



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

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

Proyecto de Investigación:

“RESPUESTA AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.)
BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPUESTOS BIOLÓGICOS”

Autor:

Leidy Selená Zamora Soriano

Director de proyecto de investigación:

Ing. Hayron Fabricio Canchignia Martínez, PhD.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Leidy Selena Zamora Soriano**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que 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 normatividad institucional vigente.

Leidy Selena Zamora Soriano

C.C: 1726173857



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El suscrito, **Ing. Hayron Fabricio Canchignia Martínez PhD.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Leidy Selena Zamora Soriano**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Respuesta agronómica del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo el efecto de la aplicación de compuestos biológicos**”, previo a la obtención del Grado Académico de **Ingeniero Agrónomo**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Hayron Fabricio Canchignia Martínez, PhD
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

El suscrito **Ing. Hayron Fabricio Canchignia Martínez, PhD.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe del Proyecto de Investigación titulado “**Respuesta agronómica del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo el efecto de la aplicación de compuestos biológicos**”, presentado por la estudiante **Leidy Selena Zamora Soriano**, 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 94% y similitud 6%, 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	Selena urkund.docx (D177457681)
Submitted	2023-10-31 21:22:00
Submitted by	
Submitter email	hcanchignia@uteq.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	hcanchignia.uteq@analysis.orkund.com

Ing. Hayron Fabricio Canchignia Martínez, PhD
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Respuesta agronómica del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo el efecto de la aplicación de compuestos biológicos”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Freddy Javier Guevara Santana, M.Sc

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Ing. Favio Eduardo Herrera Eguez, PhD

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Ing. Yanila Esther Granados Rivas, M.Sc

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría para que lograra afrontar cada una de las situaciones que viví durante todo el transcurso de mi carrera, por el desarrollo y conocimiento que he obtenido durante este tiempo.

A mis padres, Benigno Zamora Cadena y Germania Soriano Ramos quienes con su amor y alegría me enseñaron a enfrentar mis miedos y a nunca rendirme, motivándome día a día, quienes pintan de arcoíris mis días grises.

A mis abuelos Epifanio Donato Soriano Macías y Eladia Germania Ramos Alaiño, por regalarme su tiempo, su luz, su amor, quienes admirando mis virtudes y entendiendo mis defectos, me enseñaron el valor de la vida dándome sus enseñanzas y palabras de aliento. A mi Familia Soriano Ramos, por darme su apoyo incondicional.

A Juan, mi amado compañero por demostrarme cada día su amor incondicional y su paciencia, por brindarme su compañía, quien ha sido mi refugio en días de tristeza. Gracias por celebrar mis triunfos y acompañarme en mis momentos de debilidad.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en especial a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales por acogerme durante estos años y formarme como profesional. A mis maestros por el conocimiento transmitido, a cada uno de ellos les llevo en el corazón. A mi director el Dr. Hayron Fabricio Canchignia Martínez, por su ayuda, paciencia y por sus enseñanzas.

A los señores Ing. Ángel Cedeño Moreira e Ing. Erick García Intriago, técnicos de laboratorio y amigos que la vida puso en mi camino quienes me brindaron sus conocimientos con paciencia y cariño, quienes me han motivado hacia el crecimiento académico y profesional.

A mis amigos que me brindaron su compañía y su amistad durante el trayecto de mi formación. Por crear gratos recuerdos, por las experiencias, y por el camino recorrido, este viaje no fue sencillo, pero con su amistad fué ligero, es por ello, que les agradezco a cada uno por ser parte de mi crecimiento y evolución: John, Emily, Brigitte, Vanessa, Yokasta y Leslie.

DEDICATORIA

A Dios: Por sus demostraciones de amor, por su compañía en tiempos de soledad, por su paciencia en mis días de tormenta, por la sabiduría, paciencia, fortaleza y sostén que me brindó.

A mis amados papitos que influyeron en mi crianza y el gusto por el campo, Eladia que se volvió mi ángel de la guarda por designios de la vida y ahora es mi eterno atardecer, mi amada lluvia de abril, mi amado sol de verano, a mi querido Epifanio por ser luz con sus enseñanzas, quien me regala alegría y calidez a mi vida.

A mi padre amado Benigno por su amor y por recargar de paz a mi aturdido corazón, dándome el impulso cada día, para poder despertar y continuar. A mi madre Germania, por darme la vida por demostrarme siempre su cariño y apoyo. A mi familia por demostrarme que somos lo que queremos ser.

A mis amigos quienes fueron testigos y a la vez me brindaron su apoyo en situaciones difíciles. A mi amado Juan quien se ha convertido en mi confidente y compañero de lucha, y a quien admiro por su perseverancia. A mi querida Sonia por su paciencia y cariño hacia mí. A mis adorados Mushu, Mews y Mijo por ser mis compañeros incondicionales y alegrarme con sus travesuras en cada noche de desvelo.

Leidy Selena Zamora Soriano

RESUMEN

La producción de pimiento en Ecuador, ha generado un incremento del empleo de fertilizante orgánicos para mejorar el rendimiento del cultivo, esto ha generado ciertos índices de toxicidad en el suelo y las plantas, con el transcurso del tiempo se ha buscado reemplazar dichos productos con alternativas orgánicas, como la aplicación de productos a base de microorganismos y algas marinas, los cuales contienen fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas las cuales fomentan el desarrollo y crecimiento de las plantas. El ensayo constó de siete tratamientos con 3 repeticiones cada uno, evaluando las variables agronómicas destacando la relevancia en cuanto a calidad de la producción en pimiento, entre ellas: germinación, longitud radicular, altura de planta, días a la floración, diámetro y longitud de fruto y raíz, así como peso de hipocótilo, raíz y fruto. Los resultados demostraron la eficacia de la aplicación de compuestos biológicos a base de microorganismos y algas marinas donde Algamarín estimuló la germinación de semillas con un 100% a los 8 DDI; Qa Energy promovió la longitud radicular con 3 cm a los 8 DDI ; Basfoliar Algae, Algamarin y Qa Energy incrementaron el peso de hipocótilo con pesos superiores a los 90 mg; Mix PGPR generó la mayor altura de planta bajo condiciones de invernadero con 38.23 cm a los 60 DDT, Algamarin redujo el tiempo de floración a 40 días; en el peso de fruto los tratamientos Kelpak, Qa Energy y Basfoliar Algae generaron mayor rendimiento a la cosecha. El tratamiento Basfoliar Algae demostró un beneficio/costo de \$2.69 con una rentabilidad de 169.47%. Mix PGPR, induce la aceleración notable en el proceso de germinación de semillas de pimiento. La aplicación de compuestos biológicos como PGPR y algas marinas contribuye al crecimiento y desarrollo de pimiento incrementando la calidad y rendimiento bajo condiciones de invernadero.

Palabras claves: PGPR, algas, bioestimulantes, pimiento.

ABSTRACT

Bell pepper production in Ecuador has generated an increase in the use of organic fertilizers to improve crop yields, which has generated certain levels of toxicity in the soil and plants. Over time, the use of organic alternatives has been sought to replace these products, such as the application of products based on microorganisms and marine algae, which contain phytohormones such as auxins, gibberellins and cytokinins, which promote plant growth and development. The trial consisted of seven treatments with three replicates each, evaluating the agronomic variables, highlighting the relevance in terms of production quality in bell pepper, including: germination, root length, plant height, days to flowering, diameter and length of fruit and root, as well as hypocotyl, root, and fruit weight. The results demonstrated the efficacy of the application of biological compounds based on microorganisms and marine algae where Algamarin stimulated seed germination with 100% at 8 DDI; Qa Energy promoted root length with 3 cm at 8 DDI; Basfoliar Algae, Algamarin and Qa Energy increased hypocotyl weight with weights above 90 mg; Mix PGPR generated the greatest plant height under greenhouse conditions with 38. 23 cm at 60 DDT, Algamarin reduced flowering time to 40 days; in fruit weight Kelpak, Qa Energy and Basfoliar Algae treatments generated higher yield at harvest. The Basfoliar Algae treatment showed a benefit/cost of \$2.69 with a profitability of 169.47%. Mix PGPR, induces remarkable acceleration in the germination process of bell pepper seeds. The application of biological compounds such as PGPR and seaweed contributes to the growth and development of bell pepper increasing quality and yield under greenhouse conditions.

Keywords: PGPR, algae, biostimulant, pepper

TABLA DE CONTENIDO

Portada	i
Declaración de autoría y cesión de derechos	ii
Certificación de culminación del trabajo de integración curricular	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	iv
Certificado de aprobación por el tribunal de sustentación	v
Agradecimiento	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
Tabla de contenido.....	x
Código dublín	xvii
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	5
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. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)	9
2.1.2. Condiciones en invernadero	9
2.1.3. Bioestimulantes	9
2.1.4. Cultivo de pimiento	10
2.2. Marco Referencial	10
2.2.1. Cultivo de Pimiento	10
2.2.1.1. Taxonomía y morfología.....	10
2.2.1.2. Sistema radicular.....	11
2.2.1.3. Tallo principal.....	11
2.2.1.4. Hoja.	11

2.2.1.5. Flor.....	12
2.2.1.6. Fruto.....	12
2.2.2. Bioestimulantes	12
2.2.2.1. Bioestimulantes a base de algas.....	12
2.2.2.2. Algas para la producción de bioestimulantes.	13
2.2.2.3. Características de los bioestimulantes a estudiar.	14
2.2.2.4. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.	15
2.2.2.5. Biofertilización a base de bacterias.	16
2.2.3. Producción de sustancias promotoras de crecimiento vegetal.....	17
2.2.3.1. Bacterias por evaluar en el consorcio Mix PGPR.	17
2.2.4. Revisión histórica del tema en estudio	18
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.1. Localización.....	24
3.1.1. Características agroclimáticas	24
3.2. Tipo de investigación.....	25
3.3. Métodos de investigación	25
3.4. Fuentes de recopilación de la información	25
3.5. Diseño de la investigación.....	26
3.5.1. Factores en estudio	26
3.5.2. Tratamientos	26
3.5.3. Diseño experimental	26
3.6. Instrumentos de Investigación.....	27
3.6.1. Manejo del experimento	27
3.6.1.1. Experimento 1: Desarrollo de proceso germinativo de semillas en incubadora.....	27
3.6.1.2. Experimento 2: Desarrollo de plántulas en rizotron.....	28
3.6.1.3. Experimento 3: Desarrollo de plántulas bajo condiciones de invernadero.	28
3.6.2. Variables evaluadas	30
3.6.2.1. Días a la germinación (%).	30
3.6.2.2. Longitud radicular en germinación (cm).	30
3.6.2.3. Altura de hipocótilo (cm).....	30
3.6.2.4. Longitud radicular (cm).....	31
3.6.2.5. Peso de hipocótilo (mg).....	31
3.6.2.6. Peso radicular (mg).....	31
3.6.2.7. Altura de planta (cm).	31

3.6.2.8. Días a la floración.....	31
3.6.2.9. Longitud del fruto (cm).	31
3.6.2.10. Diámetro del fruto (cm).....	32
3.6.2.11. Peso del fruto (g).	32
3.6.2.12. Análisis económico.....	32
3.7. Tratamiento de los datos.....	32
3.8. Recursos humanos y materiales	32
3.8.1. Recursos humanos	32
3.8.2. Materiales	33
3.8.2.1. Material vegetal.....	33
3.8.2.2. Insumos biológicos y químicos.	33
3.8.2.3. Materiales y equipos de Laboratorio.	33
3.8.2.4. Materiales de campo.....	34
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Resultados.....	36
4.1.1. Efectividad de los compuestos biológicos en el proceso de germinación en pimiento.	36
4.1.2. Determinación de los compuestos biológicos a longitud radicular en germinación a los 8 DDI.....	37
4.1.3. Efectividad de los compuestos biológicos en longitud radicular a los 20 DDS en rizotron.....	38
4.1.4. Efectividad de los compuestos biológicos en longitud de hipocótilo a los 20 DDS en rizotron.....	39
4.1.5. Efectividad de los compuestos biológicos en peso de hipocótilo a los 20 DDS en rizotron.....	40
4.1.6. Efectividad de los compuestos biológicos en peso de raíz a los 20 DDS en rizotron.....	41
4.1.7. Comportamiento agronómico bajo la aplicación de compuestos biológicos en altura de planta a los 60 DDT	42
4.1.8. Comportamiento agronómico bajo la aplicación de compuestos biológicos en días a la floración.....	43
4.1.9. Comportamiento agronómico bajo la aplicación de compuestos biológicos en diámetro de fruto por planta en la cosecha	44

4.1.10. Comportamiento agronómico bajo la aplicación de compuestos biológicos en longitud de fruto por planta en la cosecha.	45
4.1.11. Comportamiento agronómico bajo la aplicación de compuestos biológicos en peso de frutos por planta en la cosecha.....	46
4.1.12. Análisis económico del rendimiento de pimiento bajo la aplicación de compuestos biológicos en condiciones de invernadero	47
4.2. Discusión	50
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. Conclusiones.....	53
5.2. Recomendaciones	54
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA	55
6.1. Bibliografía.....	56
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	62
7.1. Anexos	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de pimiento.	11
Tabla 2. Características agroclimáticas del Campus Experimental "La María".....	24
Tabla 3. Tratamientos utilizados en la investigación.....	26
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza.	30
Tabla 6. Rendimiento total por Unidad Experimental.....	47
Tabla 7. Costo por tratamiento por aplicación de compuestos biológicos.	48
Tabla 8. Análisis económico de la producción de los tratamientos.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Germinación de semillas.....	36
Figura 2. Longitud radicular a los 8 DDI.	37
Figura 3. Longitud radicular a los 20 DDS.	38
Figura 4. Longitud de hipocótilo a los 20 DDS.....	39
Figura 5. Peso de hipocótilo a los 20 DDS.....	40
Figura 6. Peso de raíz a los 20 DDS.....	41
Figura 7. Altura de planta a los 60 DDT.	42
Figura 8. Días a la floración.	43
Figura 9. Diámetro de frutos.	44
Figura 10. Longitud de fruto por planta.	45
Figura 11. Peso de frutos por planta.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. ADEVA de las semillas de pimiento en el experimento 1 (germinación).....	63
Anexo B. ADEVA longitud radicular en experimento 1 (germinación).....	64
Anexo C. ADEVA longitud radicular en rizotron a los 20 DDS	65
Anexo D. ADEVA longitud de hipocótilo en rizotron a los 20 DDS.	65
Anexo E. ADEVA peso de hipocótilo en rizotron a los 20 DDS.	66
Anexo F. ADEVA peso de raíz en rizotron a los 20 DDS.....	67
Anexo G. ADEVA altura de planta a los 60 DDS	67
Anexo H. ADEVA días a la floración.....	68
Anexo I. ADEVA diámetro de frutos a la cosecha.	68
Anexo J. ADEVA longitud de fruto a la cosecha.	69
Anexo K. ADEVA peso de frutos a la cosecha.	69
Anexo L. Mezcla y llenado del sustrato en las fundas de vivero.....	72
Anexo M. Control de plagas y riego de las fundas de vivero para pimiento.	72
Anexo N. Productos evaluados en el proceso investigativo.....	73
Anexo O. Aplicación de los tratamientos en disoluciones en semillas de pimiento.....	73
Anexo P. Proceso de incubación para germinación de semillas tratadas.....	74
Anexo Q. Manejo de sustrato para elaboración de rizotron.....	74
Anexo R. Inserción de semillas tratadas en sustrato aplicado en rizotron.	75
Anexo S. Aplicación de tratamientos en semillas cultivadas en bandejas germinadoras. ..	75

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Respuesta agronómica del cultivo de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo el efecto de la aplicación de compuestos biológicos”			
Autor:	Leidy Selena Zamora Soriano			
Palabras clave:	PGPR	Bioestimulantes	Algas	Pimiento
Fecha de publicación:				
Editorial:	Quevedo; UTEQ, 2023			
Resumen:	<p>La producción de pimiento en Ecuador, ha generado un incremento del empleo de fertilizante orgánicos para mejorar el rendimiento del cultivo, esto ha generado ciertos índices de toxicidad en el suelo y las plantas, con el transcurso del tiempo se ha buscado reemplazar dichos productos con alternativas orgánicas, como la aplicación de productos a base de microorganismos y algas marinas, los cuales contienen fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas las cuales fomentan el desarrollo y crecimiento de las plantas. notable en el proceso de germinación de semillas de pimiento. La aplicación de compuestos biológicos como PGPR y algas marinas contribuye al crecimiento y desarrollo de pimiento incrementando la calidad y rendimiento bajo condiciones de invernadero (...).</p>			
Abstract:	<p>Bell pepper production in Ecuador has generated an increase in the use of organic fertilizers to improve crop yields, which has generated certain levels of toxicity in the soil and plants. Over time, the use of organic alternatives has been sought to replace these products, such as the application of products based on microorganisms and marine algae, which contain phytohormones such as auxins, gibberellins and cytokinins, which promote plant growth and development (...)</p>			
Descripción:	92 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD ROM 6162			
URL:				

Introducción

El pimiento es una hortaliza, pertenece al género *Capsicum* de la familia Solanaceae, es originario de México, Bolivia y Perú, al pasar los años se ha adoptado su producción a otros países, debido a la demanda que representa en la dieta alimenticia de los consumidores, convirtiéndose en una de las hortalizas con mayor relevancia en el mercado (Du Jardín, 2015).

En Ecuador, en el año 2020 la producción de pimiento fue de 8 075 toneladas en un área cosechada de 2 204 hectáreas, generando un rendimiento de 3.66 t ha⁻¹ (FAO, 2020), donde el mayor índice se obtiene bajo un modelo de agricultura tradicional, esto implica el uso desmedido de plaguicidas y fertilizantes inorgánicos, mismos que al ser aplicados de manera excesiva pueden ocasionar toxicidad en la planta y frutos reduciendo la producción del cultivo (Reyes y Cortéz, 2017).

En la actualidad los consumidores se han interesado en conocer la forma de producción de los productos, es por ello por lo que mediante la aplicación de normas de calidad se busca que los productos a ofrecer tengan poca residualidad de agroquímicos y de esta forma fomentar el consumo de productos alimenticios con origen orgánico, lo cual representa un aporte alimenticio a quienes adquieren los productos para su consumo.

Con la finalidad de disminuir el uso de fertilizantes inorgánicos, como alternativa, se ha generado la producción de productos a base de microorganismos que contienen gran cantidad de nutrientes entre ellos algas y bacterias que sirven para contribuir al mejoramiento de la producción, calidad y rentabilidad de los cultivos con la finalidad de obtener buenos rendimientos en las cosechas disminuyendo las pérdidas económicas para los productores (Padilla, 2012).

Entre los productos que han aportado a disminuir la influencia de los agroquímicos se encuentran los bioestimulantes, fabricados a base de algas marinas las cuales contienen aminoácidos que son beneficiosos para el desarrollo de las plantas. Por otra parte, el uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal cumple con la finalidad de fortalecer a la planta

frente a condiciones de estrés, fomentan la obtención de buena calidad del fruto en cosecha y promueven la asimilación de nutrientes en la planta (Van *et al.*, 2017).

La actividad que promueven los extractos de algas marinas al influir en la estimulación del microbioma rizosférico es mejorar las propiedades del suelo en cuanto a hidratación, porosidad y estructura, debido a la presencia de moléculas quelantes como alginatos, fucoidanos y compuestos fenólicos, inducen el crecimiento microbiano y su actividad enzimática mediante elicitores presentes en los extractos (Kuwada *et al.*, 2006) y/o activan la expresión génica de moléculas y señales involucradas en la simbiosis planta-microorganismo (Khan *et al.*, 2012).

Los bioestimulantes basados en PGPR, son sustancias que contienen microorganismos capaces de colonizar la rizosfera y promover el crecimiento de los cultivos mediante el incremento de la disponibilidad de nutrientes como el aumento de la fijación de nitrógeno requeridos para su metabolismo y para mejorar su proceso de nutrición (Gómez *et al.*, 2012)

En la presente investigación se evaluó la respuesta agronómica del cultivo de pimiento frente a la aplicación de compuestos biológicos para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, de esta manera se logra implementar alternativas de bajo costo para mejorar la economía de los productores. Además, servirá como aporte a nuevas investigaciones dirigidas a producción orgánica de otras hortalizas con relevancia en la producción a nivel nacional.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La fertilización del cultivo de pimiento se ha basado en el uso de fertilizantes de origen mineral, los cuales contribuyen en gran manera en los rendimientos agrícolas, pero al mismo tiempo logran reducir la población de microorganismos benéficos que se encuentran en el suelo, aportan a la contaminación del suelo y de los acuíferos superficiales y subterráneos, incrementan los niveles de salinidad, generando poco a poco una alteración irreversible en la salud del suelo.

Entre los problemas que se han generado en cuanto a la fertilización del cultivo de pimiento se encuentra la salinidad, representa el mayor inconveniente debido a que ocasiona alteraciones en la estructura y textura del suelo, en la salud humana refleja gran preocupación en los consumidores debido a la aplicación de agroquímicos, frente a esto, en la actualidad la exigencia de productos de origen orgánico se ha incrementado. Por otra parte, los costos de producción se han elevado debido a los altos costos que los agroquímicos han adquirido en los últimos años.

Diagnóstico

La aplicación de compuestos inorgánicos en la fertilización del cultivo de pimiento, en exceso, puede llegar a ocasionar daños en la etapa de desarrollo de la planta e incluso reducir la productividad; por ello, se han desarrollado compuestos a base de algas y bacterias como alternativas para la fertilización de las plantaciones, estimulando el crecimiento y desarrollo de las plantas, generando rentabilidad para quienes se dedican a la producción de pimiento.

Pronóstico

La investigación dirigida a identificar la interacción de los compuestos orgánicos con las plantas y su relación a la salud del suelo, como medida de fertilización, se obtiene nuevas alternativas de producción contribuyendo a la rentabilidad del cultivo y ganancias representativas de los productores, además de generar opciones de fertilización para el mercado nacional.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los efectos de la aplicación de compuestos biológicos en pimiento (*Capsicum annuum* L.)?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuáles son los efectos de la aplicación de compuestos biológicos al proceso de germinación del pimiento?

¿Cómo es la respuesta del cultivo de pimiento frente a la aplicación de compuestos biológicos a base de algas pardas y rizobacterias?

¿Existe beneficio económico para la producción agrícola en cuanto a los costos de aplicación de estos compuestos?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de bioestimulantes al desarrollo y rendimiento en *Capsicum annuum* (pimiento).

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la efectividad de compuestos biológicos al proceso de germinación de pimiento (*Capsicum annuum* L).
- Determinar el comportamiento agronómico de pimiento bajo la aplicación de compuestos biológicos (algas pardas y rizobacterias).
- Analizar la relación beneficio/costos de la aplicación de compuestos biológicos.

1.3. Justificación

Entre las principales hortalizas que presentan demanda en la alimentación de la población, está el pimiento, mismo que se caracteriza por los aportes nutricionales a la dieta diaria, para su producción de manera tradicional se ha implementado el uso de fertilizantes químicos los cuales presentan alto riesgo de contaminación al medio ambiente y salud humana, reduciendo la vida microbiana del suelo e induciendo la degradación de este.

Se considera a los bioestimulantes como sustancias que influyen en el desarrollo de las plantas, en cada fase vegetativa influye de manera distinta. Además, logran que las plantas generen resistencia a condiciones climáticas adversas como el estrés abiótico. La aplicación de bioestimulantes resulta conveniente en los cultivos hortícolas debido a que presentan bajo índice de toxicidad tanto para el ser humano y medio ambiente, logrando un desarrollo óptimo a las plantas y aportando al rendimiento de la producción.

La importancia de la presente investigación es complementar el proceso de nutrición y fertilización de las plantas mediante nuevos productos que fortalezcan el cultivo sin desmejorar el suelo ni produciendo gases que sean capaces de incrementar la contaminación edáfica que se presenta con la aplicación de otros productos, se busca mejorar los procesos de producción para asegurar la inocuidad alimentaria respetando al medio ambiente, mediante alternativas que conserven las propiedades del suelo, contribuyendo a la productividad y economía del mediano y pequeño agricultor.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)

En la rizosfera, las bacterias son los microorganismos más prevalentes, destacando las rizobacterias como actores prominentes. Estas bacterias, altamente competentes en la rizosfera, muestran una notable capacidad para colonizar de manera agresiva las raíces de las plantas. Se han identificado interacciones bioquímicas y el intercambio de moléculas de señalización entre las plantas y los microorganismos del suelo.

Estas complejas relaciones pueden tener un impacto significativo en el crecimiento de las plantas y en el rendimiento de los cultivos. Además, demuestran la habilidad de multiplicarse y establecerse en diversos nichos ecológicos a lo largo de todas las fases de crecimiento de la planta, incluso en presencia de una microflora competidora (Antoun y Kloepper, 2001).

2.1.2. Condiciones en invernadero

La producción de cultivos en invernadero, como técnica agrícola de vanguardia, sobresale en relación con el método tradicional debido a la implementación de una barrera física que establece un microambiente controlado entre el entorno externo y el cultivo ejerciendo un papel crucial al salvaguardar las plantas de agentes ambientales adversos, como, heladas, plagas, enfermedades, malezas y animales.

Uno de los beneficios del invernadero radica en capacidad para regular la temperatura y la exposición lumínica. Además, facilita la implementación de estrategias de control químico y biológico eficaces, contribuyendo así a la protección integral del cultivo, lo cual permite incrementar los rendimientos en comparación con los métodos agrícolas tradicionales (Castañeda *et al.*, 2007).

2.1.3. Bioestimulantes

Son sustancias que, aunque no son nutrientes, pesticidas o reguladores de crecimiento, generan impactos positivos en la germinación, desarrollo y crecimiento vegetativo. La

definición amplia ha llevado a que en el mercado se utilice para describir una variedad de productos, desde extractos de plantas hasta combinaciones con nutrientes, vitaminas o reguladores de crecimiento (Saborio, 2002).

2.1.4. Cultivo de pimiento

La producción de pimiento destinada al mercado interno se concentra principalmente durante el verano, dado que en esta estación la incidencia de lluvias es menor. Esta elección estacional se fundamenta en la necesidad de evitar complicaciones relacionadas con el drenaje y minimizar la presencia de plagas y enfermedades. En la Costa, el período de mayor producción de pimiento abarca desde julio hasta enero, durante el cual la demanda local se satisface con la oferta proveniente de esta misma región. Durante los meses restantes, la demanda se suple mediante la producción de las provincias de Loja y Manabí, que durante el invierno abastecen al mercado con su oferta de pimientos (Holguín y Romero, 2002).

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Cultivo de Pimiento

Las especies del género *Capsicum* tienen su origen en América. La distribución precolombina de este género se extendió probablemente desde el borde más meridional de Estados Unidos a la zona templada cálida del sur de Sudamérica (Guevara *et al.*, 2018).

El pimiento se cultiva en invernadero en todo el mundo. En el Mediterráneo constituye uno de los cultivos principales que puede situarse inmediatamente después del tomate en la mayoría de los países, con la excepción de Túnez donde la paprika picante y el pimiento dulce representan un 55% de la superficie total de invernaderos (FAO, 2002).

2.2.1.1. Taxonomía y morfología.

De acuerdo con la clasificación taxonómica según el Integrated Taxonomic Information System of North America (ITIS, 2017) es la siguiente:

Tabla 1*Clasificación taxonómica del cultivo de pimiento*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>Capsicum annuum</i> L.

Fuente: ITIS, 2017.

Elaborado: Autor

2.2.1.2. Sistema radicular.

Pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y 1 metro (Infoagro, 2004).

2.2.1.3. Tallo principal.

De crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura (“cruz”) emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente) (Infoagro, 2004).

2.2.1.4. Hoja.

Entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo 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 pecíolo, 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 (Infoagro, 2004).

2.2.1.5. Flor.

Las flores aparecen en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10% (Infoagro, 2004).

2.2.1.6. Fruto.

Baya hueca, semicartilaginosa, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar hasta más de 500 gramos. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 milímetros (Infoagro, 2004).

2.2.2. Bioestimulantes

Se refiere a sustancias que, a pesar de no ser un nutrimento, un pesticida o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas en cantidades pequeñas generan un impacto positivo en la germinación, el desarrollo, el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y/o el desarrollo de los frutos (Saborio, 2002).

La aplicación de bioestimulantes afecta positivamente el estado general de la planta, aumenta la resistencia a enfermedades y plagas y mejora la calidad del rendimiento (Russel, 2002). Los extractos de algas marinas son los reguladores del crecimiento más populares, debido a que en su composición están presentes altos niveles de hormonas vegetales, en particular citoquininas, polisacáridos, aminoácidos y macro y microelementos necesarios en el desarrollo vegetativo de las plantas (Craigie, 2011).

2.2.2.1. Bioestimulantes a base de algas.

Las algas marinas se aplican en la agricultura tal cual, en forma de harina, de extractos y de polvos solubles, que son formas viables para su aplicación en los cultivos. Si los derivados son elaborados en la forma apropiada, los organismos vivos que contienen se conservan en estado viable y se propagan por un tiempo donde se aplican potenciando su acción, lo que hace posible la aplicación de dosis muy bajas (Blaine *et al.*, 1990).

Senn reporta que la incorporación de algas al suelo favorece al incremento de las cosechas logrando fomentar el rendimiento de los cultivos, también se logra mejorar la calidad de los frutos al suministrar todos los macros y micro nutrientes que son requeridos por la planta, con el aporte de sustancias naturales mismas que presentan efectos similares a los reguladores de crecimiento (Senn y Kingman, 1978).

Al aplicar extractos de algas marinas, las enzimas que contienen refuerzan el sistema inmunitario y alimentario de las plantas activando sus funciones fisiológicas mejorando de manera significativa la resistencia de las plantas frente a situaciones estrés hídrico por condiciones de sequía que se presentan en los lugares donde se genera la producción de los cultivos de interés (López *et al.*, 1995).

Adicionalmente, los extractos de algas pueden llevar microalgas cianofitas que, al ser aplicados de manera foliar o al suelo, logran ser asimiladas por las plantas, entre sus características de relevancia se define la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, incluso en plantas no leguminosas. Este proceso contribuye significativamente a la fertilidad del suelo y al crecimiento de las plantas (Martínez y Salomon, 1995).

2.2.2.2. Algas para la producción de bioestimulantes.

El uso de algas ha sido sustituido por los extractos hechos de diferentes especies de macroalgas. Actualmente, estos extractos han ganado aceptación como “bioestimuladores de las plantas” (Tahir *et al.*, 2013). Son capaces de inducir en el crecimiento vegetal, mejoramiento de la floración y rendimiento, estimulando la calidad y del contenido nutricional del producto comestible, así como la prolongación de la vida postcosecha (Alam *et al.*, 2014). Además, las aplicaciones de diferentes tipos de extractos han estimulado la tolerancia de las plantas a un amplio rango de estrés abiótico (Battacharyya *et al.*, 2015).

Las algas se utilizan en la agricultura para la preparación del suelo (es decir, enmienda del suelo mediante la adición de Maërl) o como bioestimulantes. Se consideran diferentes de los fertilizantes e inducen el crecimiento de las plantas cuando se usan en cantidades muy pequeñas (Battacharyya *et al.*, 2015). Las algas tienen la capacidad de mejorar el desarrollo de las plantas gracias al contenido de polisacáridos, glicerol y reguladores de crecimiento, entre ellos: auxinas, citoquininas y giberelinas, las cuales poseen una amplia gama de actividades biológicas (Hamed *et al.*, 2018).

Los extractos de algas involucrados en este tipo de actividad se obtienen principalmente de algas pardas pertenecientes a los órdenes Laminariales (*Laminaria*) o Fucales (es decir, *Ascophyllum nodosum*, *Fucus* sp.) (Shukla *et al.*, 2019). Estos productos se aplican a los cultivos por remojo de semillas, pulverización foliar o pulverización directa sobre el suelo (Fleurence, 2022).

Las algas marrones contienen compuestos químicos que aumentan la tolerancia a la sequía, reduciendo el estrés de las plantas, contribuyendo al desarrollo del cultivo. Estas moléculas pertenecen a la familia de las betaínas (Sharma *et al.*, 2014). Se comportan como protectores citoplasmáticos de las células cuando las plantas se someten a un choque osmótico durante un período de sequía (Battacharyya *et al.*, 2015; Sharma *et al.*, 2019).

Los vastos recursos de algas marinas frente a las costas de Sudáfrica, de las cuales el alga marina *Ecklonia maxima* es la especie dominante, son una fuente renovable de materia prima con una variedad de usos, debido a las propiedades químicas, mismas que son benéficas y resultan favorables al ser aplicadas en los cultivos (Bai *et al.*, 2007).

2.2.2.3. Características de los bioestimulantes a estudiar.

- **Kelpak:** Es producido a partir de la especie de alga *Ecklonia maxima*, la cual crece sólo en aguas abiertas, limpias y frías de las costas atlánticas de Sudáfrica (Rouphael y Colla, 2020). La Corriente de Benguela rica en nutrientes provee condiciones perfectas para el rápido crecimiento de este bosque de algas gigantes (Basf, 2018).
- **Algamarín:** Bioestimulante de origen natural a base de algas marinas *Ascophyllum nodosum* que aportan aminoácidos biológicamente activos (Khan *et al.*, 2009), incrementando rendimiento y calidad en todo tipo de cultivo a campo abierto y bajo

invernadero. Estimula el desarrollo de fitoalexinas las cuales aumentan la resistencia y tolerancia a las situaciones de estrés biótico y abiótico (heladas, sequias, enfermedades) (NeoQuim, 2021).

- **Basfoliar® Algae SL:** Es un fertilizante bioestimulante líquido concentrado, extraído del alga *Durvillea Antartica* y enriquecido con macro y micronutrientes. Activador del metabolismo general de las plantas que equilibra sus funciones fisiológicas a nivel celular. Funciona en cualquier condición o estrés (Compoexpert, 2020).
- **Qba Energy:** Es un ultra energizante elaborado de activadores metabólicos y energizantes que son asimilados de manera inmediata que fortalece los tallos y acelera el crecimiento para cualquier tipo de cultivo. Promueve el fortalecimiento de las raíces, evita el estrés en la planta debido a la falta de nutrientes, retarda el envejecimiento de las flores y fortalece la vitalidad de las plantas otorgando resistencia frente a enfermedades (IBO, 2020).
- **Evergreen:** Es una formulación equilibrada soluble en agua que contiene nitrógeno, fósforo y potasio. También contiene micronutrientes, algas, vitaminas y ácidos húmicos. contiene 22 nutrientes: siete macronutrientes y reguladores del crecimiento de las plantas, 8 micronutrientes y 7 vitaminas. Los componentes de Evergreen promueven el desarrollo de los tejidos tratados, y aumentan la productividad de los cultivos tratados (ExcelAg, s/f).

2.2.2.4. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.

PGPR es una expresión que fue acuñada en 1978 por JW Kloepper y MN Schroth para describir a las bacterias que se encuentran presentes en la rizosfera de las plantas, estas afectan de manera positiva al desarrollo de las plantas (Labra *et al.*, 2012). La rizosfera es una rica fuente de microorganismos que pueden beneficiar el crecimiento y la supervivencia de las plantas. Las bacterias son de vital importancia para el desarrollo de los cultivos. Varias clases de bacterias que mejoran el crecimiento y el metabolismo de las plantas, conocidas como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) (González *et al.*, 2020).

La asociación benéfica entre plantas y microorganismos en la que bacterias y hongos aplicados a la semilla, al suelo o a la planta, colonizan la raíz, la rizosfera o ambos, y promueven el crecimiento de las plantas e incrementan la absorción y disponibilidad de nutrientes del suelo. Estos microorganismos son conocidos como promotores del crecimiento vegetal y pueden ser empleados como biofertilizantes en cultivos (Vessey, 2003).

Las PGPR representan alrededor del 2 al 5% de las bacterias rizosféricas (Jha y Saraf, 2015). PGPR engloba a una variedad de géneros bacterianos con la capacidad de potenciar el crecimiento de las plantas a través de varios mecanismos. Entre los géneros de bacterias reportados hasta la actualidad están: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcous*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *Serratia* (Ahemad y Kibret, 2014).

Entre los mecanismos bioquímicos descritos en los microorganismos promotores del crecimiento de plantas se encuentra la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (FBN), que es llevada a cabo por rizobacterias simbióticas como *Rhizobium* sp. u otras de vida libre como *Azotobacter* sp. y *Azospirillum* sp. que han sido empleadas extensivamente como biofertilizantes para mejorar la disponibilidad de nitrógeno en hortalizas como tomate (*Lycopersicum esculentum*) (Santillana *et al.*, 2005).

2.2.2.5. Biofertilización a base de bacterias.

Dentro de los procesos que inciden en el desarrollo y producción de las especies vegetales, la nutrición es considerada como esencial. Esto se debe a que los cultivos son exigentes respecto a los niveles de nutrición mineral apropiados, exigencia que se debe a sus volúmenes de producción por unidad de superficie (Chailleux *et al.*, 2014).

Las investigaciones en este campo del conocimiento se orientaron hacia el empleo de una nutrición que incluyera alternativas de fertilización con menor dependencia de insumos contaminantes (Armenta *et al.*, 2010).

El enfoque de nuevas tecnologías es mantener y preservar la sostenibilidad del sistema de producción mediante la explotación racional de recursos naturales mediante medidas que permitan preservar el ambiente (Grageda *et al.*, 2012).

2.2.3. Producción de sustancias promotoras de crecimiento vegetal

La inoculación de biofertilizantes que contienen bacterias rizosféricas ha provocado incrementos significativos en la productividad de los cultivos agrícolas de manera significativa mejorando el desarrollo productivo de los cultivos en los cuales sea aplicado (Armenta *et al.*, 2010).

Esto se debe a que, las bacterias asociadas a las especies vegetales poseen la capacidad de producir o generar reguladores de crecimiento y aproximadamente el 80% de éstas son productoras de auxinas. En términos cuantitativos, la auxina de mayor importancia es el ácido indol acético (AIA), el cual es responsable de incrementar tanto el sistema radicular como la absorción de elementos nutritivos a manera de complemento, y respecto al papel que desempeñan las bacterias, y de lo cual existe una miríada de reportes de investigación (Mishra y Dash, 2014).

Estas sustancias son moléculas indicadoras que actúan como mensajeros químicos que influyen en la capacidad de las plantas para responder a su entorno (Tahir y Aqeel, 2013). Regulan la expresión de genes implicados en el crecimiento y desarrollo vegetal, las cuales son sintetizadas en diferentes estructuras de la planta y su acción varía en función de los cambios ambientales que modifican la expresión génica del organismo y generalmente son efectivas en pequeñas concentraciones (Molina *et al.*, 2015).

2.2.3.1. Bacterias por evaluar en el consorcio Mix PGPR.

Acinetobacter calcoaceticus es una bacteria productora de giberelinas (Kang *et al.*, 2009). *A. calcoaceticus* es conocido como patógeno humano que revela características patológicas como la DNasa y la actividad hemolítica como agentes de biocontrol (Kang *et al.*, 2012). Las investigaciones recientes indican el papel que cumplen en la mejora del crecimiento de las plantas y producción de metabolitos biológicamente activos.

Pseudomonas putida es una rizobacteria promotora del crecimiento vegetal tiene la capacidad de adherirse a las raíces de las plantas, colonizando la rizosfera, alcanzando altas densidades celulares, incluso en suelos con sólo el 2% de humedad. Esta propiedad parece estar ligada a su capacidad de sintetizar trehalosa. Las propiedades PGPR de *P. putida* se derivan su capacidad para solubilizar fósforo, hierro y producir fitohormonas (Pizarro, 2013).

La inoculación de *Serratia marcescens* mejora el crecimiento de la planta de trigo bajo estrés de salinidad, reduce la inhibición del crecimiento de las plantas que están sometidas salinidad, además presenta actividad ACC desaminasa la cual beneficia en la reducción del nivel de etileno que se induce al presentarse estrés en las plantas. Estas bacterias promueven el crecimiento osmótico, alterando el tamaño y morfología de las raíces, ayudando al incremento de la absorción de nutrientes (Ashrafuzzaman *et al.*, 2009).

Enterobacter asburiae ha demostrado la capacidad de inducir al crecimiento de las plantas, debido a que tiene la capacidad de liberar IAA (ácido indol-3 acético), el sideróforo catecol enterobactina (agente quelante del hierro) y el ácido glucónico que está directamente relacional a la solubilización del fosfato, además de una posible capacidad de fijación de nitrógeno (Kanchalee y Pinyupa, 2013).

2.2.4. Revisión histórica del tema en estudio

De acuerdo con las investigaciones realizadas por (Cabrera *et al.*, 2011) con el objetivo de conocer el efecto de las aplicaciones de los bioestimulantes (Enerplant, Vitazyme y Bayfolan) sobre el rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) híbrido Atlas, bajo condiciones de cultivo protegido, se desarrolló un experimento en la Casa de Cultivo Protegido perteneciente a la Empresa Citrícola América Libre del municipio Contramaestre, en la provincia Santiago de Cuba. Se utilizó un diseño completamente aleatorio con 4 tratamientos.

La aplicación de los bioestimulantes se realizó de forma foliar con una mochila manual de fumigación. Se efectuaron tres aplicaciones de Vitazyme, entre cada una de ellas midió un tiempo de 15 días. Los mejores resultados fueron alcanzados por el tratamiento IV (Enerplant), con una aplicación de 1.3 ml/ha y un incremento de la producción de 2.58 Kg

/m. Este resultado ratifica el efecto económico, que alcanzó una ganancia adicional de \$4.27 /Kg (Cabrera *et al.*, 2011).

En la investigación realizada por (Rodríguez, 2012) bajo las condiciones de casas de cultivo protegido, en una instalación modelo Tropical A-12 (Tipología 2) con efecto sombrilla en San José, perteneciente al municipio Santiago de Cuba; garantizando cosechas estables durante el año, evitando los efectos de las lluvias, control de la temperatura y los vientos creando un ambiente favorable para el desarrollo de las plantas y su rendimiento.

Se aplicaron bioproductos foliares que ejercen funciones biorreguladoras y estimuladoras del crecimiento vegetal: Biobras-16 y Enerplant, a razón de 2 ml ha⁻¹ y humus de lombriz en dosis de 10 kg ha⁻¹, en disolución acuosa. Se evaluó el efecto de bioestimulantes sobre algunos indicadores del crecimiento y productividad de la planta para lo cual se utilizó un diseño experimental, con 4 tratamientos y 4 réplicas en dos épocas de siembra: agosto a octubre de 2010 (período no óptimo) y diciembre de 2010 a febrero de 2011 (período óptimo). Los análisis de los resultados evidenciaron que el mejor tratamiento fue el del Biobras – 16 en los dos períodos de estudiados.

De acuerdo con la investigación realizada por (Angulo *et al.*, 2018) en su estudio evaluó el crecimiento, desarrollo y calidad de fruto en plantas de chile Pimiento Bell pepper (*Capsicum annuum*) en respuesta a la inoculación con cinco bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) P61 (*Pseudomonas tolaasii*), A46 (*Pseudomonas tolaasii*), R44 (*Bacillus pumilus*), BSP1.1 (*Paenibacillus sp.*) y OLS-Sf5 (*Pseudomonas sp.*), y tres tratamientos con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) H1 (consorcio aislado de la rizosfera de chile, estado de Puebla), H2 (*Rhizophagus intraradices*), y H3 (consorcio aislado de la rizosfera de limón, estado de Tabasco).

Este trabajo se desarrolló en tres fases, la primera describe la selección de BPCV y HMA con base en su efecto en plántulas de chile Bell pepper y jalapeño. La segunda fase presenta el sinergismo entre BPCV (*Pseudomonas tolaasii* y *Bacillus pumilus*) y HMA (consorcio micorrízico, integrado por *Funneliformis aff. geosporum* y *Claroideoglossum sp.*) con base en su efecto en plántulas de chile Bell pepper. La tercera fase describe el sinergismo de BPCV y HMA con base en su efecto en el crecimiento y producción de chile Bell pepper bajo un sistema hidropónico en invernadero con dos diferentes dosis de fertilización.

Los mejores microorganismos que incrementaron el crecimiento en plántulas de Bell Pepper fueron P61 y R44, y el consorcio H1 de HMA, en comparación con el testigo sin fertilizar. La cepa P61 sin HMA y la interacción R44+HMA incrementaron el crecimiento de las plantas. El consorcio micorrízico mejoró la capacidad fotosintética del PSII con respecto a plantas testigo o con aquellas inoculadas con R44, o con la mezcla de ambas bacterias.

El tratamiento P61+HMA con solución Steiner al 100% incrementó el crecimiento y desarrollo de Bell pepper. La calidad de fruto con base en azúcares totales, °Brix y peso fresco del fruto incrementó al inocular HMA y BPCV, independientemente del porcentaje de solución Steiner.

Según (Hernández *et al.*, 2018), el aprovechamiento de microorganismos benéficos como las rizobacterias puede constituir una alternativa para promover el crecimiento vegetal, la productividad de las plantas y mejorar la fertilidad del suelo; además, de no contaminar al medio ambiente, ser de fácil aplicación y bajo costo.

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación de microcápsulas y cultivo líquido de tres cepas de *Pseudomonas putida* sobre el crecimiento y rendimiento de pimiento morrón en invernadero. Se utilizaron las cepas FA-8, FA-56 y FA-60 de *P. putida* de forma individual y combinada, las cuales se inocularon de forma directa sobre la raíz mediante microcápsulas y suspensión líquida.

El experimento se realizó en un invernadero con un arreglo de bloques al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados indican diferencias significativas entre la incorporación de microcápsulas y cultivo líquido de rizobacterias en las plantas de pimiento morrón var. California Wonder, destacando las microcápsulas de la cepa FA-56 con incrementos significativos en altura, volumen radical, biomasa seca, rendimiento de fruto, contenido de sólidos solubles (°Brix) y UFC.

La inmovilización de células de *P. putida* mediante microcápsulas les confiere protección y liberación paulatina, mejorando la adhesión y colonización de las rizobacterias sobre las raíces, induciendo mejor efecto en la promoción del crecimiento y productividad de las plantas de pimiento morrón, lo que puede ser una alternativa viable como biofertilizante para la producción sostenible del cultivo.

Por otra parte, (Terry *et al.*, 2022) menciona que los Bioproductos, ejercen efectos beneficiosos en las plantas como la estimulación del crecimiento y el rendimiento agrícola, así como la inducción de mecanismos defensivos, además de no ser dañinos a las plantas ni al medio ambiente.

De acuerdo al trabajo que desarrolló entre los meses enero a abril de 2019 bajo condiciones de cultivo protegido, con el objetivo de evaluar la efectividad agrobiológica de diferentes Bioproductos en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) como sustitutos parciales de la nutrición mineral, así como en el estímulo del crecimiento y rendimiento del cultivo.

Se desarrolló en un suelo Ferralítico Rojo, bajo un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados mostraron un efecto positivo de la combinación micorrizas con bioestimulantes para lograr un mayor crecimiento de las plantas en la fase de semillero, con un acortamiento de este ciclo de 10 días con respecto al tratamiento control.

En la fase de trasplante, el mayor desarrollo y rendimiento del cultivo se logró con la combinación micorrizas – Quitosana o Bionutriente, combinada con el 75% de la fertilización mineral (NPK), lo que permitió disminuir el 25% de la misma. En el caso de las restantes combinaciones de bioproductos – fertilizante mineral, se demuestra que estos no son suficientes para lograr mantener el rendimiento del cultivo bajo este sistema.

Según (Cabrera *et al.*, 2022), considera que los bioestimulantes son productos de origen vegetal que regularmente se aplican debido a sus beneficios, brindando a los cultivos un desarrollo en su sistema metabólico de acuerdo con sus etapas de desarrollo, mediante el proceso de fotosíntesis con la presencia de diferentes hormonas que promueven la elongación de sus células.

Las variables evaluadas permitieron identificar las diferencias estadísticas en los cultivos, considerando sus épocas de siembra, las dosis y tipos de bioestimulantes mostraron diferencias significativas entre los estados de siembra por cultivo independiente, de igual manera no hubo diferencia en ciertas variables estudiadas como: altura de la planta, diámetro de tallo y longitud de raíz principal.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes orgánicos (Ziman, Enerplant, Fulvin) en la etapa de semillero de cultivos hortícolas como pepino, pimiento, acelga y zanahoria, en dos estados de siembra (lluviosa y poco lluviosa). Los bioestimulantes con mejores resultados resultaron ser: el Enerplant con dosis de 0.4 g y el Fulvin, al igual con su dosis recomendada (0.06 l).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La evaluación del efecto de la aplicación de compuestos biológicos en *Capsicum annumm* L., se efectuó en el Laboratorio de Microbiología y en el Invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus Universitario “La María”, en el Km 7.5 de la Vía Quevedo - Mocache, Provincia de Los Ríos, cuyas coordenadas geográficas son de 01° 05’ 02’’ de latitud Sur y 79° 29’’ 54’ de longitud Oeste con una altitud de 67 msnm. El experimento tuvo una duración de 120 días.

3.1.1. Características agroclimáticas

La zona climática cálida-ardiente-húmeda comprende los territorios de la costa interna hasta los declives de la cordillera Occidental; por estar alejada del mar, su clima es extremadamente caluroso. El cantón Mocache posee un clima Subhúmedo-Tropical, que se localiza en sentido altitudinal entre los 4 y 460 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Descrito en la **Tabla 2** (INAHMI, 2019).

Tabla 2

Características agroclimáticas del Campus Experimental "La María"

Parámetros	Promedios anuales
Temperatura	24.9° C
Precipitación	2295.1 mm
Heliofanía	870.2 h
Humedad relativa	84%
Zona ecológica	Bosque húmedo tropical
Topografía	Plana

Fuente: INAHMI, 2019

Elaborado: Autor

3.2. Tipo de investigación

Se utilizó el método experimental comparando información existente en literatura e investigaciones anteriores referentes al efecto de la aplicación de compuestos biológicos a base de algas y rizobacterias, que influyen directamente en el desarrollo y rendimiento del cultivo, se trabajó con el objetivo de identificar el efecto de cada compuesto sobre el desarrollo del cultivo y su rendimiento.

3.3. Métodos de investigación

En el desarrollo de la investigación se aplicó el método deductivo que permitió comparar la información obtenida en la investigación con las fuentes bibliográficas que tratan sobre el uso de compuestos biológicos en el desarrollo del cultivo de pimiento. Además, se aplicó el método analítico para el desarrollo e interpretación de los resultados obtenidos al evaluar las variables y el objeto de estudio. El método de observación se utilizó para analizar de cerca las variables sometidas a evaluación las cuales fueron documentadas y recopiladas a través de un diario de campo.

3.4. Fuentes de recopilación de la información

La información por presentarse en la investigación planteada se obtuvo de las siguientes fuentes:

Fuentes primarias: Aquella información obtenida en la evaluación de las variables a través de la observación directa donde se obtuvieron los datos que arrojaron los diversos parámetros agronómicos en respuesta de los tratamientos aplicados.

Fuentes secundarias, fue toda la información extraída de libros, revistas, manuales divulgativos, guías técnicas, artículos científicos y demás material bibliográfico.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Factores en estudio

El estudio se centró en un factor de estudio, por las dosis de los compuestos biológicos, en el cultivo de pimiento con 3 aplicaciones, las cuales se efectuaron a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra (DDS), mediante aplicación foliar.

3.5.2. Tratamientos

Los tratamientos se definen a partir de la consideración de 5 compuestos biológicos y uno químico, a una dosis por cada uno de ellos. Así mismo se ha considerado un tratamiento control, como referencia (**Tabla 3**).

Tabla 3

Tratamientos utilizados en la investigación

Tratamiento	Dosis comercial
Kelpak	1.5 L/Ha
Basfoliar Algae	3 L/Ha
Algamarin	1 L/Ha
Qa Energy-TNT	0.5 L/Ha
Mix de PGPR	2 L/Ha
Evergreen	1 L/Ha
Control	Agua

Elaborado por: Autor

3.5.3. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) donde el experimento estuvo conformado por 7 tratamientos cada uno de ellos evaluados mediante 3 repeticiones

(**Tabla 4**). Cada unidad experimental presentó un ancho de 3.20 metros y una longitud de 3 metros considerando 3 hileras de plantas, cada hilera tuvo 5 plantas a 0.50 entre planta y 0.80 metros entre hilera.

Tabla 4

Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	
Bloques	b-1	2
Tratamiento	t-1	6
Error experimental	(b-1) (t-1)	12
Total	tb-1	20

Elaborado por: Autor

3.6. Instrumentos de Investigación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. Experimento 1: Desarrollo de proceso germinativo de semillas en incubadora.

a. Material genético

Se utilizaron semillas de la variedad Cubanelle, el cual tiene un ciclo vegetativo de 85 días presenta resistencia frente a enfermedades y plagas, tiene altura media y presenta bajo porcentaje de pérdidas por golpe de sol.

b. Germinación de semillas en cajas petri desarrollado en laboratorio.

Se efectuó la aplicación de los compuestos mediante soluciones en 10 semillas por caja replicando 3 cajas por tratamiento, usando papel absorbente debajo y sobre las semillas insertándolas en una incubadora a 26 °C para el proceso de germinación, este proceso se realizó en el Laboratorio de Microbiología de la UTEQ.

3.6.1.2. Experimento 2: Desarrollo de plántulas en rizotron.

a. Rizotron.

Para el desarrollo de la evaluación de los compuestos biológicos mediante rizotron se construyeron 7 rizotrones usando vidrio de 4 mm de grosor uniendo cada parte mediante canaletas adheridas con silicona.

b. Sustrato para rizotron.

Se elaboró un sustrato usando humus, perlita, vermiculita y tierra de sembrado específicamente tierra de guabo, se procedió a efectuar esterilización mediante autoclave con la finalidad de eliminar microorganismos que pudieran interferir en el proceso vegetativo de las plántulas esto se desarrolló en el Laboratorio de Microbiología de la UTEQ.

c. Siembra en Rizotron.

Se sembraron 5 semillas por cada rizotron a una distancia de 2 cm. Cada rizotron representa un tratamiento aplicación la solución de los compuestos biológicos en adición de agua destilada, con sumersión previa de 5 minutos. El riego se realizó de forma periódica con agua destilada obtenida de laboratorio. Este proceso se desarrolló en Laboratorio, pero al tercer día se trasladó los rizotrones al invernadero para continuar con el desarrollo vegetativo de las plantas.

3.6.1.3. Experimento 3: Desarrollo de plántulas bajo condiciones de invernadero.

a. Preparación de semillero bajo condiciones de invernadero.

Para continuar el desarrollo del experimento en invernadero se procedió a elaborar un sustrato que consistía en tierra negra y humus, el cual se colocó en bandejas germinadoras de polietileno, en cada alveolo se insertó una semilla. Al finalizar la siembra en cada bandeja se procedió a aplicar las soluciones de los tratamientos.

b. Preparación de sustrato para fundas de vivero.

Se elaboró un sustrato a base de tierra de sembrado de cacao, perlita, vermiculita y compost para proceder con su envasado en fundas plásticas donde finalmente se llevó a cabo el proceso de desarrollo y fructificación de las plantas de pimiento.

c. Trasplante.

Se realizó cuando se observaron las 3 hojas verdaderas presentes en el 75% de plantas sembradas en semillero las cuales se sustrajeron para colocarlas en las fundas de vivero.

d. Riego.

Se realizó de acuerdo con las necesidades requeridas, en un lapso de 2 días con regadera manual.

e. Tutorado.

Se instaló un sistema de tutoreo, con la finalidad de evitar que, durante el desarrollo de las plantas, las ramas lleguen a romperse debido al peso de los frutos. Se utilizaron estaquillas de caña con una medida de 1 m, se colocaron en cada una de las fundas a una profundidad de 0.20 m, quedando 0.8 m en la parte superior y sujetadas a la planta con piola plástica a una altura de 0.60 m.

f. Control de malezas.

Se realizó de forma manual disminuyendo la presencia de plagas que sean posibles vectores a enfermedades.

g. Control de plagas y enfermedades.

Se realizó su control con la aplicación de Fungicida Daconil e insecticida Engeo para control de enfermedades fúngicas ocasionadas por Fusarium y Phytophthora, y al control de insectos chupadores y minadores como mosca blanca y trips.

h. Fertilización edáfica.

Se aplicó Bio-Compost a razón de 40 g por planta aplicado en el sustrato previo al trasplante.

i. Forma y dosis de aplicación de los compuestos a evaluar.

Se realizó de forma foliar de acuerdo con la dosis comercial recomendada por el fabricante, mediante el uso de una bomba manual.

j. Cosecha.

Se efectuó cuando el fruto alcanzó su desarrollo fisiológico y presento características óptimas para su cosecha.

3.6.2. Variables evaluadas

3.6.2.1. Días a la germinación (%).

En cajas Petri se evaluó la aplicación de los compuestos en 10 semillas sumergidas en solución por un lapso de 5 minutos posterior a esto se las colocó en papel toalla, se introdujeron las cajas Petri en una incubadora a 26°C se observó su proceso germinativo al finalizar los días después de la incubación (DDI).

3.6.2.2. Longitud radicular en germinación (cm).

Al concluir el proceso de germinación tras un periodo de incubación de 8 días a una temperatura de 26°C, se procedió a realizar la medición de las raíces de cada una de las semillas germinadas. Para evaluar las raíces se tomó la medida con un calibrador de metal al finalizar el proceso de germinación.

3.6.2.3. Altura de hipocótilo (cm).

Se evaluó la altura mediante el uso de calibrador tomando en cuenta la base del tallo hasta el inicio de la parte apical.

3.6.2.4. Longitud radicular (cm).

Se evaluó la longitud radicular mediante el uso de calibrador tomando desde la base del tallo hasta la cofia de la raíz principal.

3.6.2.5. Peso de hipocótilo (mg).

Se evaluó el peso de hipocótilo mediante una balanza analítica ajustada a miligramos.

3.6.2.6. Peso radicular (mg).

Se evaluó el peso de hipocótilo mediante una balanza analítica ajustada a miligramos.

3.6.2.7. Altura de planta (cm).

Esta variable se evaluó de acuerdo con el desarrollo del cultivo tomando en consideración la base hasta la intersección de la copa de la planta con la ayuda de una cinta métrica la cual se expresó en cm, esta evaluación se realizó a los 60 días después del trasplante (DDT), la cual se efectuó en diez plantas tomadas al azar por tratamiento.

3.6.2.8. Días a la floración.

Esta variable se evaluó mediante observación desde la aparición de los primeros botones florales se efectuó en diez plantas tomadas al azar por tratamiento.

3.6.2.9. Longitud del fruto (cm).

Se midió la longitud de diez frutos que estuvieron listos para la cosecha de diez plantas tomadas al azar por tratamiento, permitiendo así determinar si las dosis en estudio influyen en el tamaño del fruto y se expresó en cm.

3.6.2.10. Diámetro del fruto (cm).

Se midió el diámetro del fruto a la cosecha en la parte media tomadas en diez plantas por tratamiento esto se realizó con la ayuda de un calibrador y se expresó en cm.

3.6.2.11. Peso del fruto (g).

Se procedió a la cosecha de los frutos por tratamiento que estuvieron listos para la cosecha, posteriormente se pesó con la ayuda de una balanza y se expresó en gramos.

3.6.2.12. Análisis económico.

El análisis económico se lo realizó mediante la relación costo/beneficio para cada tratamiento.

3.7. Tratamiento de los datos

En la presente investigación, se utilizó Microsoft Excel como herramienta para la inicial tabulación y observación de los datos recopilados. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de varianza (ADEVA) con el propósito de examinar la variabilidad de los datos. Para realizar comparaciones entre las medias, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia establecido en $P < 0.05$. Para esta fase específica del análisis estadístico, se empleó el software especializado Infostat (Versión Universitaria).

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

Director de Tesis: Dr. Hayron Fabricio Canchignia Martínez.

Autor: Leidy Selena Zamora Soriano

3.8.2. *Materiales*

3.8.2.1. *Material vegetal.*

El material vegetal utilizado fue pimiento (*Capsicum annuum* L.) Variedad Cubanelle de AgroSad.

3.8.2.2. *Insumos biológicos y químicos.*

- Kelpak
- Algamarin
- Basfoliar Algae
- Qa Energy
- Mix PGPR
- Evergreen
- Biocompost
- Fungicida
- Insecticida

3.8.2.3. *Materiales y equipos de Laboratorio.*

- Cajas Petri
- Micropipetas
- Incubadora
- Agua destilada
- Esterilizadora
- Fundas de polietileno
- Autoclave
- Balanza analítica
- Vasos de precipitación

3.8.2.4. *Materiales de campo.*

- Fundas plásticas para vivero de 5 libras con 4 perforaciones, medidas de 12.5x20.3
- Letreros con especificaciones sobre los tratamientos
- Bandejas germinadoras de polietileno de 128 alveolos
- Mesa
- Cinta para medir
- Probeta
- Bomba manual de 3 litros
- Regaderas
- Perlita y vermiculita
- Piola
- Estaquilla de caña
- Balanza

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

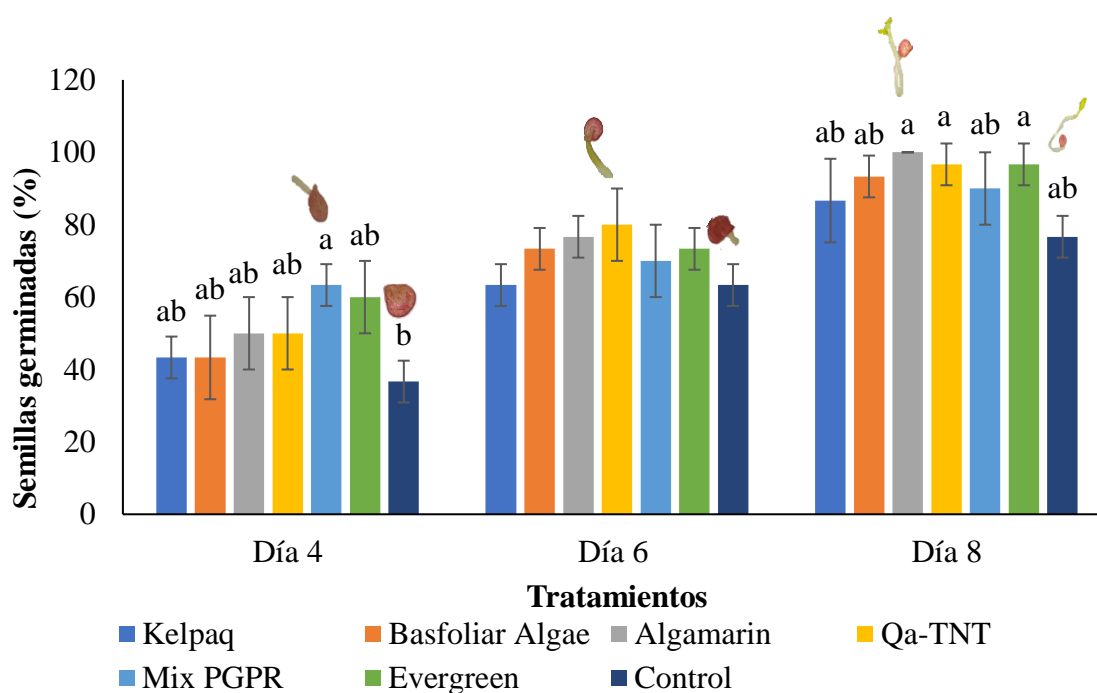
4.1. Resultados

4.1.1. Efectividad de los compuestos biológicos en el proceso de germinación en pimiento.

La aplicación de Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR), indujo el proceso de germinación temprana en las semillas de pimiento, encontrando diferencias significativas entre los tratamientos en el cuarto día de evaluación, se verifica el 60% de germinación de semillas por aplicación del complejo biológico Mix PGPR. A diferencia del control, con 40% de germinación. Al sexto día de evaluación no hubo diferencia significativa entre los tratamientos. Finalmente, al octavo día en Algamarín, se verifica el 100% de semillas germinadas, a diferencia del control con un 77% de germinación. Estos resultados demuestran la eficacia de la aplicación de Mix PGPR, Qa Energy y Algamarín en estimular la germinación de semillas de pimiento, presenta notables implicaciones prácticas en la producción agrícola al acelerar el proceso inicial de desarrollo de las plantas (**Figura 1**).

Figura 1

Germinación de semillas



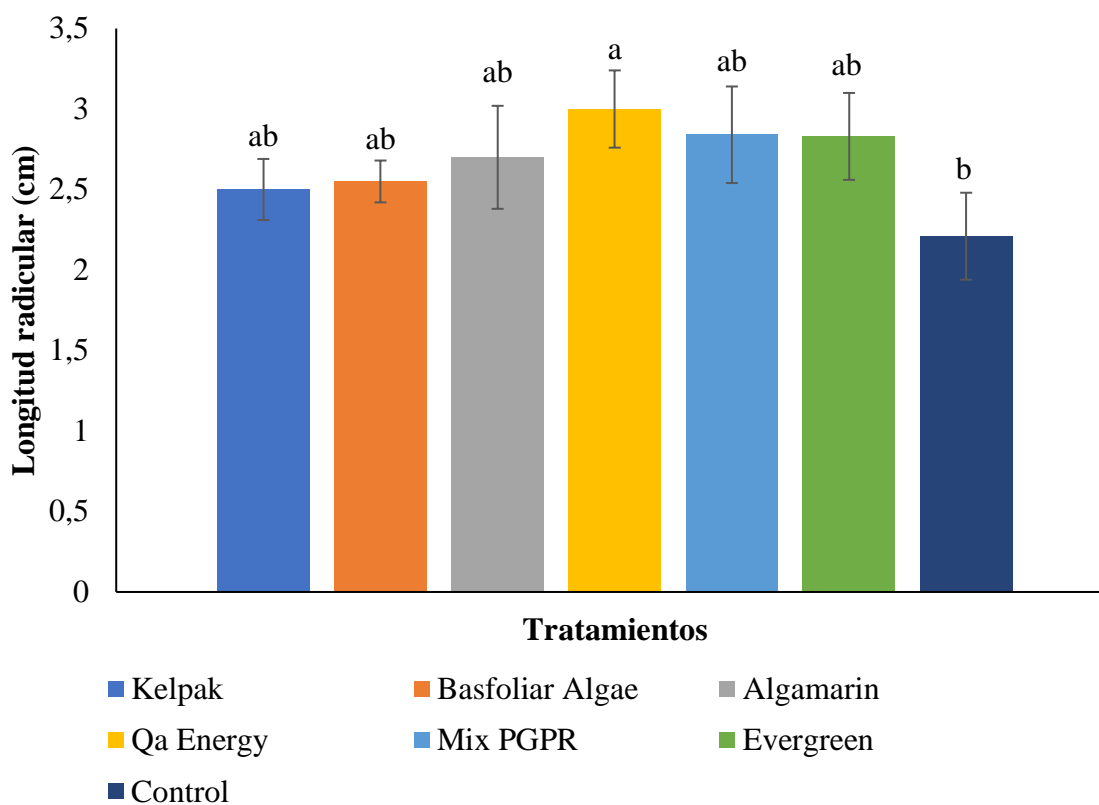
Nota: Semillas tratadas con compuestos biológicos, sometidos a incubadora a 26°C por un lapso de 8 días. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

4.1.2. Determinación de los compuestos biológicos a longitud radicular en germinación a los 8 DDI.

La aplicación de los compuestos biológicos en longitud radicular a los 8 DDI, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos (**Figura 2**). Donde la aplicación de Qa Energy generó un aumento significativo en la longitud de sus raíces de 3 cm en las semillas tratadas con este compuesto. A diferencia del control con 2.21 cm. Estos resultados destacan la eficacia de la aplicación del tratamiento Qa Energy al estimular el crecimiento radicular de las semillas.

Figura 2

Longitud radicular a los 8 DDI



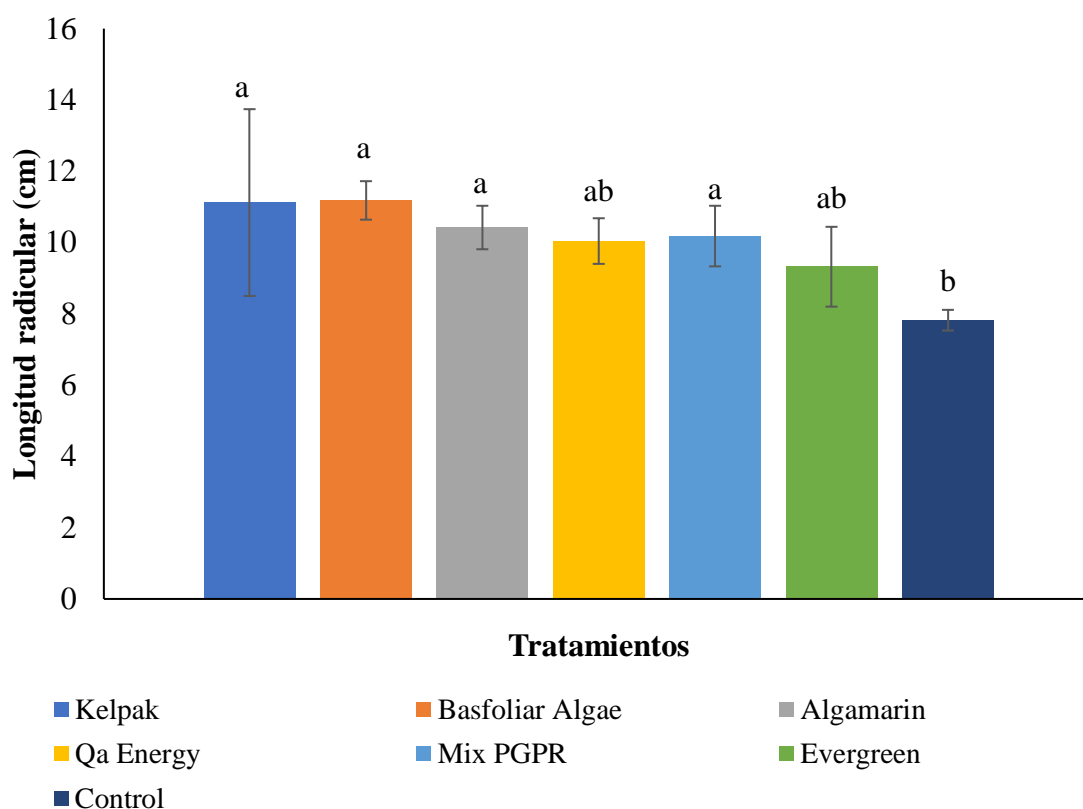
Nota: Longitud de las raíces de las semillas tratadas con compuestos biológicos, sometidos a incubación a 26°C. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

4.1.3. Efectividad de los compuestos biológicos en longitud radicular a los 20 DDS en rizotron

La aplicación de los compuestos biológicos indujo al incremento en longitud radicular encontrando diferencias significativas entre los tratamientos (**Figura 3**). La aplicación de Basfoliar Algae, Kelpak y Mix PGPR indujeron el incremento en la extensión radicular de las plantas de pimienta en rizotron con longitudes superiores a los 11 cm. A diferencia del control con 7.82 cm. Estos resultados resaltan la eficacia de la aplicación del tratamiento Basfoliar Algae y Kelpak compuestos a base de algas marinas al estímulo del crecimiento radicular de las plántulas cultivadas en rizotron.

Figura 3

Longitud radicular a los 20 DDS



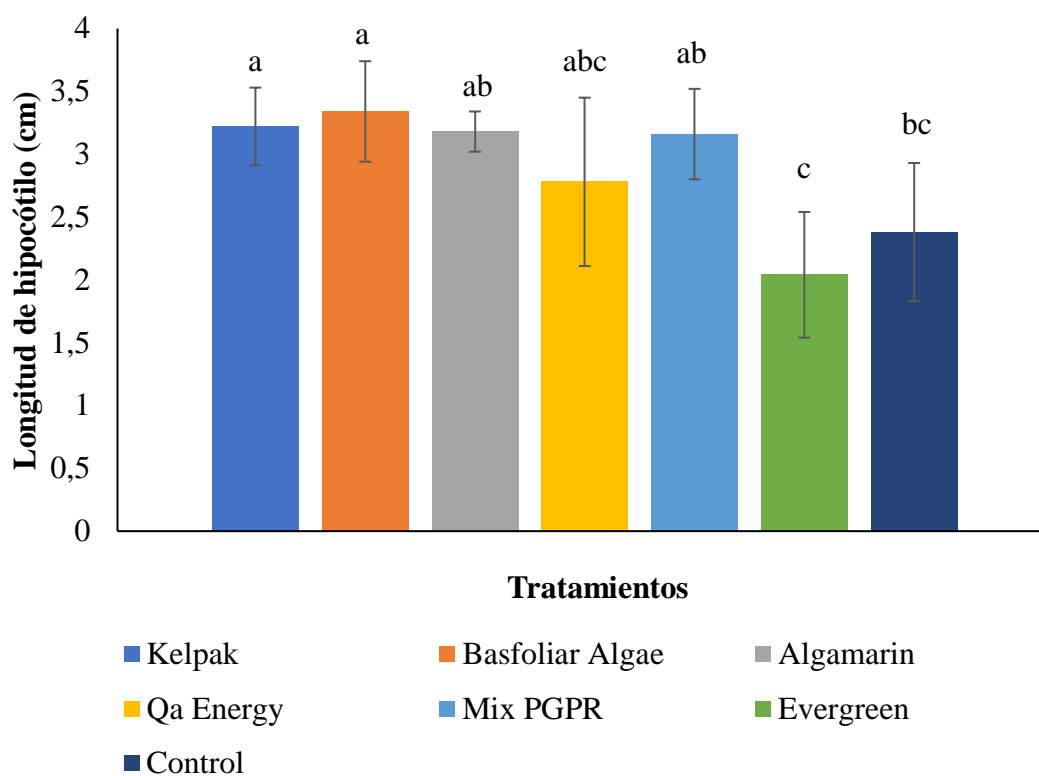
Nota: Longitud de las raíces de las semillas tratadas con compuestos biológico cultivadas en rizotrones a los 20 DDS. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

4.1.4. Efectividad de los compuestos biológicos en longitud de hipocótilo a los 20 DDS en rizotron

La aplicación de los compuestos dio como resultado un incremento significativo en la longitud de hipocótilo, con diferencia significativa entre los tratamientos. los bioestimulantes Kelpak y Basfoliar Algae se encontraron longitudes superiores a los 3 cm, a diferencia de Evergreen con 2.04 cm. Estos resultados demuestran la efectividad de la aplicación de los tratamientos Kelpak y Basfoliar Algae en el estímulo del crecimiento del hipocótilo en las plántulas de pimiento (**Figura 4**).

Figura 4

Longitud de hipocótilo a los 20 DDS



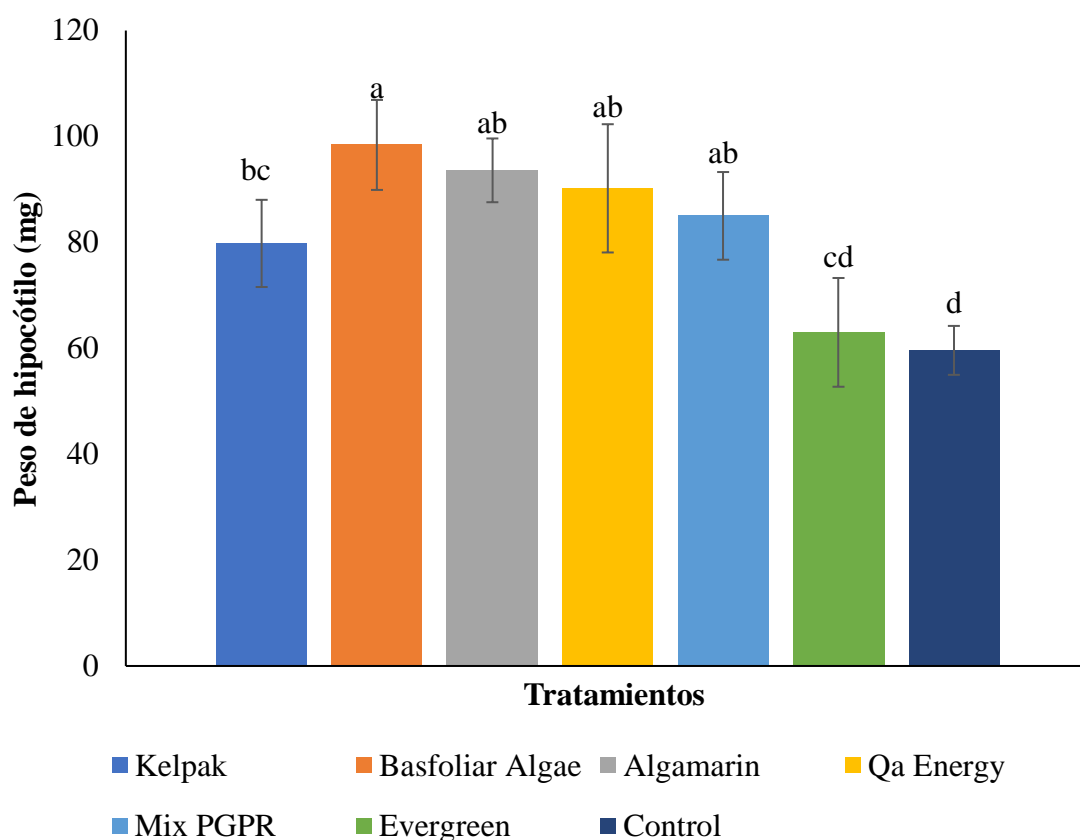
Nota: Longitud de hipocótilo de las plántulas tratadas con compuestos biológicos, cultivadas en rizotrones. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

4.1.5. Efectividad de los compuestos biológicos en peso de hipocótilo a los 20DDS en rizotron

La aplicación de los compuestos biológicos indujo el incremento en el peso de hipocótilo en pimiento, con diferencia significativa. Los tratamientos Basfoliar Algae, Algamarin y Qa Energy incrementaron el peso de hipocótilo con pesos superiores a los 90 mg, a diferencia del control con 59,6 mg. Estos resultados demuestran la eficacia de la aplicación del tratamiento Basfoliar Algae, Algamarin y Qa Energy compuestos a base de algas marinas al estimular el crecimiento y desarrollo de las plántulas cultivadas en rizotron (**Figura 5**).

Figura 5

Peso de hipocótilo a los 20 DDS



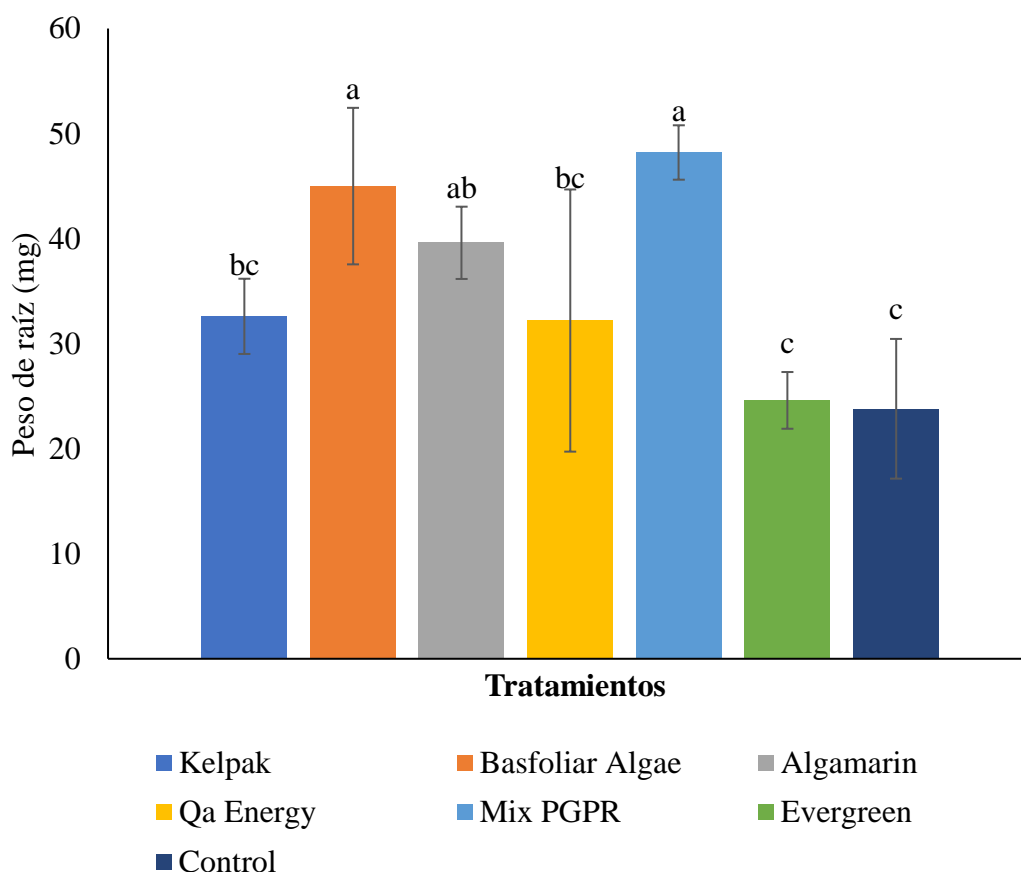
Nota: Peso de hipocótilo de las plántulas tratadas con compuestos biológicos, cultivadas en rizotrones. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

4.1.6. Efectividad de los compuestos biológicos en peso de raíz a los 20 DDS en rizotron

La aplicación de los compuestos biológicos en las plantas de pimiento indujo un incremento en el peso de hipocótilo en pimiento, con diferencia significativa. El tratamiento Basfoliar Algae y Mix PGPR que generaron un aumento en el peso de las raíces de las plántulas de pimiento cultivadas en rizotron, entre (45 y 48.2 mg), a diferencia de Evergreen con 26 mg de peso en raíz. Estos resultados destacan la eficacia de la aplicación de los bioestimulantes Basfoliar Algae y Mix PGPR al fomentar el desarrollo radicular de las plántulas de pimiento cultivadas en rizotrones (**Figura 6**).

Figura 6

Peso de raíz a los 20 DDS



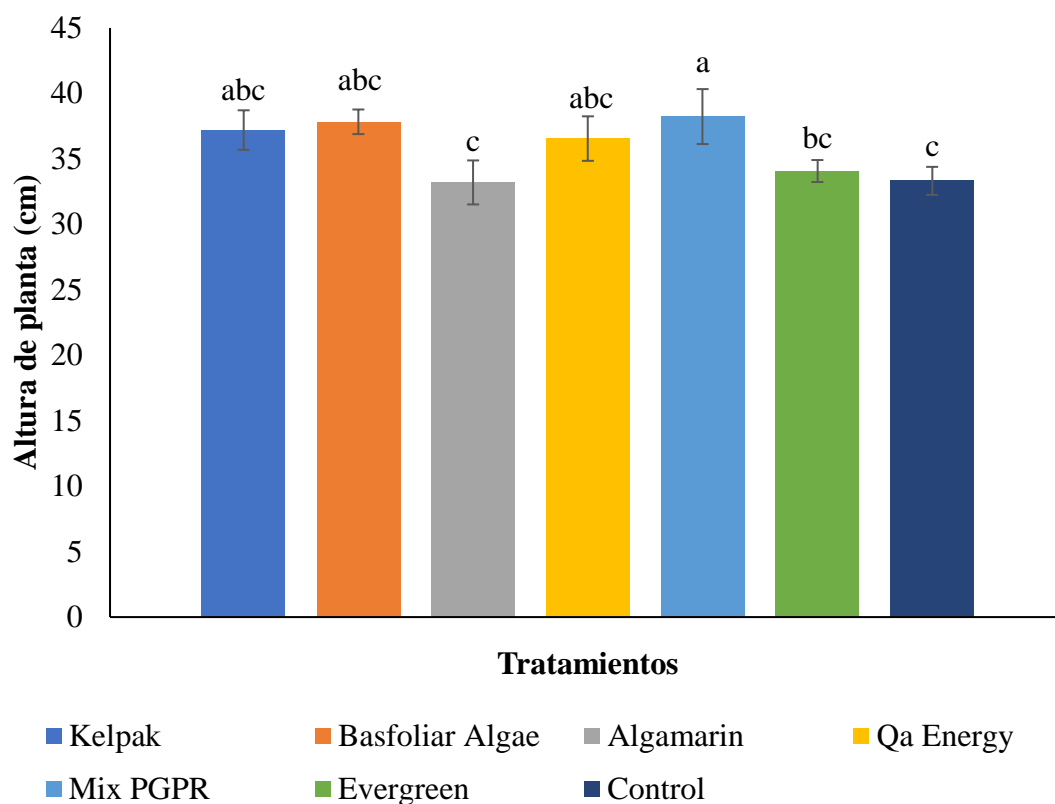
Nota: Peso de raíz de las plántulas tratadas con compuestos biológicos, cultivadas en rizotrones. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

4.1.7. Comportamiento agronómico bajo la aplicación de compuestos biológicos en altura de planta a los 60 DDT

La aplicación de los compuestos biológicos en las plantas de pimienta indujo un incremento en la altura en las plantas de pimienta cultivadas en invernadero, presentado diferencia significativa. A los 60 DDT la aplicación de PGPR alcanzó una altura de 38.23 cm, al contrario de Algamarin y control que generó una altura inferior a 33 cm. Estos resultados demuestran la eficacia de la aplicación de compuestos biológicos como Mix PGPR en estimular el crecimiento de las plántulas de pimienta en condiciones de invernadero a los 60 días después del trasplante, promoviendo el desarrollo de este cultivo (**Figura 7**).

Figura 7

Altura de planta a los 60 DDT



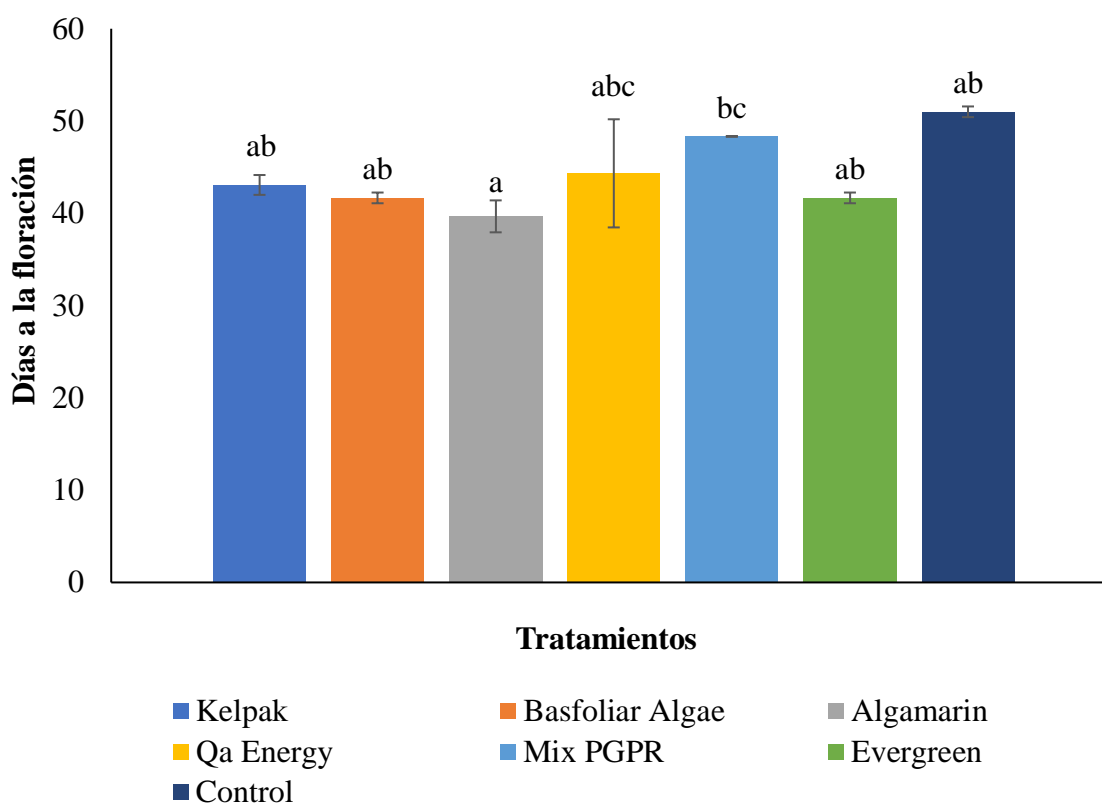
Nota: Altura de las plantas tratadas con compuestos biológicos, bajo condiciones controladas en invernadero. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

4.1.8. Comportamiento agronómico bajo la aplicación de compuestos biológicos en días a la floración

La aplicación de los compuestos biológicos en las plantas de pimiento promueve el proceso de floración, con diferencia significativa entre los tratamientos. Las plantas con la aplicación de Algamarin presentaron un ciclo de floración a los 40 DDT, a diferencia del control, que requirió un período de 51 días para iniciar la floración. Este resultado demuestra la eficacia de la aplicación de Algamarin en la aceleración del proceso de floración en plantas de pimiento, lo que puede ser un factor crucial en la optimización de los tiempos de cultivo y la producción agrícola (**Figura 8**).

Figura 8

Días a la floración



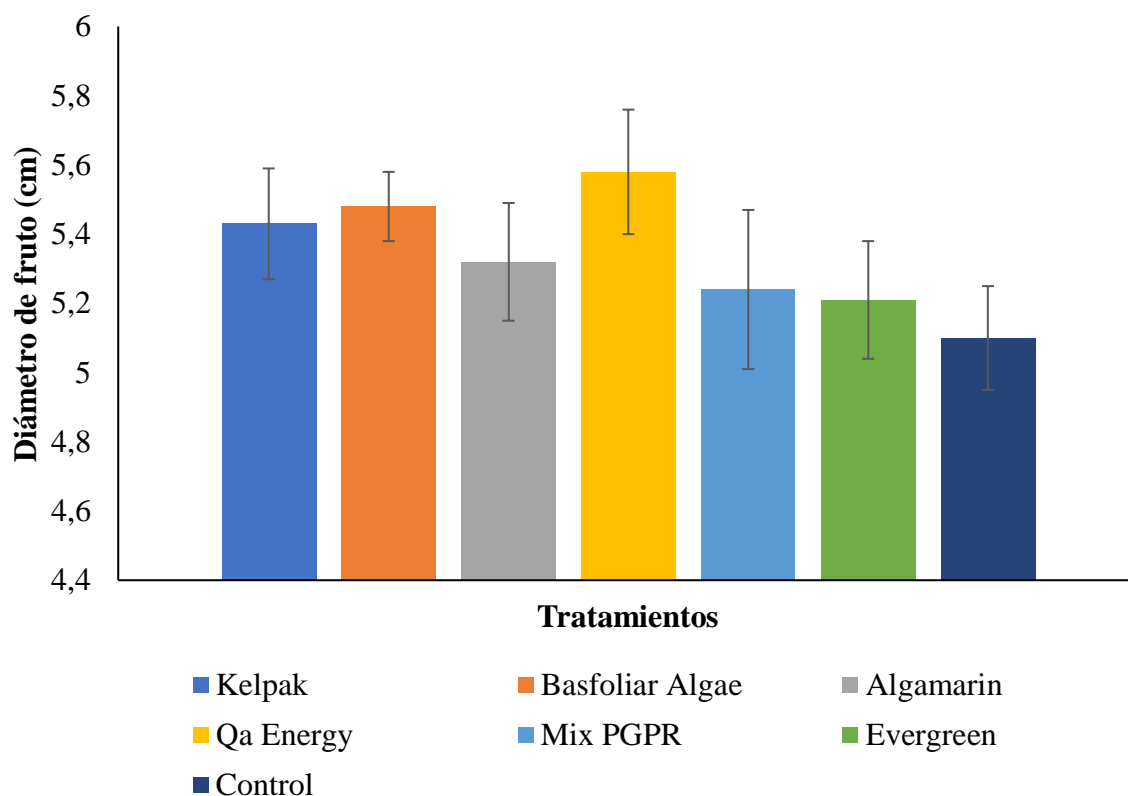
Nota: Evaluación de los días a la floración obtenidos de las plantas tratadas con los compuestos biológicos en condiciones de invernadero. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

4.1.9. Comportamiento agronómico bajo la aplicación de compuestos biológicos en diámetro de fruto por planta en la cosecha

De acuerdo con el diámetro de los frutos por planta en la cosecha, no se presentaron diferencias significativas con la aplicación de compuestos biológicos en las plantas de pimiento. Este hallazgo sugiere que la utilización de dichos compuestos no afecta de manera notable el tamaño de los frutos por planta. Sin embargo, este resultado también puede interpretarse como un indicativo de que la aplicación de compuestos biológicos influye positivamente en el desarrollo general de los frutos de pimiento por planta (**Figura 9**).

Figura 9

Diámetro de frutos



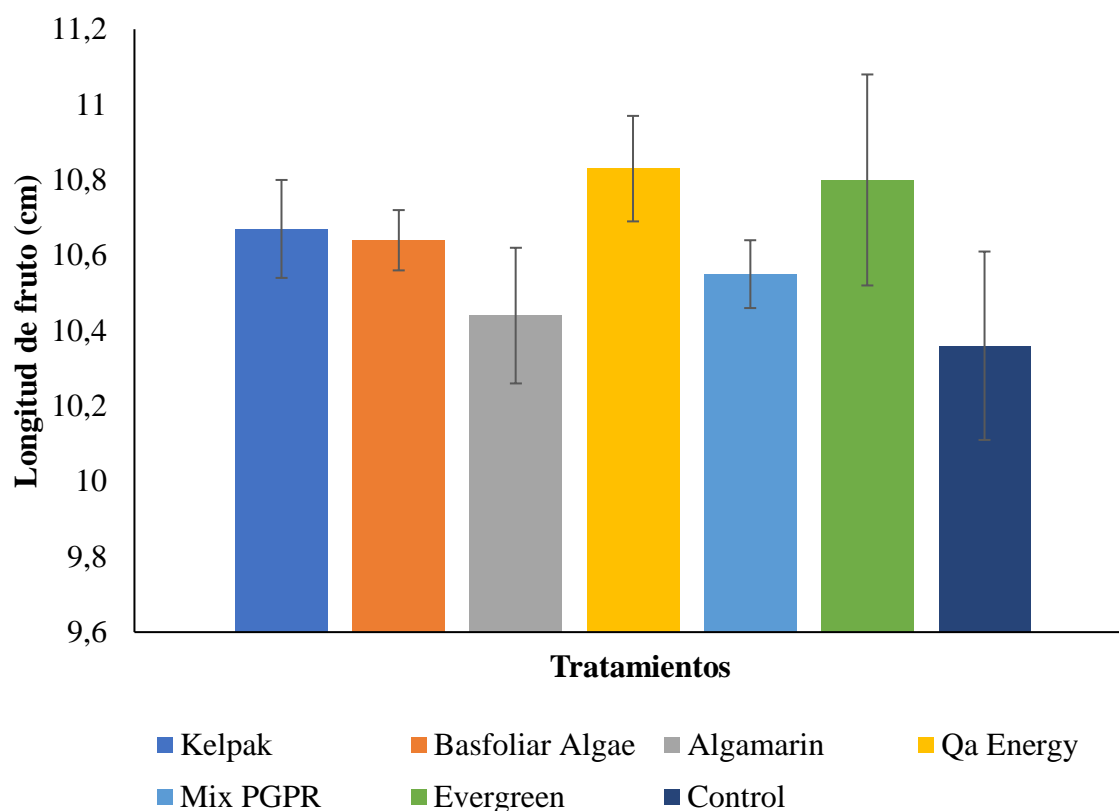
Nota: Evaluación del diámetro de frutos obtenidos de las plantas tratadas con los compuestos biológicos. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; no se presentaron diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

4.1.10. Comportamiento agronómico bajo la aplicación de compuestos biológicos en longitud de fruto por planta en la cosecha.

En relación con la longitud de los frutos cosechados por planta en el cultivo de pimiento, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos que utilizaron compuestos biológicos, al contrario del control con 5.1 cm de longitud. Aunque la aplicación de compuestos biológicos no afectó de manera notable el tamaño de los frutos, estos resultados destacan que los compuestos biológicos pueden influir positivamente en procesos fisiológicos específicos, como el desarrollo celular y la elongación del fruto. Esto resalta la viabilidad de los compuestos biológicos como agentes promotores del rendimiento en la producción agrícola de pimiento (**Figura 10**).

Figura 10

Longitud de fruto por planta



Nota: Evaluación de la longitud de frutos obtenidos de las plantas tratadas con los compuestos biológicos. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; no se presentaron diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

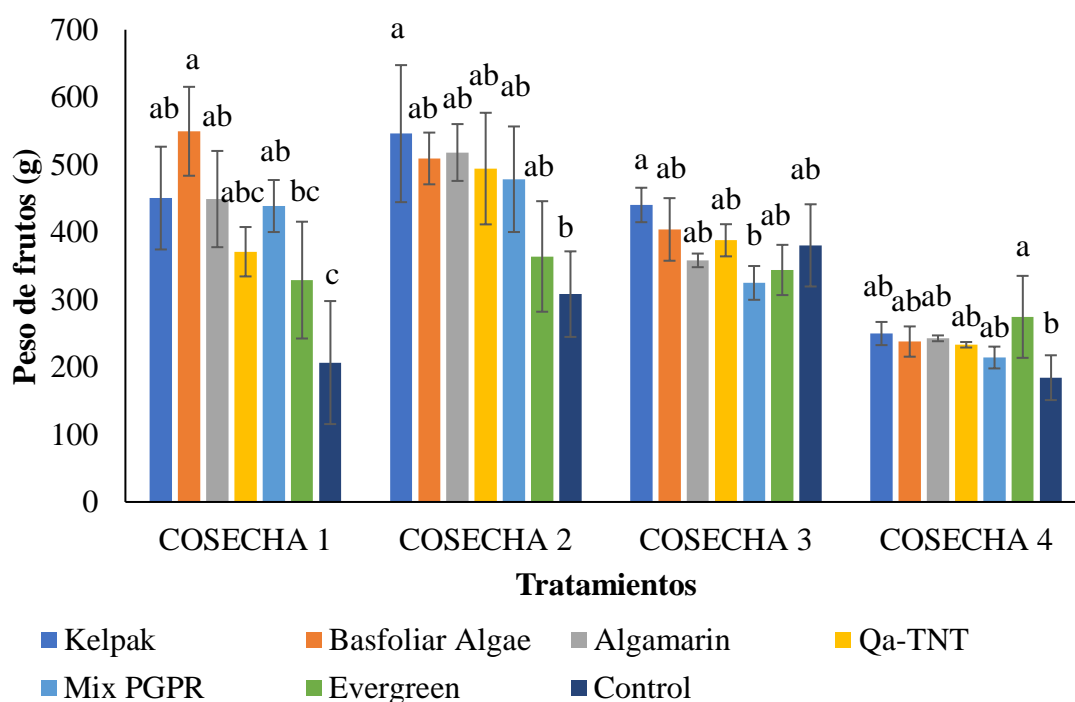
4.1.11. Comportamiento agronómico bajo la aplicación de compuestos biológicos en peso de frutos por planta en la cosecha.

La aplicación de los compuestos biológicos en las plantas de pimiento indujo un incremento en el peso de frutos en las plantas de pimiento cultivadas en invernadero, presentado diferencia significativa. La aplicación de Basfoliar Algae en la 1er cosecha presentó un incremento en el peso de los frutos de pimiento cosechados obteniendo un peso de 549.47 gr, a diferencia del control, donde se registró un peso de 206.6 g (**Figura 11**).

En la 2da cosecha se obtuvo 545.99 g en el tratamiento Kelpak a diferencia del control con 308.07 g. En la 3er cosecha el tratamiento Kelpak registro 440.26 g, a diferencia de Mix PGPR con 324.70 g. En la 4ta cosecha en el tratamiento Evergreen se registró 274.39 g a diferencia de control con 184.22 g en peso de fruto por planta. Este resultado demuestra la eficacia de la aplicación de Basfoliar Algae, Kelpak y Evergreen en la optimización del rendimiento de los frutos de pimiento en la cosecha (**Figura 11**).

Figura 11

Peso de frutos por planta



Nota: Evaluación del peso de frutos obtenidos de las plantas tratadas con los compuestos biológicos. Las barras de error indican \pm Desviación estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Tukey).

4.1.12. Análisis económico del rendimiento de pimiento bajo la aplicación de compuestos biológicos en condiciones de invernadero

El análisis económico de los tratamientos aplicados en el cultivo de pimiento demostró un rendimiento óptimo con Basfoliar Algae. Este destacado desempeño se atribuye a la inclusión de fitohormonas en la formulación de Basfoliar Algae (**Tabla 5**), las cuales ejercen una influencia positiva notable en el desarrollo y peso de los frutos. Este hallazgo posee una importancia estratégica para los productores, resaltando la eficacia específica de las fitohormonas en la mejora sustancial de la productividad en el cultivo de pimiento.

Tabla 5

Rendimiento total por Unidad Experimental

Repetición	Tratamientos	Rendimiento (g)	Rendimiento (kg)	Total Rendimiento
Rep 1	T1: Kelpak	9355	9,355	
Rep 2	T1: Kelpak	8048	8,048	
Rep 3	T1: Kelpak	7892	7,892	25,30
Rep 1	T2: Basfoliar	8538	8,538	
Rep 2	T2: Basfoliar	8563	8,563	
Rep 3	T2: Basfoliar	8405	8,405	25,51
Rep 1	T3: Algamarin	8221	8,221	
Rep 2	T3: Algamarin	8161	8,161	
Rep 3	T3: Algamarin	7133	7,133	23,52
Rep 1	T4: Qa Energy	7566	7,566	
Rep 2	T4: Qa Energy	7176	7,176	
Rep 3	T4: Qa Energy	7548	7,548	22,29
Rep 1	T5: PGPR	6464	6,464	
Rep 2	T5: PGPR	7455	7,455	
Rep 3	T5: PGPR	7919	7,919	21,84
Rep 1	T6: Evergreen	5431	5,431	
Rep 2	T6: Evergreen	7802	7,802	
Rep 3	T6: Evergreen	6433	6,433	19,67
Rep 1	T7: Testigo	6706	6,706	

Rep 2	T7: Testigo	4716	4,716	
Rep 3	T7: Testigo	4767	4,767	16,19

Elaborado por: Autor

Nota: El tratamiento 2: Basfoliar Algae obtuvo un rendimiento de 25.51 kg en contraste con el tratamiento 7: Testigo con 16.19 kg.

En el desarrollo de los costos de aplicación por tratamiento, se observa que la implementación de Kelpak genera un coste más elevado en comparación con el grupo de control (**Tabla 6**), lo cual sugiere una consideración minuciosa de la viabilidad económica. Kelpak como bioestimulante contiene elementos bioactivos, como citoquininas y auxinas, que podrían potencialmente influir de manera positiva en los procesos fisiológicos de la planta. Por lo tanto, el análisis económico no solo se centra en los costos directos, sino también en la evaluación de los beneficios agronómicos asociados con la aplicación de Kelpak y la posibilidad del incremento en el rendimiento y la mejora de la calidad del cultivo.

Tabla 6

Costo por tratamiento por aplicación de compuestos biológicos

DETALLE	Unidad	Costo por tratamiento						
		Kelpak	Basfoliar	Alga marin	QA Energy	PGPR	Ever green	Testigo
Tratamiento	ml	1,51	1,22	0,90	0,47	0,60	0,90	0,00
Engeo	ml	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Daconil	g	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Biocompost	kg	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Semilla Cubanelle	g	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Perlita	kg	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
Vermiculita	kg	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
Humus	kg	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
Total costos		10,20	9,91	9,59	9,16	9,29	9,59	8,69
Mano de obra		7,32	7,32	7,32	7,32	7,32	7,32	7,32
Costo total		17,52	17,23	16,91	16,48	16,61	16,91	16,01

Elaborado por: Autor

Nota: Los costos incurridos en la investigación en relación con los productos aplicados el tratamiento 1: Kelpak fue el que tuvo mayor costo a diferencia del tratamiento 7: Testigo el cual tuvo menor costo.

En el análisis del beneficio costo de los tratamientos en relación con la producción de pimiento, se evidencia la destacada rentabilidad asociada a la aplicación de Basfoliar Algae, con un retorno porcentual del 169.47% y un índice de relación (B/C) de \$2.69. En contraste, el testigo presenta una rentabilidad del 84.05% y un índice (B/C) de \$1.84 (**Tabla 7**). Este diferencial indica la eficacia económica de incorporar compuestos biológicos, como Basfoliar Algae, en la producción de pimiento. Es importante destacar que los compuestos biológicos, contienen fitohormonas y nutrientes esenciales, factores cruciales que impactan positivamente en la productividad, además de su influencia en la calidad y resistencia del cultivo ante condiciones adversas.

Tabla 7

Análisis económico de la producción de los tratamientos

Análisis económico de la producción de pimiento en respuesta a los tratamientos aplicados						
Tratamientos	Rendimiento (kg)	Ingreso bruto (\$)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)	B/C	Rentabilidad (%)
T1: Kelpak	25,30	46,04	17,52	28,52	2,63	162,84
T2: Basfoliar	25,51	46,42	17,23	29,19	2,69	169,47
T3: Algamarin	23,52	42,80	16,91	25,89	2,53	153,16
T4: Qa Energy	22,29	40,57	16,48	24,09	2,46	146,23
T5: PGPR	21,84	39,74	16,61	23,13	2,39	139,31
T6: Evergreen	19,67	35,79	16,91	18,88	2,12	111,70
T7: Testigo	16,19	29,46	16,01	13,45	1,84	84,05

Elaborado por: Autor

Nota: La aplicación del Tratamiento 2: Basfoliar Algae nos otorgó un beneficio/costo de \$2.69 con un porcentaje de rentabilidad de 169.47% a diferencia del Tratamiento 7: Testigo con un beneficio/costo de \$1.84 y una rentabilidad de 84.05%.

Para realizar el análisis económico se tomó en consideración el costo total de ingresos no es neto, en donde la relación beneficio costo y la rentabilidad de los resultados obtenidos se pueden observar que el mayor ingreso lo obtuvo el tratamiento 2: Basfoliar Algae y el menor ingreso lo obtuvo el tratamiento 7: Testigo, dando como resultado que el tratamiento 2 otorga el beneficio/costo y la mayor rentabilidad la obtuvo el tratamiento 2 con 169.47%.

4.2. Discusión

La aplicación de PGPR y compuestos biológicos a base de algas indujeron al proceso de germinación temprana en las semillas de pimiento. Según Luna (2013), hace referencia al factor de inducción de germinación se relaciona con la producción de hormonas, donde cepas del género *Bacillus*, producen ácido indolacético (0.9 a 2.3 mgL^{-1}), que favorecen al proceso de germinación. La aplicación de los compuestos biológicos y PGPR, incrementó la longitud radicular, favoreciendo a la formación de pelos absorbentes. Esto se corrobora en trabajos de aplicación de bacterias lácticas en semillas de Naranja (*P. trifoliata*) tratadas con las cepas de CRL35 y CRL1879 incrementan longitud de raíz principal y secundaria (Sosa *et al.*, 2019). Por otra parte, la aplicación de extractos de algas como Kelpro, Maxifrut y Seacream en garbanzo demostró elevados índices de germinación y mayor longitud de raíces esto se debe al compuesto de auxinas, citoquininas y betaínas que promueven la germinación de las plántulas (López *et al.*, 2021).

El Mix PGPR constituido por (*Acetivobacter calcoaceticus* BMR 2-12, *Pseudomonas putida* PB3-6, *Serratia marcescens* PM3-8, *Enterobacter asburiae* PM3-14), tiene la capacidad de producir auxinas, la capacidad de solubilización de minerales y de activar el mecanismo en defensa en plantas. Los efectos de inoculantes microbianos PGPR sobre el crecimiento y su fisiología en Avena (*A. sativa*), Alfalfa (*M. sativa*) y pepino (*C. sativus*), mejoran la actividad de peroxidasa (POD), la catalasa (CAT) y el superóxido dismutasa (SOD) en las plántulas, demostrando un efecto promotor en las plántulas al aumentar la actividad enzimática del suelo y el contenido de nutrientes disponibles (Haiyun *et al.*, 2020).

La aplicación de PGPR y compuestos biológicos a base de algas influyen directamente al crecimiento y desarrollo de pimiento bajo condiciones de invernadero en el incremento de longitud y peso de raíz e hipocótilo esto debido al contenido de fitohormonas en su composición como auxinas y citoquininas las mismas que inducen al crecimiento vegetativo de las plantas de pimiento. En investigaciones realizadas por Rojas *et al.*, (2016), donde el consorcio (*Pseudomonas fluorescens* UM96 y *Bacillus thuringiensis* UM16), demostró potencial para colonizar la rizosfera y promover el incremento en longitud de raíz e hipocótilo en tomate (Zermeño *et al.*, 2015).

La aplicación de PGPR como: *Bacillus* y *Pseudomonas* promovió el enraizamiento y la longitud de raíz en mini estacas de clones híbridos de eucalipto (*Eucalyptus nitens* x *Eucalyptus globulus*), esto se debe a la interacción entre las bacterias y los exudados de las plantas lo cual es crucial como fuente de carbono y nitrógeno, y engloba procesos como la fijación de nitrógeno atmosférico y el fortalecimiento de la resistencia frente a factores de estrés bióticos y abióticos. Esto corrobora el beneficio de la aplicación de PGPR al implementarse en la producción agrícola reduciendo el impacto ambiental (González *et al.*, 2016).

La aplicación de PGPR y compuestos biológicos a base de algas marinas, demuestran su efecto al promover el desarrollo de las plantas y características del fruto. El tratamiento Kelpak a base de *Ecklonia maxima*, contiene en su formulación como ingrediente principal auxinas y citoquininas que promueven el desarrollo de pelos absorbentes. La aplicación de extracto de alga marina (*Sargassum* spp), en plantas de vid influyó en el contenido de clorofila en las hojas, esto se debe a la presencia de sustancias como betaínas y microelementos como el hierro que se requieren en la síntesis de clorofila (Zermeño *et al.*, 2015).

La aplicación foliar de extracto de alga roja (*Kappaphycus alvarezii*), aumentó el crecimiento de las raíces en tomate con un 5%, la altura de las plantas con 34,44% y el rendimiento de frutos de tomate en un 60.89%. El incremento de los atributos de crecimiento, desarrollo y rendimiento se debe tanto a la presencia de macro y microelementos, como a los reguladores de crecimiento vegetal (ácido indolacético, giberelinas, kinetina y zeatina) presentes en *K. alvarezii*. Estas fitohormonas favorecieron a la producción agrícola disminuyendo la dependencia de productos sintéticos (Zodape *et al.*, 2011).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los resultados demuestran que la aplicación de compuestos biológicos, en particular el Mix PGPR, induce la aceleración notable en el proceso de germinación de semillas de pimiento. Este hallazgo adquiere relevancia en la agricultura ya que fomenta un inicio más rápido en el crecimiento de las plantas, derivando un aumento sustancial de la producción.
- La aplicación de compuestos biológicos como Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal y algas marinas tiene un impacto positivo en el crecimiento y desarrollo de pimiento. Estos compuestos estimulan el desarrollo del sistema radicular, promueven en longitud de hipocótilos y generan alturas de planta sustancialmente superiores. Estos resultados sugieren que la utilización de estos compuestos puede contribuir a mejorar tanto la calidad como el rendimiento de los cultivos de pimiento, especialmente en ambientes de invernadero.
- Los resultados indican un aumento significativo en la producción de pimiento, tanto en términos de cantidad como de calidad, por aplicación de compuestos biológicos, se demostró un incremento de la rentabilidad de la producción. Esto sugiere que la inversión en la aplicación de estos compuestos puede traducirse en un aumento en los ingresos agrícolas.

5.2. Recomendaciones

- El efecto positivo de la aplicación de los compuestos biológicos en el crecimiento y el desarrollo de las plantas de pimiento demuestra la relevancia de los beneficios que generó, por lo tanto, se resalta el interés de llevar a cabo investigaciones adicionales para evaluar su impacto en otros cultivos de interés agronómico.
- El rendimiento del cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero demostró que el efecto de aplicación de productos biológicos a base de algas y PGPR induce en la longitud, diámetro y peso del fruto, por lo cual es recomendable la aplicación de estos compuestos para obtener mayor calidad en la cosecha.
- Dado que se ha analizado la relación beneficio costo de la aplicación de compuestos biológicos y se ha demostrado su efectividad en el incremento de la rentabilidad en cuanto a la producción de pimiento, se recomienda llevar a cabo un análisis más detallado de los aspectos económicos y financieros de su implementación a nivel comercial.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Ahemad, M., y Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University - Science*, 26(1), 1–20.
- Alam, M., Braun, G., Norrie, J., y Hodges, M. (2014). Ascophyllum extract application can promote plant growth and root yield in carrot associated with increased root-zone soil microbial activity. *Canadian Journal of Plant Science*, 94(2), 337–348.
- Angulo, A., Ferrera, R., Alarcón, A., Almaraz, J., Delgadillo, J., Jiménez, M., y García, O. (2018). Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema ii en plántulas de 2 variedades de *Capsicum annuum* L. inoculadas con rizobacterias u hongos micorrízicos arbusculares. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 178–188.
- Antoun, H., y Kloepper, J. (2001). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR). *Encyclopedia of Genetics*, 1477–1480.
- Armenta, A., García, C., Camacho, J., Apodaca, M., Gerardo, L., y Nava, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51–56.
- Ashrafuzzaman, M., Akhtar, F., Razi, M., Hoque, A., Zahurul, M., Shahidullah, S., y Meon, S. (2009). Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. *African Journal of Biotechnology*, 8(7), 1247–1252.
- Bai, N., Banu, N., Prakash, J., y Goldi, S. (2007). Efectos del extracto de *Asparagopsis taxiformis* sobre el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus aureus*. *Biol de aplicaciones básicas*, 1(1), 6–11.
- Basf. (2018). *Bionutriente de alta concentración a base de algas marinas*.
- Battacharyya, D., Babgohari, M., Rathor, P., y Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39–48.
- Blaine, M., Zimmerman, M., Crouch, I., y Van Staden, J. (1990). Introduction to applied phycology. *Agronomic uses of seaweed and microalgae*, 267–307.
- Cabrera, J., Yáñez, E., y García, R. (2022). Efecto en las aplicaciones de tres bioestimulantes en la germinación y desarrollo de especies hortícolas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 27–40.
- Cabrera, M., Borrero, Y., Rodríguez, A., Angarica, E., y Rojas, O. (2011). Efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum*. L) variedad atlas en condiciones de cultivo protegido. *Ciencia en su PC*, 4, 32–42.

- Castañeda, R., Ventura, E., Peniche, R., y Herrera, G. (2007). Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. *Agrociencia*, 41(3).
- Chailleux, A., Mohl, K., Teixeira, M., Messelink, G., y Desneux, N. (2014). Natural enemy-mediated indirect interactions among prey species: potential for enhancing biocontrol services in agroecosystems. *Pest Management Science*, 70(12), 1769–1779.
- Compoexpert. (2020). *Basfoliar algae*.
- Craigie, J. (2011). Extracto de algas marinas estímulos ciencia vegetal y agricultura. *J Appl Physiol*, 23, 371–393.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14.
- ExcelAg. (s/f). Regulador de crecimiento de origen natural y sus mezclas con fertilizantes. *Agripac*. Recuperado el 27 de septiembre de 2023, de <https://agripac.com.ec/productos/evergreen/>
- FAO. (2002). *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*.
- FAO. (2020). *Cultivos y productos de ganadería*.
- Fleurence, J. (2022). *Biostimulant Potential of Seaweed Extracts Derived from Laminaria and Ascophyllum nodosum* (pp. 31–49).
- Gómez, B., Hernández, A., Herrera, C. H., Arroyo, G., Vargas, L., y Olalde, V. (2012). Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento de la rizósfera de plantas de guayaba (*Psidium guajava*). *Ra Ximhai*, 8(3), 97–102.
- González, P., Rodríguez, F., Sanfuentes, E. A., y Sossa, K. (2016). Efecto de rizobacterias en el enraizamiento de miniestacas en dos clones híbridos de *Eucalyptus* spp. *Ciencia y Investigación Forestal*, 22(1), 51–63.
- González, M., Ocampo, H., Santacruz, F., Sánchez, C., Casarrubias, K., Becerril, A., Castañeda, J., y Hernández, M. (2020). Physiological, Ecological, and Biochemical Implications in Tomato Plants of Two Plant Biostimulants: Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Seaweed Extract. *Frontiers in Plant Science*, 11.
- Grageda, O., Díaz, A., Peña, J., y Vera, J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1261–1274.
- Guevara, R. G., Pons, J. L., Torres, I., y González, M. (2018). *Manual práctico para el cultivo del chile* (Mundi-prensa).

- Hamed, S., ElRhman, A., Abdel, N., y Ibraheem, I. (2018). Role of marine macroalgae in plant protection y improvement for sustainable agriculture technology. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences.*, 7(1), 204–210.
- Hernández, L., Chiquito, R., Castillo, D. G., Chiquito, C., Vidal, L., y Beltrán, F. A. (2018). Efecto de microcápsulas de *Pseudomonas putida* sobre crecimiento y rendimiento de pimiento morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 20.
- Holguín, P., y Romero, E. (2002). *Estudio de Prefactibilidad para la Producción de Pimiento en la Península de Santa Elena*.
- IBO. (2020, mayo 7). *Activador metabólico de acción rápida*. <https://www.grupoibo.com/>
- INAHMI. (2019). *Serie de datos 1990- 2019*.
- Infoagro. (2004). *The pepper growing*. Cultivo de pimiento.
- ITIS. (2017). *Capsicum annuum L. Taxonomic*.
- Jha, C., y Saraf, M. (2015). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR): una revisión. *Revista de Investigación y Desarrollo Agrícola*, (2).
- Kanchalee, J., y Pinyupa, P. (2013). Lipopolysaccharide of *Enterobacter asburiae* strain RS83: a bacterial determinant for induction of early defensive enzymes in *Lactuca sativa* against soft rot disease. *Biological Control*, 6 (3), 301–307.
- Kang, S., Khan, A., Hamayun, M., Shinwari, Z., Kim, Y., Joo, G., y Lee, I. (2012). *Acinetobacter calcoaceticus* ameliorated plant growth and influenced gibberellins and functional biochemicals. *Pakistan Journal of Botany.*, 44(1), 365–372.
- Kang, S., Joo, G., Hamayun, M., Na, C., Shin, D., Kim, H., Hong, J., y Lee, I. (2009). Gibberellin production and phosphate solubilization by newly isolated strain of *Acinetobacter calcoaceticus* and its effect on plant growth. *Biotechnology Letters*, 31(2), 277–281.
- Khan, W., Rayirath, U., Subramanian, S., Jithesh, M., Rayorath, P., Hodges, D., Critchley, A., Craigie, J., Norrie, J., y Prithiviraj, B. (2009). Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4), 386–399.
- Khan, W., Zhai, R., Souleimanov, A., Critchley, A., Smith, D., y Prithiviraj, B. (2012). Commercial Extract of *Ascophyllum nodosum* Improves Root Colonization of Alfalfa by Its Bacterial Symbiont *Sinorhizobium meliloti*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(18), 2425–2436.

- Kuwada, K., Wamochi, L., Utamura, M., Matsushita, I., y Ishii, T. (2006). Effect of Red and Green Algal Extracts on Hyphal Growth of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, and on Mycorrhizal Development and Growth of Papaya and Passionfruit. *Agronomy Journal*, 98(5), 1340–1344.
- Labra, D., Guerrero, L., Rodríguez, A., Montes, S., Pérez, S., y Rodríguez, A. (2012). Respuesta de crecimiento y tolerancia a metales pesados de *Cyperus elegans* y *Echinochloa polystachya* inoculadas con una rizobacteria aislada de un suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 1(28), 7–16.
- Li, H., Qiu, Y., Yao, T., Ma, Y., Zhang, H., y Yang, X. (2020). Effects of PGPR microbial inoculants on the growth and soil properties of *Avena sativa*, *Medicago sativa*, and *Cucumis sativus* seedlings. *Soil and Tillage Research*, 199, 104577.
- López, D., Williams, R., Miehle, K., y Mazana, J. (1995). Enzimas, fuente de vida. *Fundación de Investigación Inmunológica*.
- López, M., Elías, J., León, J., y Heredia, S. (2021). Aplicación de soluciones de extractos de algas marinas en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) Bajo riego por goteo: crecimiento, calidad y rendimiento/ Seaweed extracts applications in drip irrigated chickpea (*Cicer arietinum* L.): growth, yield and quality. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(2), 2099–2104.
- Luna, L., Martínez, R., Hernández, M., Arvizu, S., y Pacheco, J. (2013). Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(1), 63–69.
- Martínez, L., y Salomon, J. (1995). Efecto de un extracto de algas y varios fitorreguladores sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Gigant. *Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey*.
- Mishra, P., y Dash, D. (2014). Rejuvenation of Biofertiliser for Sustainable Agriculture Economic Development Consilience. *Journal of Sustainable Development*, 11(1), 41–61.
- Molina, D., Bustillos, M., Rodríguez, O., y Elizabeth, Y. (2015). Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. *Revista de La DES Ciencias Biológico-Agropecuarias*, 17(2), 24–34.
- NeoQuim. (2021). *Bioestimulante Aplicación Foliar y Edáfica*.

- Padilla, W. (2012). *Desde el Surco. Manual de Fertilización Orgánica y Química. Reguladores de crecimiento en cultivos*. 79.
- Pizarro, P. (2013). *Isolation and characterization of Pseudomonas putida with potencial use as biofertilizer and its environmental applications*.
- Reyes, G., y Cortéz, D. (2017). Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe. *Bioagro*, 1, 45–52.
- Rodríguez, P. (2012). Efecto de los bioestimulantes foliares en el cultivo del pepino (*Cucumis Sativus*, L.) SARIG-454 en casas de cultivo protegido. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación Y Saberes*, 1(2), 44–52.
- Rouphael, Y., y Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11.
- Russel, C. (2002). Kelp Based growth stimulants—science or snake oil. *Internal Technical Biulletin of Cobbett Pty Ltd*.
- Saborio, F. (2002). Bioestimulantes en fertilización foliar. *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*, 110–123.
- Santillana, N., Arellano, C., y Zúñiga, D. (2005). Capacidad del Rhizobium de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Miller). *Ecol.*, 4, 47–51.
- Senn, T., y Kingman, A. (1978). Seaweed research in crop production. *US Dep. Commer.*
- Sharma, H., Fleming, C., Selby, C., Rao, J., y Martin, T. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*, 26(1), 465–490.
- Sharma, S., Chen, C., Khatri, K., Rathore, M., y Pandey, S. (2019). *Gracilaria dura* extract confers drought tolerance in wheat by modulating abscisic acid homeostasis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 136, 143–154.
- Shukla, P., Mantin, E., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A., y Prithviraj, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management. *Frontiers in Plant Science*, 10.
- Sosa, M., Ruiz, E., Tun, J., Pinzón, L. y Reyez, A. (2019). Germinación, crecimiento y producción de glucanasas en *Capsicum chinense* Jacq. Inoculadas con *Bacillus* spp. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(16), 37–137.

- Tahir, M., y Aqeel, S. (2013). Plant Growth promoting rhizobacteria (PGPR): A budding complement of synthetic fertilizers for improving crop production. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 11(1), 1–7.
- Terry, E., Ruiz, J., Rivera, R., Falcón, A., y Carrillo, Y. (2022). Bioproductos como sustitutos parciales de la nutrición mineral del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L). *Acta Agronómica*, 70(3).
- Van, M., Pascale, S., Silletti, S., Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 5.
- Vessey, J. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, 255, 571–586.
- Zermeño, A., López, B., Melendres, A., Ramírez, H., Cárdenas, J., y Munguía, J. (2015). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6, 2437–2446.
- Zodape, S., Gupta, A., Bhandari, S., Rawat, U., Chaudhary, D., Eswaran, K., y Chikara, J. (2011). Zodape, S., Gupta, A., Bhandari, S., Rawat, U., Chaudhary, D., Eswaran, K., y Chikara, J. (2011). Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Journal of Scientific y Industrial Research*, 70(3), 215–219.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A. ADEVA de las semillas de pimiento en el experimento I (germinación)

DIA4

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DIA4	21	0,62	0,36	18,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1666,67	8	208,33	2,43	0,0803
TRAT	1628,57	6	271,43	3,17	0,0423
REP	38,10	2	19,05	0,22	0,8040
Error	1028,57	12	85,71		
Total	2695,24	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=26,45669

Error: 85,7143 gl: 12

TRAT	Medias	n	E.E.		
Mix PGPR	63,33	3	5,35	A	
Evergreen	60,00	3	5,35	A	B
Qa Energy	50,00	3	5,35	A	B
Algamarin	50,00	3	5,35	A	B
Kelpak	43,33	3	5,35	A	B
Basfoliar Algae	43,33	3	5,35	A	B
Control	36,67	3	5,35		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=13,20250

Error: 85,7143 gl: 12

REP	Medias	n	E.E.	
R3	51,43	7	3,50	A
R2	48,57	7	3,50	A
R1	48,57	7	3,50	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

DIA6

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DIA6	21	0,63	0,39	9,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	923,81	8	115,48	2,60	0,0662
TRAT	723,81	6	120,63	2,71	0,0666
REP	200,00	2	100,00	2,25	0,1480
Error	533,33	12	44,44		
Total	1457,14	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=19,05100

Error: 44,4444 gl: 12

TRAT	Medias	n	E.E.	
Qa Energy	80,00	3	3,85	A
Algamarin	76,67	3	3,85	A
Evergreen	73,33	3	3,85	A
Basfoliar Algae	73,33	3	3,85	A
Mix PGPR	70,00	3	3,85	A
Kelpak	63,33	3	3,85	A
Control	63,33	3	3,85	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,50689

Error: 44,4444 gl: 12

REP	Medias n	E.E.
R1	75,71 7	2,52 A
R2	70,00 7	2,52 A
R3	68,57 7	2,52 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DIA8	21	0,71	0,52	7,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1323,81	8	165,48	3,72	0,0203
TRAT	1123,81	6	187,30	4,21	0,0164
REP	200,00	2	100,00	2,25	0,1480
Error	533,33	12	44,44		
Total	1857,14	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=19,05100

Error: 44,4444 gl: 12

TRAT	Medias n	E.E.
Algamarin	100,00 3	3,85 A
Evergreen	96,67 3	3,85 A
Qa Energy	96,67 3	3,85 A
Basfoliar Algae	93,33 3	3,85 A B
Mix PGPR	90,00 3	3,85 A B
Kelpak	86,67 3	3,85 A B
Control	76,67 3	3,85 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,50689

Error: 44,4444 gl: 12

REP	Medias n	E.E.
R1	95,71 7	2,52 A
R3	90,00 7	2,52 A
R2	88,57 7	2,52 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo B. ADEVA longitud radicular en experimento 1 (germinación)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	21	0,65	0,42	9,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,38	8	0,17	2,78	0,0542
TRATAMIENTO	1,24	6	0,21	3,32	0,0366
REP	0,14	2	0,07	1,16	0,3476
Error	0,75	12	0,06		
Total	2,13	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,71272

Error: 0,0622 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias n	E.E.
Qa Energy	3,00 3	0,14 A
Mix PGPR	2,84 3	0,14 A B
Evergreen	2,83 3	0,14 A B
Algamarin	2,70 3	0,14 A B
Basfoliar Algae	2,55 3	0,14 A B
Kelpak	2,50 3	0,14 A B
Control	2,21 3	0,14 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,35566

Error: 0,0622 gl: 12

REP	Medias	n	E.E.	
R3	2,78	7	0,09	A
R1	2,61	7	0,09	A
R2	2,59	7	0,09	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo C. ADEVA longitud radicular en rizotron a los 20 DDS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	35	0,61	0,45	11,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	49,34	10	4,93	3,82	0,0034
TRATAMIENTO	40,36	6	6,73	5,21	0,0015
REP	8,99	4	2,25	1,74	0,1739
Error	30,97	24	1,29		
Total	80,32	34			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,30719

Error: 1,2905 gl: 24

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BASFOLIAR	11,18	5	0,51	A
KELPAK	11,12	5	0,51	A
ALGAMARIN	10,42	5	0,51	A
PGPR	10,18	5	0,51	A
QA ENERGY	10,04	5	0,51	A B
EVERGREEN	9,32	5	0,51	A B
TESTIGO	7,82	5	0,51	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo D. ADEVA longitud de hipocótilo en rizotron a los 20 DDS

LONGITUD DE HIPOCOTILO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	35	0,71	0,59	13,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9,25	10	0,92	5,93	0,0002
TRATAMIENTO	7,30	6	1,22	7,80	0,0001
REP	1,94	4	0,49	3,11	0,0339
Error	3,75	24	0,16		
Total	12,99	34			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,80228

Error: 0,1560 gl: 24

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
BASFOLIAR	3,34	5	0,18	A			
KELPAK	3,22	5	0,18	A			
ALGAMARIN	3,18	5	0,18	A	B		
PGPR	3,16	5	0,18	A	B		
QA ENERGY	2,78	5	0,18	A	B	C	
TESTIGO	2,38	5	0,18		B	C	
EVERGREEN	2,04	5	0,18			C	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo E. ADEVA peso de hipocótilo en rizotron a los 20 DDS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	35	0,79	0,70	10,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6932,29	10	693,23	8,93	<0,0001
REP	209,31	4	52,33	0,67	0,6166
TRATAMIENTO	6722,97	6	1120,50	14,43	<0,0001
Error	1863,89	24	77,66		
Total	8796,17	34			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=17,89784

Error: 77,6619 gl: 24

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
Basfoliar Algae	98,40	5	3,94	A			
Algamarin	93,60	5	3,94	A	B		
Qa Energy	90,20	5	3,94	A	B		
Mix PGPR	85,00	5	3,94	A	B		
Kelpak	79,80	5	3,94		B	C	
Evergreen	63,00	5	3,94			C	D
Control	59,60	5	3,94				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo F. ADEVA peso de raíz en rizotron a los 20 DDS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	35	0,77	0,68	17,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3011,71	10	301,17	8,25	<0,0001
TRATAMIENTO	2712,29	6	452,05	12,38	<0,0001
REP	299,43	4	74,86	2,05	0,1193
Error	876,57	24	36,52		
Total	3888,29	34			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=12,27395

Error: 36,5238 gl: 24

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
Mix PGPR	48,20	5	2,70	A		
Basfoliar Algae	45,00	5	2,70	A		
Algamarin	39,60	5	2,70	A	B	
Kelpak	32,60	5	2,70		B	C
Qa Energy	32,20	5	2,70		B	C
Evergreen	24,60	5	2,70			C
Control	23,80	5	2,70			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,51680

Error: 36,5238 gl: 24

REP	Medias	n	E.E.	
R3	39,57	7	2,28	A
R5	37,57	7	2,28	A
R4	33,57	7	2,28	A
R2	33,14	7	2,28	A
R1	31,86	7	2,28	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo G. ADEVA altura de planta a los 60 DDS

60 DDS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
S8	21	0,79	0,66	3,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	91,74	8	11,47	5,79	0,0036
TRAT	85,31	6	14,22	7,18	0,0020
REP	6,43	2	3,21	1,62	0,2380
Error	23,78	12	1,98		
Total	115,51	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,02237

Error: 1,9813 gl: 12

TRAT	Medias	n	E.E.			
PGPR	38,23	3	0,81	A		
BASFOLIAR	37,83	3	0,81	A	B	
KELPAK	37,20	3	0,81	A	B	C
QA ENERGY	36,55	3	0,81	A	B	C
EVERGREEN	34,07	3	0,81		B	C
TESTIGO	33,32	3	0,81			C
ALGAMARIN	33,20	3	0,81			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo H. ADEVA días a la floración

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	21	0,79	0,65	5,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	296,29	8	37,04	5,73	0,0037
TRAT	294,48	6	49,08	7,60	0,0015
REP	1,81	2	0,90	0,14	0,8707
Error	77,52	12	6,46		
Total	373,81	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,26333

Error: 6,4603 gl: 12

TRAT	Medias	n	E.E.			
Algamarin	39,67	3	1,47	A		
Evergreen	41,67	3	1,47	A	B	
Basfoliar Algae	41,67	3	1,47	A	B	
Kelpak	43,00	3	1,47	A	B	
Qa Energy	44,33	3	1,47	A	B	C
Mix PGPR	48,33	3	1,47		B	C
Control	51,00	3	1,47			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,62457

Error: 6,4603 gl: 12

REP	Medias	n	E.E.	
R3	43,86	7	0,96	A
R1	44,29	7	0,96	A
R2	44,57	7	0,96	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo I. ADEVA diámetro de frutos a la cosecha

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	21	0,60	0,34	3,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,54	8	0,07	2,29	0,0943
TRAT	0,49	6	0,08	2,79	0,0613
REP	0,05	2	0,02	0,79	0,4765
Error	0,35	12	0,03		
Total	0,89	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,49048

Error: 0,0295 gl: 12

TRAT	Medias	n	E.E.	
Qa Energy	5,58	3	0,10	A
Basfoliar	5,48	3	0,10	A
Kelpak	5,43	3	0,10	A
Algamarin	5,32	3	0,10	A
Mix PGPR	5,24	3	0,10	A
Evergreen	5,21	3	0,10	A
Testigo	5,10	3	0,10	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,24476

Error: 0,0295 gl: 12

REP	Medias	n	E.E.	
R2	5,40	7	0,06	A
R3	5,33	7	0,06	A
R1	5,28	7	0,06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo J. ADEVA longitud de fruto a la cosecha

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	21	0,66	0,43	1,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,66	8	0,08	2,92	0,0462
TRATA	0,56	6	0,09	3,29	0,0376
REP	0,10	2	0,05	1,82	0,2040
Error	0,34	12	0,03		
Total	1,00	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,48043

Error: 0,0283 gl: 12

TRATA	Medias	n	E.E.	
Qa Energy	10,83	3	0,10	A
Evergreen	10,80	3	0,10	A
Kelpak	10,67	3	0,10	A
Basfoliar Algae	10,64	3	0,10	A
Mix PGPR	10,55	3	0,10	A
Algamarin	10,44	3	0,10	A
Control	10,36	3	0,10	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,23974

Error: 0,0283 gl: 12

REP	Medias	n	E.E.	
R2	10,70	7	0,06	A
R1	10,62	7	0,06	A
R3	10,53	7	0,06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo K. ADEVA peso de frutos a la cosecha

COSECHA 1

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	21	0,82	0,70	16,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	233568,44	8	29196,05	6,95	0,0016
TRATAMIENTO	216259,56	6	36043,26	8,58	0,0009
REP	17308,88	2	8654,44	2,06	0,1702
Error	50419,65	12	4201,64		
Total	283988,09	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=185,23296

Error: 4201,6378 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
BASFOLIAR	549,47	3	37,42	A		
KELPAK	450,47	3	37,42	A	B	
ALGAMARIN	449,00	3	37,42	A	B	
PGPR	438,67	3	37,42	A	B	
QA ENERGY	370,93	3	37,42	A	B	C
EVERGREEN	328,87	3	37,42		B	C
TESTIGO	206,60	3	37,42			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

COSECHA 2

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	21	0,66	0,43	17,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	141880,97	8	17735,12	2,89	0,0477
TRATAMIENTO	140998,79	6	23499,80	3,83	0,0228
REP	882,19	2	441,09	0,07	0,9310
Error	73618,72	12	6134,89		
Total	215499,69	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=223,82700

Error: 6134,8933 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
KELPAK	545,99	3	45,22	A		
ALGAMARIN	518,03	3	45,22	A	B	
BASFOLIAR	509,19	3	45,22	A	B	
QA ENERGY	494,17	3	45,22	A	B	
PGPR	478,38	3	45,22	A	B	
EVERGREEN	363,93	3	45,22	A	B	
TESTIGO	308,07	3	45,22		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

COSECHA 3

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
data	21	0,60	0,34	10,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	27544,55	8	3443,07	2,30	0,0940
TRATAMIENTO	27140,27	6	4523,38	3,02	0,0490
REP	404,28	2	202,14	0,13	0,8752
Error	17992,16	12	1499,35		
Total	45536,71	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=110,65218

Error: 1499,3464 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
KELPAK	440,26	3	22,36	A	
BASFOLIAR	403,97	3	22,36	A	B
QA ENERGY	387,89	3	22,36	A	B
TESTIGO	380,36	3	22,36	A	B
ALGAMARIN	358,10	3	22,36	A	B
EVERGREEN	343,90	3	22,36	A	B
PGPR	324,70	3	22,36		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

COSECHA 4

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DATA	21	0,57	0,28	13,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14892,30	8	1861,54	1,96	0,1419
TRATAMIENTO	14515,26	6	2419,21	2,54	0,0795
REP	377,03	2	188,52	0,20	0,8228
Error	11410,59	12	950,88		
Total	26302,89	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=88,11956

Error: 950,8823 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
EVERGREEN	274,39	3	17,80	A	
KELPAK	249,66	3	17,80	A	B
ALGAMARIN	242,57	3	17,80	A	B
BASFOLIAR	237,76	3	17,80	A	B
QA ENERGY	232,99	3	17,80	A	B
PGPR	214,11	3	17,80	A	B
TESTIGO	184,22	3	17,80		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo L. Mezcla y llenado del sustrato en las fundas de vivero



Anexo M. Control de plagas y riego de las fundas de vivero para pimiento



Anexo N. Productos evaluados en el proceso investigativo



Anexo O. Aplicación de los tratamientos en disoluciones en semillas de pimiento



Anexo P. Proceso de incubación para germinación de semillas tratadas



Anexo Q. Manejo de sustrato para elaboración de rizotron



Anexo R. Inserción de semillas tratadas en sustrato aplicado en rizotron



Anexo S. Aplicación de tratamientos en semillas cultivadas en bandejas germinadoras

