el clima en el Ecuador: <https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20%20cultivo%20del%20pimiento%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>
- Reche, J. (2010). *Cultivo del pimiento dulce en invernadero* (Junta de Andalucía ed.). (S. d. Divulgación, Ed.) Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca.
- Riaño, P. (2019). *Biofortificación agronómica con selenio y zinc sobre guisante forrajero (Pisum sativum L.) bajo condiciones de secano mediterráneas*. [Tesis de grado]. Universidad de Extremadura.
- Rodríguez, N. (2017). *Ensayo de tres variedades de pimiento (Capsicum annuum L.) de tipo Lamuyo en dos tipos de invernaderos y en distintos sistemas de cultivo*. [Tesis de grado]. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.
- Romero, M. (2022). *El selenio en la producción de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd) bajo condiciones de estrés hídrico*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Santos, M. D. (2014). *Aplicación de selenio en semillas y plántulas de hortalizas para modificar el potencial redox*. [Tesis de grado]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Serrano, Z. (2011). Recuperado el 08 de Enero de 2022, de Prontuario del cultivo de pimiento: <https://docplayer.es/12879499-Prontuario-del-cultivo-de-pimiento.html>
- Silva, F. (1983). *Cultivo de pimiento, análisis de costos y evaluación económica de una hectárea*. Pedro Luro-Argentina: IICA-CIDIA.
- Treviño, A., Sandoval, A., Benavides, A., Ortega, H., Cadenas, G., y Cabrera, M. (2021). *Nanopartículas de selenio absorbidas en hidrogeles de quitosán-polivinil alcohol en la producción de pepino injertado*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- Yáñez, V. (2016). *Efecto de barreras alelopáticas y biocidas en el manejo de insectos plagas del cultivo de pimiento (Capsicum annuum)*. [Tesis de grado]. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1.Anexos

Anexo A. a) Preparación del sustrato, b) germinación del pimiento, c y d) trasplante.



Anexo B. a, b y c) Aplicación del selenio, b) germinación del pimiento, c y d) trasplante.





Anexo C. a) Tutoro de las plantas, b) Riego, c y d) toma de datos de altura y diámetro del tallo, e) cosecha de los frutos de pimiento y f) peso de los frutos de pimiento.



Anexo D. ADEVA de altura de planta a los 30 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	16	0,33	0,17	4,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16,63	3	5,54	2,01	0,166
Dosis de los tratamientos	16,63	3	5,54	2,01	0,166
Error	33,05	12	2,75		
Total	49,68	15			

Anexo E. ADEVA de altura de planta a los 45 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	16	0,62	0,53	1,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18,32	3	6,11	6,64	0,0068
Dosis de los tratamientos	18,32	3	6,11	6,64	0,0068
Error	11,04	12	0,92		
Total	29,36	15			

Anexo F. ADEVA de altura de planta a los 60 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	16	0,82	0,78	3,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	693,46	3	231,15	18,54	0,0001
Dosis de los tratamientos	693,46	3	231,15	18,54	0,0001
Error	149,62	12	12,47		
Total	843,08	15			

Anexo G. ADEVA de diámetro de tallo a los 30 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	16	0,26	0,07	11,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	3	2,50E-03	1,38	0,2953
Dosis de los tratamientos	0,01	3	2,50E-03	1,38	0,2953
Error	0,02	12	1,80E-03		
Total	0,03	15			

Anexo H. ADEVA de diámetro de tallo a los 45 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	16	0,18	0	4,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,20E-03	3	7,30E-04	0,9	0,4705
Dosis de los tratamientos	2,20E-03	3	7,30E-04	0,9	0,4705
Error	0,01	12	8,20E-04		
Total	0,01	15			

Anexo I. ADEVA de diámetro de tallo a los 60 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	16	0,44	0,3	5,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	3	0,01	3,14	0,065
Dosis de los tratamientos	0,03	3	0,01	3,14	0,065
Error	0,03	12	2,90E-03		
Total	0,06	15			

Anexo J. ADEVA de numero de fruto de la primera cosecha.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número total de frutos	16	0,38	0,23	26,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28,19	3	9,4	2,46	0,1124
Dosis de los tratamientos	28,19	3	9,4	2,46	0,1124
Error	45,75	12	3,81		
Total	73,94	15			

Anexo K. ADEVA de numero de fruto de la segunda cosecha.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número total de frutos	16	0,41	0,26	29,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46,69	3	15,56	2,76	0,0884
Dosis de los tratamientos	46,69	3	15,56	2,76	0,0884
Error	67,75	12	5,65		
Total	114,44	15			

Anexo L. ADEVA de peso de fruto de la primera cosecha.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso en gramos	16	0,69	0,61	23,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	165518,19	3	55172,73	8,89	0,0022
Dosis de los tratamientos	165518,19	3	55172,73	8,89	0,0022

Error		74449,25	12	6204,1
Total		239967,44	15	

Anexo M. ADEVA de peso de fruto de la segunda cosecha.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso en gramos	16	0,29	0,11	33,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64529,25	3	21509,75	1,6	0,2413
Dosis de los tratamientos	64529,25	3	21509,75	1,6	0,2413
Error	161432,5	12	13452,71		
Total	225961,75	15			

Anexo N. ADEVA de longitud de fruto de la primera cosecha.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Longitud del fruto (cm)	16	0,1	0	15,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,23	3	1,08	0,47	0,7099
Dosis de los tratamientos	3,23	3	1,08	0,47	0,7099
Error	27,57	12	2,3		
Total	30,8	15			

Anexo O. ADEVA de longitud de fruto de la segunda cosecha.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Longitud del fruto (cm)	16	0,24	0,05	8,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,67	3	0,89	1,28	0,3245
Dosis de los tratamientos	2,67	3	0,89	1,28	0,3245
Error	8,32	12	0,69		
Total	10,99	15			

Anexo P. ADEVA de diámetro de fruto de la primera cosecha.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Diámetro del fruto (cm)	16	0,26	0,08	11,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,78	3	0,59	1,43	0,2832
Dosis de los tratamientos	1,78	3	0,59	1,43	0,2832
Error	4,98	12	0,42		
Total	6,76	15			

Anexo Q. ADEVA de diámetro de fruto de la segunda cosecha.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Diámetro del fruto (cm)	16	0,21	0,01	7,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,56	3	0,19	1,04	0,4094
Dosis de los tratamientos	0,56	3	0,19	1,04	0,4094
Error	2,15	12	0,18		
Total	2,71	15			

Anexo R. ADEVA de Rendimiento kg/parcela.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Rendimiento total Kg parce..	16	0,51	0,39	35,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	53,35	3	17,78	4,22	0,0297
Dosis de los tratamientos	53,35	3	17,78	4,22	0,0297
Error	50,55	12	4,21		
Total	103,91	15			
