



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTO DEL *Bacillus subtilis* USADO COMO
PROTECTANTE EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES
EN EL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus*), LA
TRONCAL, CAÑAR**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AGRONOMO

AUTOR

ZAMBRANO VALDIVIEZO LEONARDO JAVIER

TUTOR

ING. MARTÍNEZ ALCÍVAR FERNANDO ROBERTO, Msc

MILAGRO – ECUADOR

2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ING. MARTÍNEZ ALCÍVAR FERNANDO ROBERTO, M.Sc**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EFFECTO DEL *Bacillus subtilis* USADO COMO PROTECTANTE EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus*), LA TRONCAL, CAÑAR**, realizado por el estudiante **ZAMBRANO VALDIVIEZO LEONARDO JAVIER**; con cédula de identidad N° **0302465257** de la carrera **INGENIERIA AGRONOMICA**, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor

ING FERNANDO MARTINEZ ALCIVAR MSC
Milagro, 05 de marzo del 2021



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“EFECTO DEL *Bacillus subtilis* USADO COMO PROTECTANTE EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus*), LA TRONCAL, CAÑAR**”, realizado por el estudiante **ZAMBRANO VALDIVIEZO LEONARDO JAVIER**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

**ING DAVID MACIAS, M.Sc.
PRESIDENTE**

**ING JAVIER MARTILLO, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**ING FERNANDO MARTINEZ, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**ING CESAR PEÑA, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE**

Milagro, 05 de marzo del 2021

Dedicatoria

Este trabajo de tesis está dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con unos de mis objetivos sin desmayar.

A mis padres HERMOGENES ZAMBRANO y JENNY VALDIVIEZO quienes, con su amor, paciencia me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades de la vida porque Dios está conmigo siempre; también dedico este trabajo a mi esposa MARTHA KATTANI e hija DANNA ZAMBRANO KATTANI quienes estuvieron dándome su apoyo incondicional en esta etapa profesional.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi subsistencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a mis padres HERMOGENES ZAMBRANO y JENNY VALDIVIEZO, a mi esposa MARTHA KATTANI y a mi hija DANNA ZAMBRANO KATTANI, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco a los docentes de la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de estos cinco años de mi trayectoria estudiantil.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **ZAMBRANO VALDIVIEZO LEONARDO JAVIER**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **“EFECTO DEL *Bacillus subtilis* USADO COMO PROTECTANTE EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus*), LA TRONCAL, CAÑAR”** para optar el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 05 de marzo del 2021

ZAMBRANO VALDIVIEZO LEONARDO JAVIER
C.I. 0302465257

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	10
Índice de figuras.....	12
Resumen	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1 Antecedentes del problema.....	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1 Planteamiento del problema	16
1.2.2 Formulación del problema	16
1.3 Justificación de la investigación	16
1.4 Delimitación de la investigación	17
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos.....	17
2. Marco teórico.....	18
2.1 Estado del arte.....	18
2.2 Bases teóricas	20
2.2.1 Origen.....	20

2.2.2 Clasificación taxonómica	20
2.2.3 Descripción botánica	20
2.2.4 Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo	21
2.2.5 <i>Bacillus subtilis</i> como protector.....	22
2.2.5.1 Acción biocontroladores	22
2.2.6 <i>Pythium</i> sp. En el cultivo de pepino	23
2.2.6.1 Descripción y clasificación taxonómica	23
2.2.6.2 Síntomas ocasionados por <i>Pythium</i>	24
2.2.6.3 Métodos de control	24
2.2.7 <i>Colletotrichum</i> sp. En el cultivo de pepino.....	25
2.2.7.1 Descripción y clasificación taxonómica.....	25
2.2.7.2 Síntomas	26
2.2.7.3 Métodos de control	27
2.2.8 <i>Colletotrichum</i> sp. En el cultivo de pepino.....	27
2.2.8.1 Descripción y clasificación taxonómica.....	28
2.2.8.2 Síntomas ocasionados	28
2.2.8.3 Métodos de control	29
2.3 Marco legal.....	30
3. Materiales y métodos	32
3.1 Enfoque de la investigación	32
3.1.1 Tipo de investigación.....	32
3.1.2 Diseño de investigación	32
3.2.1 Variables	32
3.2.1.1. Variable independiente	32
3.2.1.2. Variable dependiente	32

3.2.2 Tratamientos.....	33
3.2.3 Diseño experimental	34
3.2.3.1 Características climáticas	34
3.2.4 Recolección de datos	34
3.2.4.1. Recursos.....	34
3.2.4.2. Métodos y técnicas	35
3.2.5 Análisis estadístico.....	35
4. Resultados.....	37
4.1 % de incidencia	37
4.2 Altura de la planta	38
4.3 Longitud del fruto.....	39
4.4 Diámetro del fruto	40
4.5 Número de frutos por planta	41
4.6 Peso del fruto	42
4.7 Rendimiento kg/ha	43
4.8 Análisis beneficio costo	44
5. Discusión	45
6. Conclusiones.....	47
7. Recomendaciones.....	48
8. Bibliografía.....	49
9. Anexos	60

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos en estudio	34
Tabla 2. Esquema de Análisis de varianza	36
Tabla 3. Promedio de altura de planta (cm)	38
Tabla 4. Promedio de longitud del fruto (cm)	39
Tabla 5. Promedio de diámetro del fruto (cm)	40
Tabla 6. Promedio del número de frutos por planta	41
Tabla 7. Promedio de peso del fruto (g)	42
Tabla 8. Promedio del rendimiento kg/ha.....	43
Tabla 9. Cálculo del indicador beneficio-costo	44
Tabla 10. Datos del % de incidencia del patógeno.....	61
Tabla 11. Datos de altura de planta a los 30 días (cm)	61
Tabla 12. Análisis estadístico de altura de planta	61
Tabla 13. Datos de altura de planta a los 60 días (cm)	62
Tabla 14. Análisis estadístico de altura de planta	62
Tabla 15. Datos de longitud del fruto (cm)	63
Tabla 16. Análisis estadístico de longitud del fruto	63
Tabla 17. Datos de diámetro del fruto	64
Tabla 18. Análisis estadístico de diámetro del fruto	64
Tabla 19. Datos del número de frutos por planta	65
Tabla 20. Análisis estadístico de numero de fruto por planta.....	65
Tabla 21. Datos de peso del fruto (g)	66
Tabla 22. Análisis estadístico de peso del fruto	66
Tabla 23. Datos de rendimiento Kg/ha.....	67
Tabla 24. Análisis estadístico de rendimiento Kg/ha.....	67

Tabla 25. Análisis estadístico beneficio/costo	67
--	----

Índice de figuras

Figura 1. Porcentaje de incidencia del patógeno	37
Figura 2. Gráfico de altura de planta (cm).....	38
Figura 3. Longitud de pepino (cm)	39
Figura 4. Diámetro del fruto de pepino.....	40
Figura 5. Número de frutos de pepino.....	41
Figura 6. Gráfico de peso del fruto (g)	42
Figura 7. Rendimiento del cultivo de pepino	43
Figura 8. Croquis del ensayo	60
Figura 9. Delimitación de parcelas	68
Figura 10. Cultivo de pepino establecido	68
Figura 11. Conteo del número de frutos.....	69
Figura 12. Visita del tutor Guía.....	69
Figura 13. Toma de datos del fruto	70
Figura 14. Cosecha del cultivo	70
Figura 15. Culminación del ensayo	71

Resumen

El presente ensayo experimental fue realizado en el Cantón La Troncal, Provincia del Cañar, entre los meses de julio del 2019 a diciembre del mismo año, en un cultivo de pepino. Esta investigación tuvo como objetivo general evaluar la aplicación del *Bacillus subtilis* como protector de enfermedades en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*), en el cantón La Troncal. El experimento estuvo constituido por 5 tratamientos incluyendo el testigo, cada uno evaluado a través de 4 repeticiones, para lo cual se consideraron 20 unidades experimentales comprendidas por un bloque; utilizando para su desarrollo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Los tratamientos fueron T1 *Bacillus subtilis* 0.5 l/ha, T2 *Bacillus subtilis* 1 l/ha, T3 *Bacillus subtilis* 1.5 l/ha, T4 *Bacillus subtilis* 2 l/ha y T5 Testigo. Las variables fueron: % de incidencia de patógenos, altura de planta, diámetro del fruto, longitud del fruto, número de frutos, peso del fruto, rendimiento kg/ha y beneficio costo. Para la valoración estadística se utilizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. En los resultados obtenidos, se observó que el tratamiento 4 obtuvo un rendimiento estadísticamente alto a diferencia de los demás tratamientos kg/ha (33565,1); Obteniendo como resultado, que por cada dólar invertido la ganancia sea de \$1,02, mientras los demás tratamientos presentaron valores similares de \$0,91. El testigo fue el valor neto más bajo de \$0,51. De esta manera nos permite hacer una recomendación respecto al uso de antagonistas para enfermedades en la zona agrícola de la Troncal.

Palabras claves: *Bacillus subtilis*, *Cucumis sativus*, fruto, patógeno, pepino.

Abstract

The present experimental trial was carried out in the Canton La Troncal, Province of Cañar, between the months of July 2019 to December of the same year, in a cucumber crop. The general objective of this research was to evaluate the application of *Bacillus subtilis* as a protector of diseases in the cultivation of cucumber (*Cucumis sativus*), in the canton of La Troncal. The experiment consisted of 5 treatments including the control, each one evaluated through 4 repetitions, for which 20 experimental units comprised by a block were considered; using a completely randomized block design (DBCA) for its development. The treatments were T1 *Bacillus subtilis* 0.5 l / ha, T2 *Bacillus subtilis* 1 l / ha, T3 *Bacillus subtilis* 1.5 l / ha, T4 *Bacillus subtilis* 2 l / ha and T5 Control. The variables were: % incidence of pathogens, plant height, fruit diameter, fruit length, number of fruits, fruit weight, yield kg / ha, and cost benefit. For the statistical evaluation, the analysis of variance and the Tukey test at 5% probability were used. In the results obtained, it was observed that treatment 4 obtained a statistically high yield unlike the other treatments kg / ha (33565.1); Obtaining as a result, that for each dollar invested the profit is \$ 1.02, while the other treatments presented similar values of \$ 0.91. The witness was the lowest net worth of \$ 0.51. In this way, it allows us to make a recommendation regarding the use of antagonists for diseases in the agricultural area of La Troncal.

Key words: *Bacillus subtilis*, *Cucumis sativus*, fruit, pathogen, cucumber.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

La productividad en el Ecuador es de 1250 ha alrededor de 13.2 Tm/ha, convirtiéndose mayor generador de la provincia del Guayas con 6,68 Tm volviéndose patente que el rendimiento del pepino se apoya con el clima, de la genética y el control que se le otorgue al cultivo (Álava, 2017).

El pepino ha conseguido una suma relevancia a causa de la extensa variedad de climas y la capacidad de adaptación que posee, es una hortaliza que se ingiere en condición fresca e industrializada puesto a que casi todos los cultivos hortícolas son abundantes en vitaminas y de sencilla digestión, en su mayor parte son cultivos de un año y en unos cuantos casos particularmente de temporada (Andagoya, 2019).

La aparición de hongos perjudiciales como el *Pythium* en el cultivo de pepino es uno de los inconvenientes que perturba a los agricultores, a causa de la baja rentabilidad, su agresión ha degradado a la productividad en enormes proporciones potenciando las podredumbres de la raíz, tallo y frutos.

Una alternativa para luchar contra el ataque de afecciones en los cultivos es a través de la utilización de la capacidad biocontroladora *Bacillus sp.*, estos microorganismos generan una variedad de sustancias bioactivas que presentan características antifúngicas, junto a una baja toxicidad y elevada biodegradabilidad de las mismas (Collaguazo, 2018).

Habitualmente son utilizados los fungicidas químicos para el manejo de esta afección, sin resultados propicios, razón por la que el empleo de químicos posee desventajas como elevados costos al productor y daño del medio ambiente, lo cual se acude a la opción de artículos saludables, que disminuyen el efecto desfavorable al entorno.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Los cultivos agrícolas son restringidos su productividad y condición final, por el motivo del ataque de organismos fitopatógenos, fundamentalmente hongos y bacterias; los primeros establecen el conjunto primordial de agentes causantes de afecciones agrícolas.

En su extenso trayecto se han empleado controles químicos advirtiendo resistencia de parte de los hongos patógenos, y a resultado de esto resulta de enorme interés evaluar nuevas opciones de manejo, como el empleo de biocontroladores, que son de suma relevancia para la agricultura sostenible hoy en día y, asimismo, amigables para el entorno.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál de los tratamientos de *Bacillus subtilis* aplicados en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*), controlará de manera eficiente la presencia de enfermedades?

1.3 Justificación de la investigación

A causa de lo anteriormente descrito, y a la necesidad de disponer con alternativas biológicas para la predisposición y control de afecciones fitopatógenas, se efectuará esta actividad de investigación cuyo fin primordial es valorar el aplique del *B. subtilis* en el cultivo de pepino como defensor de enfermedades.

Se justifica, asimismo, el empleo de adversarios la insuficiencia de unos cuantos artículos agroquímicos, por el desarrollo de resistencia que poseen las enfermedades en análisis a lo largo del tiempo, esto disminuye la insuficiente disposición de agroquímicos que puedan ofrecer un manejo precautorio idóneo. El elevado costo de los artículos químicos tiende a ser de igual manera ser un

componente fundamental, en el no aplique de los artículos, contribuyendo esto a la proliferación del hongo.

1.4 Delimitación de la investigación

Este trabajo de investigación evaluó la aplicación del *Bacillus subtilis* como protector en el control de enfermedades en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*), este estudio fue realizado en el cantón La Troncal, Provincia del Cañar durante los meses de julio del 2019 a diciembre del mismo año.

1.5 Objetivo general

Evaluar la aplicación del *Bacillus subtilis* como protector de enfermedades en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*), en el cantón La Troncal.

1.6 Objetivos específicos

- Describir el comportamiento agronómico del cultivo en relación a la aplicación del *Bacillus subtilis*.
- Indicar que tratamiento es más eficaz para el control de enfermedades en el cultivo de pepino.
- Realizar un análisis económico mediante la relación beneficio/costo de los diferentes tratamientos

1.7 Hipótesis

Al menos uno de los tratamientos en estudio controló biológicamente la incidencia de hongos patógenos en el cultivo, aumentando su producción.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

En Cuba, se efectuaron experimentos con el propósito de valorar la efectividad de las cepas de *rizobacterias* antagonistas en el manejo biológico de la Mancha bacteriana de las cucurbitáceas. Se usó un diseño de bloques aleatorios, tomando en cuenta los tratamientos con cepas de antagonistas *Bacillus subtilis* F16/95, *B. subtilis* Xph y *Pseudomonas putida* 14^a. Se empleó cinco macetas por tratamiento con tres reiteraciones. Los rendimientos enseñaron que los tratamientos biológicos manifestaron una disminución en la repercusión de las afecciones y aumentos de la extensión del tallo y peso fresco de hojas y raíces, en todas las interrelaciones planta-patógeno-antagonista (Mena, 2014).

Se precisa que las potencialidades de la índole *Bacillus* para la adquisición de antibióticos, enzimas, solubilización de fosfatos y determinación biológica del nitrógeno. Por consiguiente, se han realizado análisis de crecimiento vegetal y manejo biológico de patógenos, analizando variantes que consienten la disminución del empleo de fertilizantes químicos, que aparte de intervenir en la productividad, de igual manera genera deterioros en el medio ambiente (Tejera, Rojas y Heydrich, 2014).

El Análisis de Riesgo de Plagas proporciona los principios básicos para las medidas fitosanitarias en un sector de ARP concreto. Valora la prueba científica asequible para identificar si un organismo es una plaga. Si lo es, el estudio valora la posibilidad de instauración y propagación de la plaga correspondiente y el grado de las probables incidencias económicas en un sector determinado, usando datos biológicos u otros datos científicos y económicos (Amuy, 2017).

En España se efectuó un ensayo experimental con el fin de identificar la eficiencia de unos cuantos tratamientos, a base de biofungicida, frente a la caída de plántula de pepino ocasionada por *Pythium*. Los tratamientos a analizar fueron 7, abarcando también un tratamiento testigo. Los tratamientos empleados fueron, un resultado planteado con *Bacillus subtilis*, otro con *Trichoderma fertile* y otro planteado con *Trichoderma asperellum*; como artículos de mención se usaron fungicidas químicos comerciales, en específico Previcur Energy y Terrazole, y como biofungicida de manejo se usó Serenade Max. Se estableció un ensayo con 5 bloques, 7 tratamientos y 4 reiteraciones por tratamiento. Los resultados exhibieron que el resultado a base de *Trichoderma fertile*, disminuye la caída de plántula de pepino, a pesar de no tan efectivo al igual que los otros tratamientos (Leiva, 2018).

Bacillus spp. son impulsores de desarrollo vegetal son microorganismos identificados como agentes de manejo biológico que establecen una estructura de resistencia conocida como endospora, que les permite subsistir en entornos hostiles y estar mayoría de los agroecosistemas. Estos microorganismos han sido señalados como sustitutorios al empleo de agroquímicos. Sus mecanismos de acción se reparten en: productividad de componentes antimicrobianos. Es fundamental resaltar que la acción biocontroladora de los *Bacillus* es distinta cuando se analiza bajo cláusulas de laboratorio, las cuales están predispuestas para conseguir la máxima expresión de los sistemas de acción. Por otro lado, a nivel in vivo, la interrelación con la planta y el patógeno cumplen un rol importante en la expresión de dichos sistemas de acción, siendo esta más próxima a la condición real de campo (Pedraza, 2019).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen

El pepino es un vegetal procedente de la India que es producido en el norte de Asia desde hace 3.000 años, su cultivo se amplió a Grecia e Italia, para posteriormente ingresar a China. Su incorporación a los demás países europeos posiblemente fue a causa de los romanos quienes eran los mayores consumidores de pepino (Zambrano, 2016).

Forma parte de la familia de las cucurbitáceas, con este término se agrupan unas 850 clases de plantas, la mayoría herbáceas, trepadoras o rastreras, que generan frutos enormes, cilíndricos, prolongados y resguardados por una cáscara firme (Cedeño, 2015).

2.2.2 Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal

Orden: Curcubitales

Familia: Curcubitaceae

Género: *Cucumis*

Especie: *sativus* L

Nombre Científico: *Cucumis sativus* L.

Nombre Común: Pepino

Fuente: (Becerra, 2014)

2.2.3 Descripción botánica

Las particularidades habituales de este cultivo son de desarrollo rastrero e indefinido, al año, monoico, que posee flores femeninas y masculinas en el mismo ser. El tallo es descendido y rastrero, ramificado, anguloso, hirsuto y con zarcillos.

Las hojas son finas, y presenta viloso-hispídulo en los nervios y piloso en los dos lados; su perfil es cordadoovado, con lóbulos triangulares, dentados, acuminados (Coveña, 2015).

El fruto es tosco o liso, en función de la gama, que vuelve a partir de un color verde claro, hasta lograr un color amarillento cuando se encuentra completamente maduro, no obstante, su cosecha se efectúa previo a la maduración fisiológica. La pulpa es acuosa, blanca, con semillas en su interior repartidas por todo el fruto (Aguirre, 2014).

La cosecha de los frutos tiene que efectuarse de manera manual. El fruto debe estar en un idóneo desarrollo, generalmente tiene que estar tierno y el mejor índice de ello es la semilla tierna. El tiempo de cosecha varía entre los 65 y 75 días durante la siembra. Dura de 2 a 3 semanas (Corozo, 2014).

2.2.4 Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo

El pepino, al ser una clase de procedencia tropical, requiere de temperaturas altas y una humedad relativa, de igual manera elevada. No obstante, el pepino se adecua en climas cálidos y templados y es cultivado a partir de sectores costeros hasta los 1,200 metros respecto al nivel del mar (Guamán, 2015).

El pepino puede ser cultivado en una variedad de suelos fértiles y adecuadamente drenados: comenzando de los suelos arenosos hasta los francos arcillosos, en los arcillosos consigue un mejor progreso adquiriendo un desarrollo adecuado, asimismo, tienen que presentar un pH idóneo entre 5.5 y 6.8 (Rocohano, 2018).

Oidor (2013), indica que su desarrollo cesa con temperaturas más bajas de 14°C y más altas de 40°C. La planta perece cuando la temperatura disminuye a

menos de 1°C, iniciando un marchitamiento total de muy complicado restablecimiento.

2.2.5 *Bacillus subtilis* como protector

Bacillus subtilis es una de las bacterias más analizadas a nivel mundial por su labor antifúngica a causa de la síntesis de metabolitos peptídicos de acción antibiótica. Su labor antagonista se desempeña por su elevada aptitud para colonizar el sector de la rizosfera, su veloz absorción de nutrientes y a la secreción de enzimas digestoras que deterioran y matan por contacto directo a hongos y bacterias (Nieto, 2015).

Están considerablemente repartidas en suelo, aire, agua y están implicadas en modificaciones biológicas y químicas. Se contemplan como fábricas microbianas de moléculas bioactivas provechosas para las industrias de enzimas, antibióticos, artículos bioquímicos de elevada variedad, artículos insecticidas y para la agricultura (Posada, 2017).

2.2.5.1 Acción biocontroladores

La acción biocontroladora que presenta *Bacillus subtilis* se encuentra implicada por la preparación de metabolitos antibióticos ideales que intervienen sobre microorganismos de variada etiología. Los péptidos que genera y que presentan esta acción son modificados y establecen un conjunto no muy heterogéneo entre sí de metabolitos activos que afectan únicamente diversos fitopatógenos (Laytin, et al., 2013).

Generalmente la acción biocontroladora la lleva a cabo través de la productividad de lipopéptidos cíclicos antibióticos (CLPS) entre los cuales se resalta el surfactin y el Iturin A; componentes que han mostrado extensa variedad de acción sobre patógenos de plantas, en los que están clases de *Fusarium*,

Pythium, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Septoria* y *Verticillium* (Cobo, 2017).

2.2.6 *Pythium* sp. En el cultivo de pepino

Esta especie es la responsable de diversas enfermedades como putrefacciones de raíz, tallo y frutos. Asimismo, el agente causante es encargado de provocar secadera y acometida a frutos. En situaciones de elevada humedad, el hongo se enfrenta por debajo del límite del suelo o arriba de la base del mismo. Secuencialmente todo el sistema radicular es presionado, generando que las plantas perezcan.

En los frutos de pepino induce a la podredumbre blanda. Es fundamental advertir que esta podredumbre tiende a llevarse a cabo a lo largo del almacenaje. El contagio en pepino empieza a través de heridas o cuando los frutos entran en contacto con suelo húmedo (Guerrero, 2015).

2.2.6.1 Descripción y clasificación taxonómica

Según Hernández y Plasencia (2013), *Pythium* sp., es un hongo que tiene los oogonios completamente insertados, subglobosos, en algunos casos en cadenas. Dispone de hifas sin tabiques. Asimismo, ubica de anteridios en cifra de 1 a 2 por oogonio, monoclinos o diclinos. Esporangios subglobosos o elipsoides, intercalares o terminades de 12 a 33 µm de diámetro.

Se categoriza taxonómicamente de la siguiente forma:

Reino: Eukaryota

Filo: Heterokontophyta

Clase: Oomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Pythium*

Las cláusulas apropiadas para su desarrollo son los elevados porcentajes de humedad y de igual manera, temperaturas que varía entre 20 y 30°C. En cultivos hidropónicos asimismo intercepta una oxigenación escasa de la solución nutritiva (Rosales, 2013).

2.2.6.2 Síntomas ocasionados por *Pythium*

El microorganismo consigue trocear las raíces ampliamente, partir los bicotómicam y el sistema radicular trascendental. Los frutos que entran en contacto con el suelo húmedo logran infectarse y tener una podredumbre blanda con incidencia de masa de micelios blancos (FAO, 2015).

El *Pythium* influye en las raíces, particularmente las de las plántulas. El desarrollo de las plantas infectadas se atrasa y las plántulas comienzan a descender. En plantas más antiguas, las hojas renunciar a su turgencia o sus puntas amarillean, en particular, en los bulbos florales (Koppert, 2017).

2.2.6.3 Métodos de control

El método de las semillas con empleo de *Trichoderma* tiende a proporcionar resultados esperados. En los invernaderos tiene que efectuarse atenciones especiales a causa de la elevada posibilidad de contaminación entre diversidades. *Pythium* tienen la posibilidad de extenderse por el agua de riego, contenedores o implementos (Universidad de Almería, 2014).

En diversos países cuenta con antagonistas que puedan ocuparse de muchas afecciones específicas del pepino, entre estas bacterias se encuentra al *B. subtilis* que ha mostrado en análisis efectuados en varios cultivos buenos resultados

como controlador biológico principalmente de hongos perjudiciales (Zavaleta, 2013).

El manejo biológico consta en el empleo intencionado de adversarios innatos para controlar las poblaciones de organismos que han conseguido el nivel de plaga o afección. Presentan una elevada continuidad en el entorno, son sumamente virulentas, gran aptitud intrusiva y de generar toxinas (Chavarría, 2016).

2.2.7 *Colletotrichum sp.* En el cultivo de pepino

La antracnosis de las cucurbitáceas se reparte gentilmente en tono del planeta donde es cultivado. Esta anomalía ocasiona importantes pérdidas cuando se siembran clases de pepino. La afección necesita para su avance un componente de humedad relativo de 80%. La cláusula de temperatura más apropiado varía entre 20 y 30°C. (Torales, 2014).

El más importante indicio de la enfermedad se da como lesiones amarillo pálido acuosas en las hojas, que después se vuelven pardas y asimismo consiguen una apariencia aceitosa. En los peciolo y tallos se originan estrías extensas y deprimidas que se transfieren a la desecación de las hojas. En cláusulas de humedad la lesión provocada en el fruto se implica de diminutas pústulas de color rosáceo de aspecto gelatinoso, que se comienzan a constituir a causa de los órganos del hongo (Moya, 2013).

2.2.7.1 Descripción y clasificación taxonómica

La Antracnosis es ocasionado por el agente causante *Colletotrichum*, este patógeno reside en desechos de plantas infectadas y semillas de frutos infectados; las conidias son esparcidas por viento, lluvia, implementos de campo y agricultores. En época lluviosa su desarrollo es veloz (García, 2013).

El agente causante puede darse por dos años sin un anfitrión apropiado. El hongo puede encontrarse en las semillas y frecuentemente esta es el proveedor de inóculo primario. Las esporas penden del agua para la emisión y la infección. Es trascendental lavar con agua los frutos recogidos para que estos estén en buen estado previos a ser empaquetados (Arguello, 2014).

La identificación apoyada en particularidades morfológicas de los hongos *Colletotrichum* es probable en unas cuantas clases con base en el huésped al cual se relacionan, desarrollo micelial, aptitud de esporulación y características peculiares de los conidios, apresorios y esclerocios. Por lo cual es imprescindible efectuar cultivos artificiales del hongo y advertir la germinación de los conidios (Lira, 2015).

2.2.7.2 Síntomas

Los síntomas de la antracnosis se encuentran en las hojas como sectores húmedos y se vuelven manchas marrones algo circulares, obteniendo cerca de 0.65 a 1.3 cm de diámetro. Las hojas de magnitud más pequeña en desarrollo pueden deformarse y la apariencia de manchas marrones rigurosas generan quemazones (Adams, 2013).

Se especifica esta afección a causa del surgimiento sobre hojas y tallos lesiones de color oscuro, hundidas, idóneamente determinadas por una o más aureolas concéntricas, después los sectores afectados como una quemadura (Cuevas, 2013).

Esto es habitual en el follaje y frutos del cultivo. Las lesiones emergen alrededor de las venas y de color marrón claro a rojizo, las hojas se desproporcionan y descienden. En los peciolo y tallos las lesiones son más prolongadas y cremas oscuras. En los frutos se ven daños circulares, hundidas y

acuosas; en los frutos jóvenes presentan manchas negras, lo que ocasiona el malogro del fruto (Almodóvar, 2014)

2.2.7.3 Métodos de control

Los fungicidas no son tan provechosos para el manejo de la antracnosis en los pepinos producidos en sequía en el momento en que se utilizan otras tareas de manejo, tales como el movimiento de cultivos y diversidades resistentes. Los fungicidas tienen que intervenir en los pepinos de finales de las lluvias asimismo del empleo de diversidades resistentes (Zavaleta, 2013).

Para su manejo se requiere la esterilización de la semilla con fungicidas para este propósito. De igual manera, es beneficiosa el aplique precautorio de fungicidas con Maneb cada cinco días. Si los síntomas comienzan a emerger, se puede usar Benomil alterno con el Maneb. Del mismo modo, se puede utilizar Mancozeb (Pérez, 2013).

2.2.8 *Colletotrichum* sp. En el cultivo de pepino

Micelio hialino, no tabicado. Esporangioforos diversificados 27icotómicamente en su tercio superior y en sus bordes se consignan los esporangios de manera individual. Esporangios de color gris violaceo, de apariencia ovalada a elipse, de 20-40 x 14-25 μm , de pared fina y no papilados (Agricultura, 2020).

Este patógeno está extensamente transmitido en el país y genera enormes alteraciones, no solo incidiendo en el sector foliar de la planta sino de igual manera a las yemas terminales y los frutos. Influye solamente en clases de cucurbitáceas, puesto a que son altamente propensos a este patógeno (Hernández y Plasencia, 2013).

2.2.8.1 Descripción y clasificación taxonómica

El mildiu es una de las afecciones foliares con alta relevancia del pepino dentro del país, pues su evolución es propiciada por las cláusulas favorables de humedad que permanecen a lo largo de lapsos extensos. Forma parte de la especie Oomycetes, orden Peronosporales, familia Peronosporaceae, que se especifica por su simplicidad para subsistir en plantas agrestes de la variedad cucurbitácea (Alvarado, 2019).

El mildiu tiende a incidir en plantas hospedantes en todas las fases fenológicas. A pesar de que solamente infecta el follaje, la disminución en la labor fotosintética en fases previas al crecimiento de la planta ocasiona atrofia de plantas y descenso en la rentabilidad. Los síntomas se exponen de forma desigual en los diferentes componentes de la familia cucurbitáceos (Rafart, 2018).

Taxonomía

Reino: Fungi

División: Oomycota

Clase: Oomycetes

Orden: Peronosporales

Familia: Peronosporaceae

Género: *Pseudoperonospora*

Especie: *cubensis*

Fuente: (Cruz, 2017)

2.2.8.2 Síntomas ocasionados

Los signos de la molestia oscilan en función del hospedante y las coyunturas ambientales. Habitualmente, el primer rastro es la manifestación en el anverso de

la hoja de zonas de menor magnitud débiles de color verde pálido, que son similares a las de un mosaico (Monterroso, 2014)

Los síntomas empiezan con manchas en el anverso de las hojas de color verde claro. Después se vuelven amarillentas y posteriormente marrón, notándose casi todas las ocasiones una pelusilla blanca-grisáceo en el reverso, que culminan por secarse absolutamente y descender. Empieza en las hojas y después siguen al tallo y frutos (Junta de Andalucía, 2017).

2.2.8.3 Métodos de control

Para el manejo de esta afección se tiende a efectuar un conjunto de medidas, tanto precautorias como culturales, que impedirán la repercusión del hongo en la medida de lo posible. La ejecución de estas normativas obtiene mayor relevancia en funcionamiento con antecedentes de afección (InfoAgro, 2017).

Bacillus subtilis es un microorganismo que controla el sistema radicular y genera componentes que influyen en los patógenos directos, de igual manera entabla vías metabólicas para mover las defensas naturales de las plantas y adaptar el rendimiento. Ha sido ideado para combatir enfermedades originadas por este hongo (Merino, 2013).

2.3 Marco legal

La presente investigación se apega al Plan Nacional del Buen Vivir en el objetivo 11 **Asegurar la soberanía y de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica**, ajustado a las políticas y lineamientos estratégicos número 11.5 en donde se promueve impulsar la industria química, farmacéutica y alimentaria, a través del uso soberano, estratégico y sustentable de la biodiversidad.

Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria

Principios generales

Artículo 1. Finalidad. – Esta Ley tiene por objeto establecer los mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y objetivo estratégico de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de forma permanente.

El régimen de la soberanía alimentaria se constituye por el conjunto de normas conexas, destinadas a establecer en forma soberana las políticas públicas agroalimentarias para fomentar la producción suficiente y la adecuada conservación, intercambio, transformación, comercialización y consumo de alimentos sanos, nutritivos, preferentemente provenientes de la pequeña, la micro, pequeña y mediana producción campesina, de las organizaciones económicas populares y de la pesca artesanal así como microempresa y artesanía; respetando y protegiendo la agro biodiversidad, los conocimientos y formas de producción tradicionales y ancestrales, bajo los principios de equidad, solidaridad, inclusión, sustentabilidad social y ambiental. El Estado a través de los niveles de gobierno nacional y subnacionales implementará las políticas públicas referentes al régimen de soberanía alimentaria en función del Sistema Nacional de Competencias establecidas en la Constitución de la República y la Ley.

Artículo 3. Deberes del Estado. – Para el ejercicio de la soberanía alimentaria, además de las responsabilidades establecidas en el Art. 281 de la Constitución el Estado, deberá:

- a. Fomentar la producción sostenible y sustentable de alimentos, reorientando el modelo de desarrollo agroalimentario, que en el enfoque multisectorial de esta ley hace referencia a los recursos alimentarios provenientes de la agricultura, actividad pecuaria, pesca, acuacultura y de la recolección de productos de medios ecológicos naturales;
- b. Establecer incentivos a la utilización productiva de la tierra, desincentivos para la falta de aprovechamiento o acaparamiento de tierras productivas y otros mecanismos de redistribución de la tierra;
- c. Impulsar, en el marco de la economía social y solidaria, la asociación de los microempresarios, microempresa o micro, pequeños y medianos productores para su participación en mejores condiciones en el proceso de producción, almacenamiento, transformación, conservación y comercialización de alimentos;
- d. Incentivar el consumo de alimentos sanos, nutritivos de origen agroecológico y orgánico, evitando en lo posible la expansión del monocultivo y la utilización de cultivos agroalimentarios en la producción de biocombustibles, priorizando siempre el consumo alimenticio nacional;
- e. Adoptar políticas fiscales, tributarias, arancelarias y otras que protejan al sector agroalimentario nacional para evitar la dependencia en la provisión alimentaria;
- f. Promover la participación social y la deliberación pública en forma paritaria entre hombres y mujeres en la elaboración de leyes y en la formulación e implementación de políticas relativas a la soberanía alimentaria (Ministerio del Buen Vivir, 2016).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Por el movimiento de las variables independientes, esta investigación fue tipo experimental y se evaluó la aplicación del *Bacillus subtilis* como protector de enfermedades en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*)

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño utilizado fue un diseño completamente al azar compuesto por los 5 tratamientos mencionados en la Tabla 1 evaluado bajo 4 repeticiones.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

- *Bacillus subtilis*.

3.2.1.2. Variable dependiente

3.2.1.2.1 % de incidencia

Se realizó la primera lectura al momento de la germinación de las plantas, hasta el inicio de la cosecha, con frecuencia de lectura de 8 días. Se determinó por medio de la siguiente formula:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\# \text{ de plantas con presencia del fitopatógeno} \times 100}{\# \text{ De plantas totales}}$$

3.2.1.2.2 Altura de la planta

Se midió la altura de las plantas que conformen el área experimental a los 30 y 60 días después del trasplante, desde la base del cuello hasta la parte más alta de la planta, en cada uno de los tratamientos. Esta medida fue expresada en cm.

3.2.1.2.3 Longitud del fruto

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

3.2.1.2.4 Diámetro del fruto

Se midió con el uso de un calibrador los frutos tomados al azar (10) de cada tratamiento.

3.2.1.2.5 Número de frutos/planta

Se contabilizaron el número de frutos comerciales de cada rama, para obtener el número total de frutos por planta.

3.2.1.2.6 Peso del fruto

Se eligieron 10 frutos al azar de cada tratamiento en cada cosecha para obtener el promedio del peso de los mismos.

3.2.1.2.7 Rendimiento kg/ha

Se pesaron todos los frutos de cada planta, desde el primero hasta el último para luego convertirlo en kg/ha.

3.2.1.2.8 Análisis beneficio costo

Fue establecido de acuerdo al rendimiento de los frutos y el costo de los tratamientos en estudio.

3.2.2 Tratamientos

Se estudió cuatro dosis de *Bacillus subtilis*, en comparación con un testigo.

A continuación, se describen los tratamientos:

Tabla 1. Tratamientos en estudio

Nº	Tratamientos	Dosis	Aplicaciones (Días)
1	Bacillus subtilis	0,5 l/ha	0 – 8 – 25
2	Bacillus subtilis	1 l/ha	0 – 8 – 25
3	Bacillus subtilis	1,5 l/ha	0 – 8 – 25
4	Bacillus subtilis	2 l/ha	0 – 8 – 25
5	Testigo	0	Sin aplicación

Zambrano, 2020

3.2.3 Diseño experimental

Para el desarrollo de este estudio, se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) compuesto de cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

Los tratamientos se indican en la tabla 1.

3.2.3.1 Características climáticas

- Se encuentra ubicado a 10 Km de La Troncal
- Está asentada a 55 metros sobre el nivel del mar
- Precipitación: 1.298,3mm
- Humedad relativa: 80%
- Temperatura máxima de 29 °C y mínima de 22 °C

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

La presente investigación se obtuvo con información de Libros, Tesis, Folletos, Revistas, Periódicos, Sitios web, entre otros. Los materiales utilizados fueron: semillas de pepino, bandejas germinadoras, producto biológico (*Bacillus subtilis*), bomba de fumigar, equipo de protección, metro, calibrador, machete, GPS, cámara fotográfica.

3.2.4.2. Métodos y técnicas

La preparación del suelo se realizó mediante la deshierba y limpieza del terreno en forma manual con la ayuda de herramientas como el machete, sierra y pala. Para la siembra se procedió a colocar una semilla por sitio en las bandejas germinadoras, inmediatamente de la siembra se realizó un riego manual con una manguera para humedecer la semilla y favorecer la germinación. Para la germinación de la semilla se realizaron 5 riegos cuidando de mantener el sustrato en capacidad de campo, cuando las plantas tuvieron tres hojas verdaderas se comenzó el trasplante en el área correspondiente. El riego se efectuó por surco, con la ayuda de tubos y bomba, realizando el riego antes del trasplante y luego de acuerdo a las necesidades hídricas. Se estableció el tutorial poniendo estacas de 2.5m de alto y separadas a 2.5m, en las que se colocó alambre; y separado entre filas a 0.80m de separación. El tutorado se realizó con una cinta plástica; con la cual se guio a la planta hasta el alambre, evitando así que la planta se recueste en el suelo. La fertilización se realizó de acuerdo a las necesidades del cultivo. Se lo realizó utilizando *Bacillus subtilis*, de acuerdo a las dosis de los tratamientos. Se realizó 3 deshierbas en forma manual a un intervalo de 21 días, con el uso de un machete. La cosecha y recolección de los frutos se los realizó aproximadamente a partir del día 60 después de la siembra luego cada 4 días en forma manual.

3.2.5 Análisis estadístico

Los datos fueron evaluados estadísticamente mediante el análisis de varianza, esquema que se detalla en la tabla 2. Los promedios fueron comparados mediante la prueba de Tukey, al 5% de probabilidad.

Tabla 2. Esquema de Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos (T-1)	4
Repeticiones (R – 1)	3
Error experimental	12
Total	19

Zambrano, 2020

4. Resultados

4.1 % de incidencia

En la figura 1 se observan los promedios obtenidos del % de incidencia del patógeno, donde la variable se presenta diferencia significativa entre los tratamientos de estudio. Se observan en los resultados del % de incidencia que el T4 tuvo un menor porcentaje, seguido del T2 y T3. El T5 (testigo) obtuvo una mayor % de incidencia de patógenos comparados con los demás tratamientos. La aplicación de *Bacillus subtilis* influyó sobre los tratamientos en el % de incidencia.

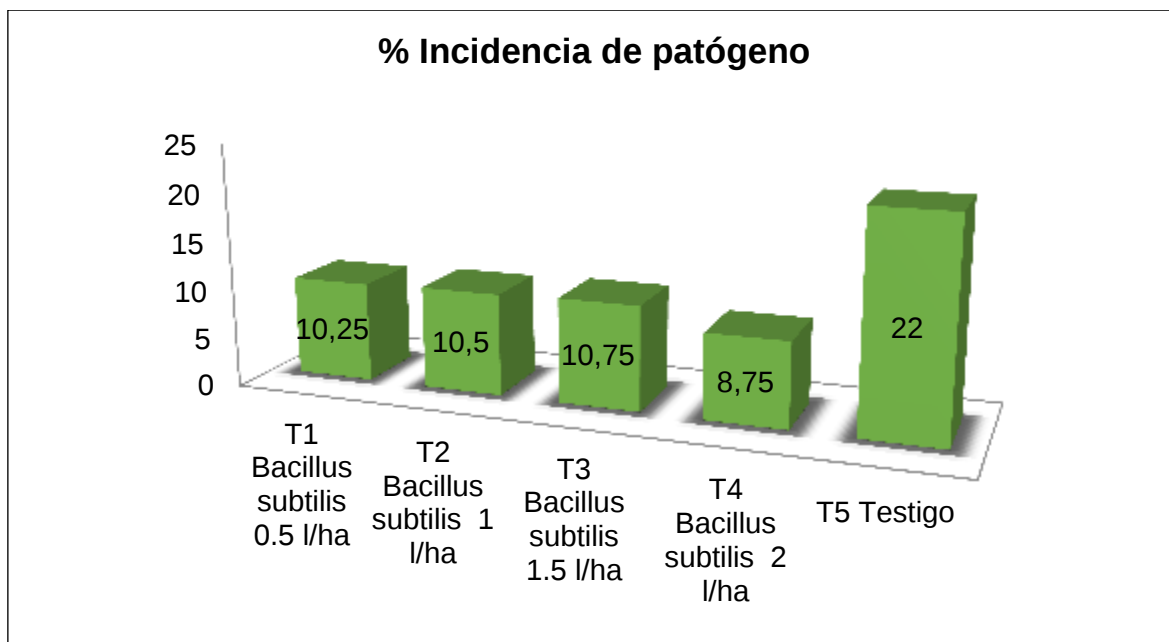


Figura 1. Porcentaje de incidencia del patógeno
Zambrano, 2021

4.2 Altura de la planta

En la tabla 3 se presentan los promedios de altura de planta, observando que existe efecto significativo de tratamiento en los diferentes momentos de evaluación. La altura a los 30 días se aprecia que el T4 obtuvo mayor promedio (45,5 cm), diferenciándose estadísticamente con el resto de los tratamientos. En segundo lugar, tenemos al T2 y T3 con (43,5 cm). Analizando la toma de altura final a los 60 días se puede apreciar que el T4 (*Bacillus subtilis* 2 l/ha) desarrollo la mayor altura (80,2 cm), y el T5 (testigo) obtuvo la menor altura (71,7 cm). Presentando un coeficiente de variación del 2,88%.

Tabla 3. Promedio de altura de planta (cm)

Tratamientos	Promedio	
	30 días	60 días
T1 <i>Bacillus subtilis</i> 0.5 l/ha	42,0 c	74,2 bc
T2 <i>Bacillus subtilis</i> 1 l/ha	43,5 b	76,5 abc
T3 <i>Bacillus subtilis</i> 1.5 l/ha	43,5 b	76,7 ab
T4 <i>Bacillus subtilis</i> 2 l/ha	45,5 a	80,2 a
T5 Testigo	38,7 d	71,7 c
CV	0,74	2,88

Zambrano, 2021

En la figura 2 se la diferencia que existió en las dos evaluaciones realizadas, siendo el T4 el tratamiento con mayor altura. .

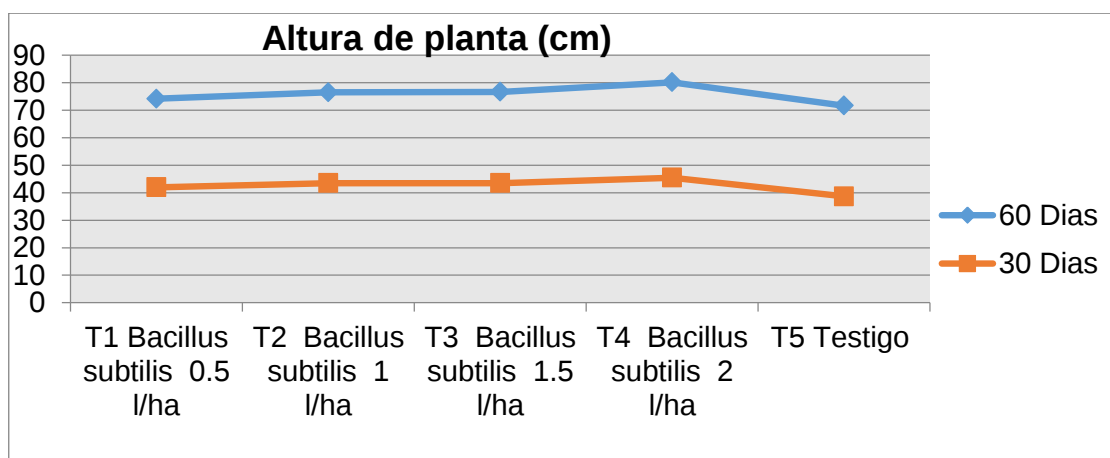


Figura 2. Gráfico de altura de planta (cm)

Zambrano, 2021

4.3 Longitud del fruto

En la tabla 4 se observan los promedios obtenidos de longitud del pepino. El análisis de varianza muestra que no existe diferencia estadística para los tratamientos. Sin embargo, el promedio más alto que se registró fue del T4 con 18,55 cm, seguido por el tratamiento 3 con 17,68 cm de longitud. La figura 3 manifiesta que el tratamiento más bajo fue dado por el Testigo con promedio 16,35 cm. Se presentó un coeficiente de variación del 5,94%.

Tabla 4. Promedio de longitud del fruto (cm)

Tratamientos	Promedio
T1 <i>Bacillus subtilis</i> 0.5 l/ha	16,93 a
T2 <i>Bacillus subtilis</i> 1 l/ha	17,42 a
T3 <i>Bacillus subtilis</i> 1.5 l/ha	17,68 a
T4 <i>Bacillus subtilis</i> 2 l/ha	18,55 a
T5 Testigo	16,35 a
CV	5,94

Zambrano, 2021

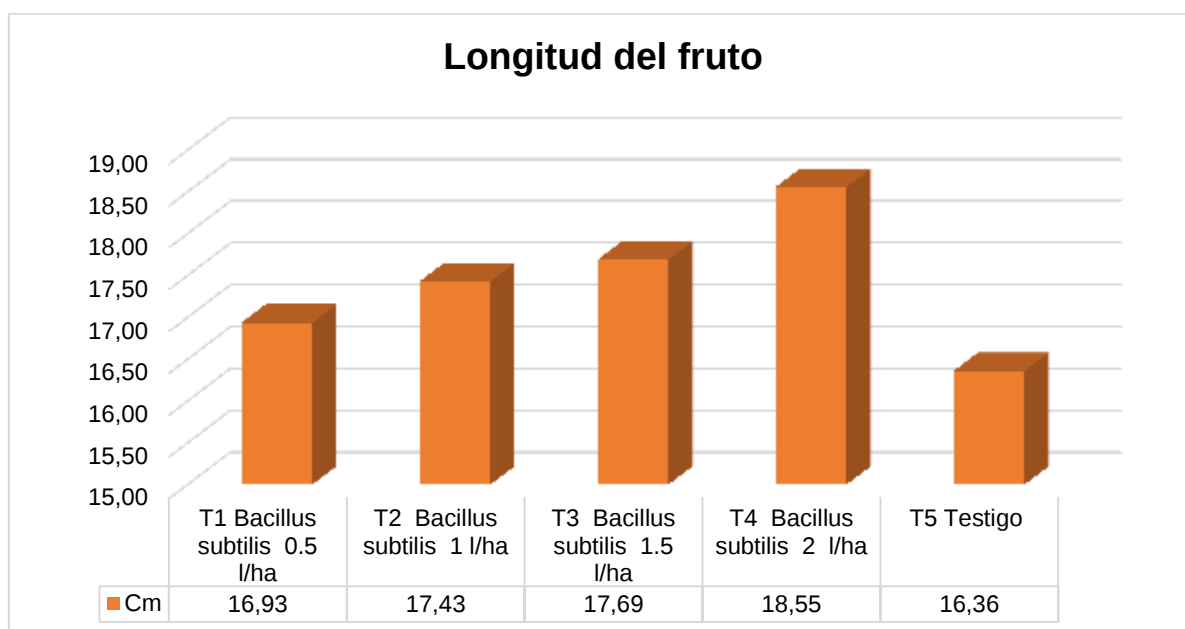


Figura 3. Longitud de pepino (cm)

Zambrano, 2021

4.4 Diámetro del fruto

En la tabla 5 se observan los promedios obtenidos de diámetro del fruto por tratamientos. El análisis de varianza muestra que existe diferencia estadística para los tratamientos. El promedio más alto que se registró fue del T4 con 7,74 cm, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos, seguido del T3 con 6,58 cm. En la figura 4 se observa la diferencia de promedios por tratamientos, siendo el T5 (testigo) el promedio más bajo 4,95 cm. Se presentó un coeficiente de variación del 0,99%.

Tabla 5. Promedio de diámetro del fruto (cm)

Tratamientos	Promedio
T1 <i>Bacillus subtilis</i> 0.5 l/ha	5,32 d
T2 <i>Bacillus subtilis</i> 1 l/ha	6,16 c
T3 <i>Bacillus subtilis</i> 1.5 l/ha	6,58 b
T4 <i>Bacillus subtilis</i> 2 l/ha	7,74 a
T5 Testigo	4,95 e
CV	0,99

Zambrano, 2021

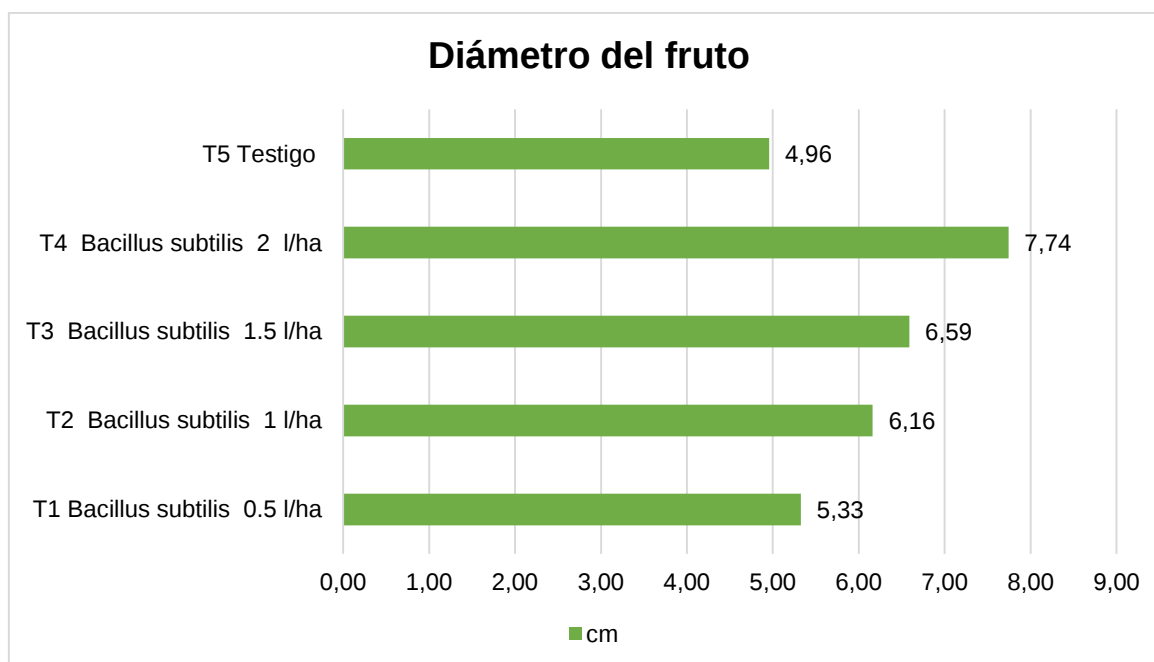


Figura 4. Diámetro del fruto de pepino
Zambrano, 2021

4.5 Número de frutos por planta

En la tabla 6 se observan los promedios obtenidos del número de frutos por planta de cada unidad experimental. El análisis de varianza muestra que existe diferencia estadística para los tratamientos. El promedio más alto que se registró fue del T4 con 14 frutos/planta, mientras el tratamiento 3 obtuvo 13 frutos por planta, seguido por el tratamiento 2 con 12 frutos. Los tratamientos 1 y 5 obtuvieron 11 frutos. Se presentó un coeficiente de variación del 8,97%.

Tabla 6. Promedio del número de frutos por planta

Tratamientos	Promedio
T1 <i>Bacillus subtilis</i> 0.5 l/ha	11 b
T2 <i>Bacillus subtilis</i> 1 l/ha	12 ab
T3 <i>Bacillus subtilis</i> 1.5 l/ha	13 ab
T4 <i>Bacillus subtilis</i> 2 l/ha	14 a
T5 Testigo	11 b
CV	8,97

Zambrano, 2021

La figura 5 muestra la diferencia de los promedios, siendo el tratamiento T4 *Bacillus subtilis* 1,5 l/ha el promedio más alto.

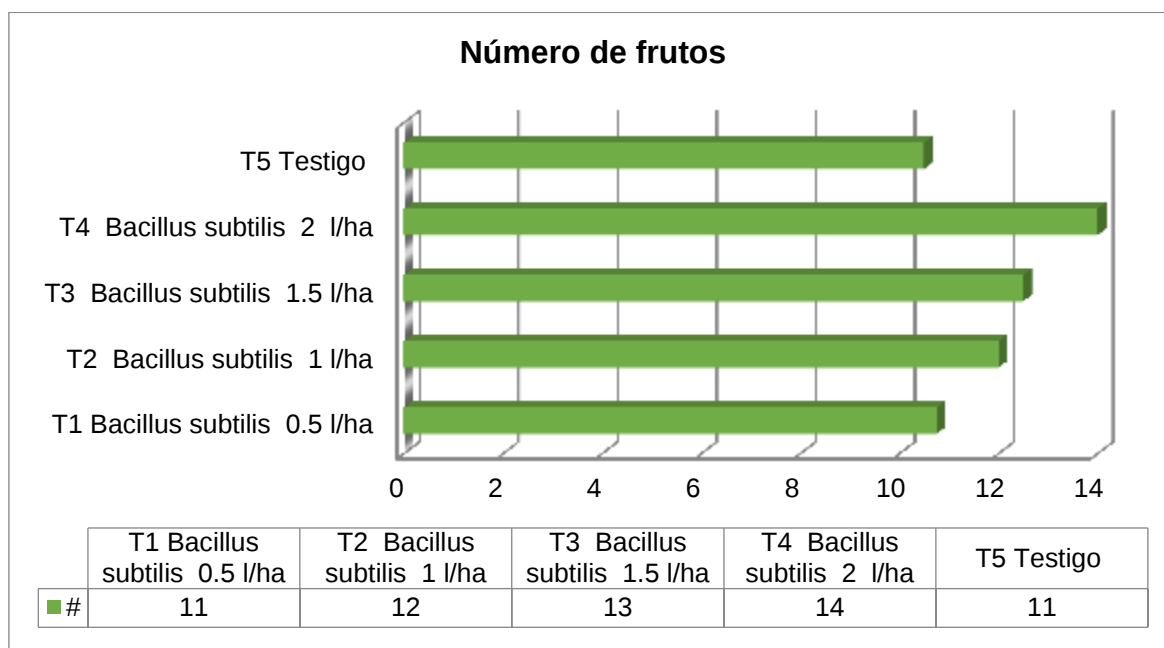


Figura 5. Número de frutos de pepino
Zambrano, 2021

4.6 Peso del fruto

En la tabla 7 se observan los promedios obtenidos de peso del fruto de cada unidad experimental. Se muestra que existe diferencia estadística para los tratamientos. El promedio más alto fue del Tratamiento 4 (*Bacillus subtilis* 2 l/ha) con 250,5 g, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos, seguido del Tratamiento 2 con 245,5 g. Mientras que el promedio más bajo lo obtuvo el T5 (testigo) con 236,7 g, inferior a los demás tratamientos.

Tabla 7. Promedio de peso del fruto (g)

Tratamientos	Promedio
T1 <i>Bacillus subtilis</i> 0.5 l/ha	244,5 c
T2 <i>Bacillus subtilis</i> 1 l/ha	245,5 b
T3 <i>Bacillus subtilis</i> 1.5 l/ha	242,5 d
T4 <i>Bacillus subtilis</i> 2 l/ha	250,5 a
T5 Testigo	236,7 e
CV	0,09

Zambrano, 2021

En la figura 4 se observan los promedios obtenidos de peso del fruto, donde la variable presenta diferencia significativa entre los tratamientos de estudio.

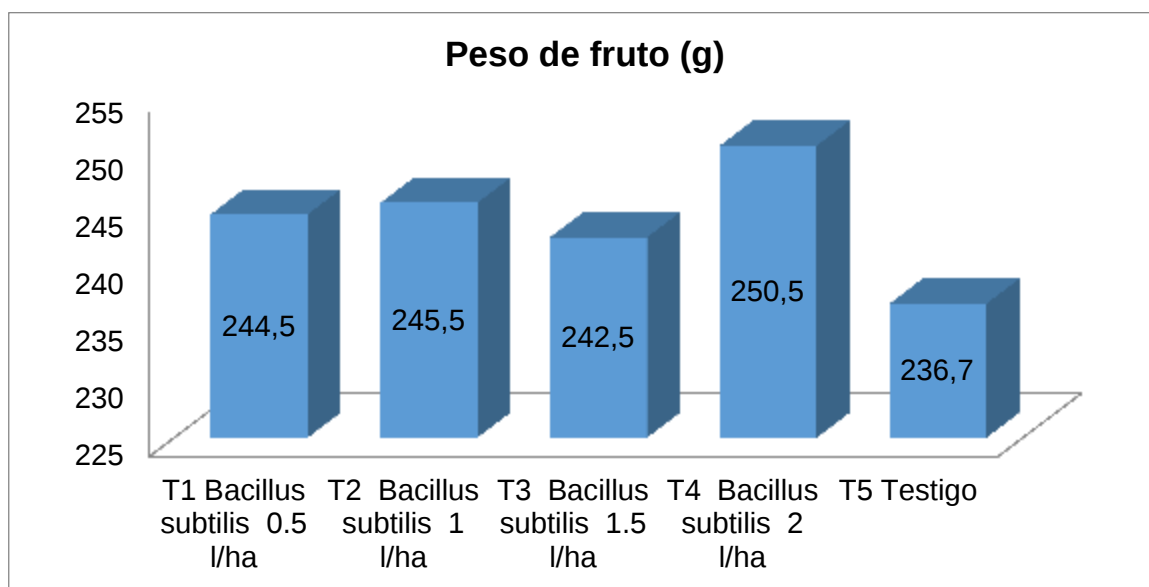


Figura 6. Gráfico de peso del fruto (g)
Zambrano, 2021

4.7 Rendimiento kg/ha

En la tabla 8 se presenta los resultados de análisis de varianza a la variable rendimiento kg/ha, Se observa que el tratamiento de mayor rendimiento fue el Tratamiento 4 (*Bacillus subtilis* 2 l/ha) (33565,1 kg/ha), con diferencias significativas de los demás tratamientos, seguido del T2 (*Bacillus subtilis* 1 l/ha), con 31601,0 kg/ha y el tratamiento de menor rendimiento fue el T5 (testigo) con 24711,2 kg/ha.

Tabla 8. Promedio del rendimiento kg/ha

Tratamientos	Promedio
T1 <i>Bacillus subtilis</i> 0.5 l/ha	31495,2 b
T2 <i>Bacillus subtilis</i> 1 l/ha	31601,0 b
T3 <i>Bacillus subtilis</i> 1.5 l/ha	31592,2 b
T4 <i>Bacillus subtilis</i> 2 l/ha	33565,1 a
T5 Testigo	24711,2 c
CV	0,29

Zambrano, 2021

En la figura 5 se observan los promedios obtenidos del rendimiento del cultivo, donde la variable presenta diferencia significativa entre los tratamientos de estudio, siendo el tratamiento 4 el mayor promedio.

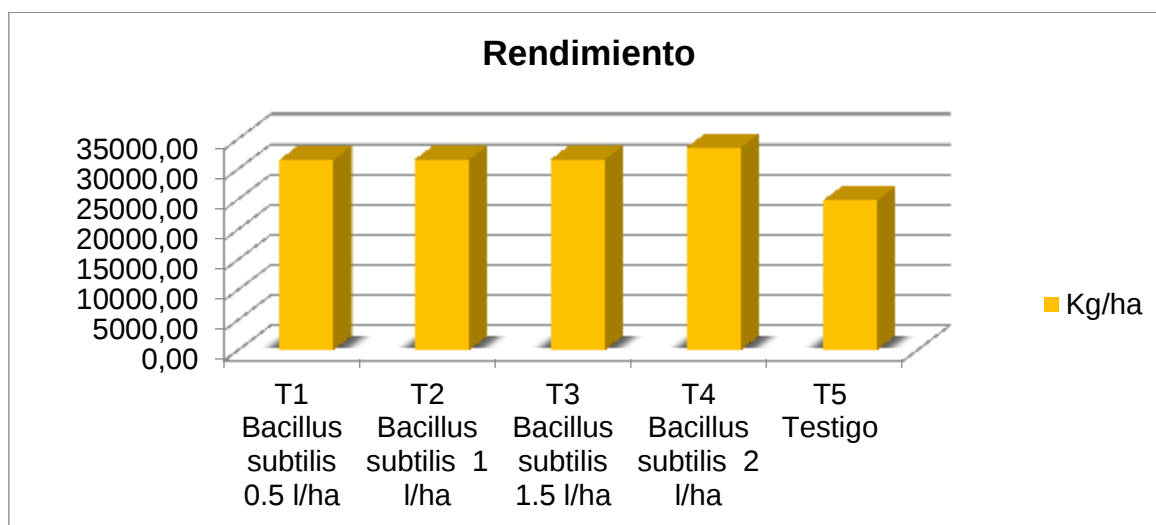


Figura 7. Rendimiento del cultivo de pepino
Zambrano, 2021

4.8 Análisis beneficio costo

En la Tabla 9 se detalla el análisis beneficio – costo de cada tratamiento en estudio. Donde la variable se ejecutó al final del ensayo, con los gastos de cada tratamiento. Del rendimiento kg/ha fue ajustado al 10% para ser calculada la producción obtenida por cada tratamiento. El valor más alto del beneficio costo se obtuvo del T4 (*Bacillus subtilis* 2 l/ha) con \$1,11 en el presente proyecto experimental, dando a entender que por cada dólar invertido se recibe \$0,11, es decir, no se justifica la inversión. Mientras que el T5 produjo \$0,70.

Tabla 9. Cálculo del indicador beneficio-costo

COMPONENTES	T1: <i>Bacillus subtilis</i> 0.5 l/ha	T2: <i>Bacillus subtilis</i> 1 l/ha	T3: <i>Bacillus subtilis</i> 1.5 l/ha	T4: <i>Bacillus subtilis</i> 2 l/ha	T5: Testigo
Rendimiento kg/ha	31495,20	31601,00	31592,20	33565,10	24711,20
Rendimiento 10%	28345,68	28440,9	284232,98	30208,59	22240,08
Rendimiento	1417,28	1422,05	1421,00	1510,00	1122,00
Costo fijo (\$)	1650	1650	1650	1650	1650
Costo Variable (\$)	35	70	105	140	0
Costo Total	1685	1720	1755	1790	1650
Ingreso Bruto (\$)	3543,2	3555,125	3552,5	3775	2805
Beneficio Neto (\$)	1858,2	1835,125	1797,5	1985	1155
Relación BENEFICIO/COSTO	1,10	1,07	1,02	1,11	0,70

Zambrano, 2021

5. Discusión

De acuerdo al primer objetivo planteado se describió el comportamiento agronómico del cultivo en relación a la aplicación del *Bacillus subtilis*, en cada tratamiento de estudio, esta investigación mostró los resultados estadísticamente altos en el tratamiento 4 (*Bacillus subtilis* 2 l/ha) el cual en altura de planta en la última evaluación expresó 80,2 cm diferenciándose de los otros tratamientos, además presentó más número de frutos por planta que los demás tratamientos corroborando con Vega (2018), quien en su trabajo de investigación reporta valores similares en número de frutos por planta y menciona que *Bacillus subtilis* controla eficientemente la incidencia de enfermedades.

En cuanto al diámetro del fruto, los datos de esta investigación mostraron que el promedio más alto fue de 7,74 cm perteneciente al tratamiento 4 y su longitud también superó estadísticamente a los demás tratamientos con 18,55 cm, lo que concuerda con Alvarado (2015) quien menciona que el uso de *Bacillus subtilis*, no solamente es usado como controlador biológico sino que aumenta el crecimiento de las plantas, rendimiento e incorporación de nutrientes equivalente estadísticamente al control con el 100% de los fertilizantes. Sumado a ello se conoce que las cepas del género *Bacillus* tienen como ventaja la formación de endosporas que le permite gran estabilidad como biofertilizantes que incrementa tamaño del tallos, abundante área foliar, frutos más robustos y biomasa de la raíz, realizando un manejo agronómico adecuado a los cultivos.

El segundo objetivo identificó que tratamiento es más eficaz para el control de enfermedades en el cultivo de pepino. Los resultados del % de incidencia del patógeno demostraron que el tratamiento 4 (*Bacillus subtilis* 2 l/ha) obtuvo la menor incidencia de enfermedades en el cultivo, además se obtuvo un mejor

rendimiento en el tratamiento 4 con un valor de (33565,1 kg/ha) diferenciándose de los demás tratamientos, así mismo, la producción por tratamiento fue 1510,00 kg confirmando que el antagonista presentó beneficios para la investigación, coincidiendo con Cruz (2017), quien menciona que el tratamiento con *Bacillus subtilis* obtuvo valores de severidad y la tasa de incremento de enfermedades más bajos que en las parcelas tratadas con otros biocontroladores.

De acuerdo al tercer objetivo se calculó la relación beneficio-costos de cada uno de los tratamientos en estudio, el mejor resultado de relación beneficio costo la presentó el T4 (*Bacillus subtilis* 2 l/ha) con un valor de \$1,11 dando a entender que por cada dólar invertido el agricultor recibe \$0,11. Sin embargo, los demás tratamientos obtuvieron valores entre \$1.10 y 0,70 indicando que no justifica la inversión. Megaña (2015), comparte que la aplicación antagónica disminuye el uso de productos químicos en la agricultura y la protección del ambiente, también promoverá el abaratamiento de productos, mejorando la economía del agricultor.

6. Conclusiones

Sobre la base al análisis e interpretación estadística de los resultados, se concluye lo siguiente:

El tratamiento 4 comprendido por *Bacillus subtilis* con dosis de 2 l/ha, obtuvo excelentes resultados en cuanto al comportamiento agronómico del cultivo, con las variables (altura de planta, diámetro y longitud de fruto, numero de frutos por planta, peso del fruto); diferenciándose de los demás tratamientos.

El uso de *Bacillus subtilis* disminuye la incidencia de patógenos en el cultivo de pepino, obteniendo efectos positivos en los tratamientos evaluados bajo el biocontrolador.

La dosis adecuada para reducir la presencia de fitopatógenos, de acuerdo al ensayo realzado fue 2 l/ha, además aumentó el rendimiento de pepino a 1510.43 kg.

El valor económico del tratamiento 4 (*Bacillus subtilis*) con dosis de 2 l/ha, tuvo un valor de \$1,11, es decir que por cada dólar invertido se recibe \$0,11 lo cual no justifica la inversión.

7. Recomendaciones

Sobre la base a los resultados de esta investigación, se recomienda:

Promover investigaciones acerca del empleo *Bacillus subtilis* en combinación con otros antagonistas, con el objetivo de mejorar la respuesta agronómica del cultivo de pepino.

Comprobar la eficacia de los tratamientos mediante aplicaciones de *Bacillus subtilis* en distintas dosis, para obtener resultados favorables en el control fitopatológico en menos tiempo.

Estimular a los agricultores el uso de antagonistas, debido a su eficacia en el control de las enfermedades y reducir los daños al medio ambiente, promoviendo una agricultura amigable.

8. Bibliografía

- Adams, M. (2013). Antracnosis en las cucurbitáceas: Pepino, sandía y melón. Agricultural Research Specialist: Entomology and Plant Pathology.
- Agricultura. (2020). *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & Curt.) Rost. Mildiu de las cucurbitáceas, melón y pepino. Obtenido de <https://www.agroes.es/agricultura/control-de-plagas-enfermedades/plagas-y-enfermedades/1698-pseudoperonospora-cubensis-mildiu-de-las-cucurbitaceas-melon-y-pepino>
- AGROES. (2014). Mildiu de las cucurbitáceas - *Pseudoperonospora cubensis*. Obtenido de <http://www.agroes.es/agricultura/control-de-plagas-enfermedades/plagas-y-enfermedades/1091-mildiu-de-las-cucurbitaceas>
- Aguirre, V. W. (2014). Evaluación de las podas en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). Universidad Técnica de Machala.
- Álava, A. (2017). Comportamiento agronómico de tres híbridos de pepino (*Cucumis sativus*) con diferentes sistemas de tutorados en la época seca en la zona de Mocache. Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3279/1/T-UTEQ-0113.pdf>
- Almodóvar, W. (2014). Clínica al Día: Enfermedades de las cucurbitáceas. Honduras: FHIA - Informe Semestral de Agricultura Sustentable.
- Alvarado, A. (2019). Efecto de *Trichoderma harzianum* en el control de mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*) en pepino. Agronomía Costarricense, 43(1), 4. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242019000100101

- Alvarado, Y. (2015). Efecto de *Bacillus spp.* sobre el crecimiento y rendimiento agrícola. *Biotecnología Vegetal*, 15(2), 115 - 122. Obtenido de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/download/18/16>
- Amuy, M. (2017). Análisis de Riesgo de Plagas de semillas de tomate riñón (*Solanum lycopersicum L.*) y de pepinillo (*Cucumis sativus L.*) originarias de Vietnam. Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Andagoya, C. (2019). Respuesta agronómica del cultivo de pepino (*Cucumis sativus L*) a la aplicación de quitosano, hongos micorrízicos arbusculares y ácidos húmicos bajo condiciones protegidas. Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3833/1/T-UTEQ-0181.pdf>
- Arguello, H. (2014). Manual MIP en Cucúrbitas. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central (*PROMIPAC-Zamorano-COSUDE*). El Zamorano, Honduras: Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana.
- Barnet, D. (2014). Enfermedades de las cucurbitáceas: Observar, identificar y luchar. Madrid - España: Mundi - Prensa.
- Becerra, J. (2014). Evaluación del Crecimiento Vegetativo y Rendimiento del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus L.*) Bajo Acolchado con Películas Fotodegradables. Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Briones, W., & Cedeño, A. (2013). Determinación de un coeficiente de cultivo (Kc) para pepino (*Cucumis sativus L*) relacionando estimaciones alométricas del área foliar y contenido de agua del suelo, en el valle Carrizal-Chone de la Provincia de Manabí. Portoviejo, Ecuador: Universidad Técnica de Manabí.

- Campos, J. (2013). Antracnosis en hojas y frutos- Pepinos y melones. Machala: Universidad Técnica de Machala - Informe semestral de Investigación Agrícola.
- Castellanos, J. (2013). Estudios relacionados con el uso de *Bacillus subtilis* en el control de hongos fitopatógenos . Rev. Agrotecnia de Cuba.
- Cedeño, J. (2015). Evualuacion agronomica de dos hibridos de pepino (*Cucumis sativus L*) en tres distancias de siembras. Teiss de grado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Chavarría, M. (2016). Control Biológico. Costa Rica: CIA. Obtenido de <http://www.cia.ucr.ac.cr/wp-content/controlbiologico/Control%20Biol%C3%B3gico.pdf>
- Chavez, M. N. (2013). Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico del nemátodo barrenador *Radopholus similis (Cobb) thorn*. Costa Rica: Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación. Esvuela de Posgrado Universidad de Turrialba.
- Cobo, C. (2017). Evaluación de medios de cultivo líquidos para la multiplicación de la bacteria *Bacillus subtilis*. Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito, Quito. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6598/1/131031.pdf>
- Collaguazo, L. (2018). Elaboración de biopreparados a base de *Bacillus sp.* para controlar *Alternaria spp.* en el cultivo de *Brassica oleracea*. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15116/1/UPS-QT05244.pdf>

- Corozo, S. (2014). Fertilización química en la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en Esmeraldas. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Coveña, C. L. (2015). Evaluación de tres híbridos de pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos poblaciones de siembra bajo el sistema de hidroponía. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Cruz, J. (2017). Progreso temporal del mildiú veloso [*Pseudoperonospora cubensis* (Berkeley & MA Curtis) Rostovzev] en pepino (*Cucumis sativus* L.) manejado con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia. Tesis de grado. Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/3561/1/tnh20c957.pdf>
- Cruz, J. (2017). Progreso temporal del mildiú veloso [*Pseudoperonospora cubensis* (Berkeley & MA Curtis) Rostovzev] en pepino (*Cucumis sativus* L.) manejado con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Cuevas, A. (2013). El cultivo de pepino y sus generalidades. Lima: Universidad Agraria La Molina. Tesis de Grado .
- Dong, Y., Zhang, X., Xu, J., & Zhang, L. (2013). Insecticidal *Bacillus thuringiensis* silences *Erwinia carotovora* virulence by a new fomr of microbial antagonism, signal interference. Appl. Environ. Microbiol.
- Durán, F. (2013). Cultivos rentables de clima cálido. Colombia: Primera edición. Grupo Latino.
- ECURED. (2014). Mildiu veloso. Obtenido de https://www.ecured.cu/Mildiu_veloso

- FAO. (15 de Mayo de 2015). Tecnologías y practicas para pequeños productores agrícolas. Obtenido de Manejo e identificación de enfermedades que afectan las raíces en el cultivo de frijol.: <http://teca.fao.org/es/read/8389>
- Fuentes, R. L., & Caballero, M. J. (2013). Bacterial biofertilizers. *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*.
- Fundación Hogates Juveniles Campesinos. (2013). *MANUAL AGROPECUARIO, BIBLIOTECA del campo. Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente*. Colombia: Fundación Hogates Juveniles Campesinos.
- Gallegos, M. G., Cepeda, M. S., Hernández, C. F., Acosta, Z. A., Velásquez, V. R., González, G. E., & Sánchez, Y. J. (2013). Microorganismos benéficos asociados a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en guayabo (*Psidium guajava* L.) del Calvillo, Aguascalientes. *Rev. mex. fitopatol vol. 27 N°2*.
- García, G. (2013). La antracnosis de las cucurbitáceas. Bogotá: UNIAGRARIA - Universidad Nacional Agraria de Colombia.
- Gómez, V. J. (2013). Enfermedades causadas por hongos del suelo en los cultivos hidropónicos . *MAPAMA* .
- Guamán, R. (2015). Evaluación agronómica de dos híbridos de pepino (*Cucumis sativus* L) en tres distancias de siembra. Tesis de grado, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Guayaquil.
- Guerrero, R. J. (2015). Control de *Pythium* en pepinos de invernadero.
- Hernández, S. C., & Plasencia, M. J. (2013). Biocontrol del mal del semillero, enfermedades causadas por los hongos *Pythium* sp. y *Phytophthora* sp. en tomate de árbol (*Solanum betaceum*) empleando hongos antagonistas del

genero *Trichoderma* sp. a nivel de semilleros. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Sede Cuenca.

InfoAgro. (2017). Mildiu en cucurbitáceas: *Pseudoperonospora cubensis*.
Obtenido de
https://www.infoagro.com/documentos/mildiu_cucurbitaceas___i_pseudoperonospora_cubensis___i_.asp

INFOJARDIN. (2013). Principales enfermedades del pepino en Ecuador. Obtenido de
http://articulos.infojardin.com/PLAGAS_Y_ENF/Enfermedades/antracnosis.htm

Junta de Andalucía. (2017). Mildiu de la cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis*). Obtenido de
https://www.juntadeandalucia.es/agriculturapescaydesarrollorural/raif/novedades/-/asset_publisher/4rpcT3lrh8uL/content/mildiu-de-la-cucurbitaceas-em-pseudoperonospora-cubensis-em-en-pepino-bajo-abrigo-en-granada-?inheritRedirect=false

Koppert. (2017). *Pythium* spp. Obtenido de <https://www.koppert.es/retos/control-de-las-enfermedades/pythium-spp/>

Laytin, C., Maldonado, E., Monroy, L., Corrales, L. C., & Sánchez, L. C. (2011). *Bacillus* spp.; perspectiva de su efecto biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos. Bogotá, D.C.: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Leiva, D. (2018). Eficacia de biofungicidas frente a la caída de plántula de pepino, inducida por *Pythium aphanidermatum*. Agroproducción Sustentable, 2(1),

3. Obtenido de
<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/387>
- Lira, C. (2015). *Colletotrichum*: características, taxonomía, morfología. Obtenido de
<https://www.lifeder.com/colletotrichum/#:~:text=Colletotrichum%20es%20un%20g%C3%A9nero%20de,las%20especies%20de%20plantas%20cultivadas>.
 as.
- Lisboa, M. M. (2013). Efectividad de *Bacillus subtilis* y de una cepa nativa de *Trochoderma harzianum* sobre la incidencia y severidad de pudrición gris (*Botrytis cinerea*) en *vid vinífera*. Talca, Chile: Universidad de Talca.
- Mari, M. N., & Bertolini, P. (2013). Novel approaches to prevent and control postharvest diseases of fruit. *Stewart Postharvest Review*.
- Megaña, M. (2015). Comparte que la aplicación antagónica disminuye el uso de productos químicos en la agricultura y la protección del ambiente, también promoverá el abaratamiento de productos, mejorando la economía del agricultor. Tesis de grado. Obtenido de
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22298/Tesis%20Michelle%20Mar%C3%ADa%20Maga%C3%B1a%20S%C3%A1nchez.pdf>
- Mena, J. (2014). Control biológico de enfermedades mediante el tratamiento de semillas de cucurbitáceas con rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (pgpr). *Revista Agrisost*, 20(1), 4-5. Obtenido de
 10.13140/RG.2.1.1120.8401
- Merino, T. (2013). Control alternativo de enfermedades en cucurbitáceas. Colombia: UNIAGRARIA - Tesis de Grado.

- Ministerio del Buen Vivir. (2016). *buenvivir.ec*. Obtenido de <http://plan.senplades.gob.ec/web/guest/inicio>
- Mirtales, H. (2014). Principales controladores de enfermedades. Lima: Universidad Agraria La Molina.
- Molina, G. (2014). Enfermedades causadas por hongos en pepino. Machala: El Productor.
- Monterroso, G. (2014). Inventario de los problemas fitosanitarios de los principales cultivos de Guatemala. CATIE: Proyecto Regional de Manejo Integrado de Plagas.
- Moya, H. (2013). Manejo fitosanitario para el cultivo de hortalizas. Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario - ICA.
- Nieto, P. (2015). Uso de *Bacillus subtilis* como biofungicida en agricultura y jardinería. Obtenido de https://controlbio.es/es/blog/c/76_uso-de-bacillus-subtilis-como-biofungicida-en-agricultura-y-jardineria.html#:~:text=Bacillus%20subtilis%20es%20una%20bacteria,amplio%20espectro%20de%20agentes%20pat%C3%B3genos.
- Oidor, J. (2013). Determinación de compuestos bioactivos en la planta *C. sativus* L (pepino) evaluando diferentes tipos de fertilización en vivero. Tesis de grado, Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- Pedraza, L. (2019). Mecanismos de acción de *Bacillus spp.* (*Bacillaceae*) contra microorganismos fitopatógenos durante su interacción con plantas. *acta biológica colombiana*, 25(1), 3-6.
- Pérez, B. (2013). Alternativas de control de la antracnosis en cucurbitáceas. Ambato: MAG -Ecuador.

- Posada, L. (2017). Promoción de crecimiento vegetal de *Bacillus subtilis* EA-CB0575, colonización rizosférica y potencial genómico y bioquímico. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia , Colombia. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/57419/1/43979285.2017.pdf>
- Pozo, C. (2015). El Manejo Fisionutricional de los Cultivos. Obtenido de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-manejo-fisionutricional-de-los-cultivos>
- Rafart, E. (2018). Mildiu de las cucurbitáceas. Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, 5(2), 3. Obtenido de <http://revistafcaunlz.gramaweb.com.ar/wp-content/uploads/2018/06/Rafart-et-al.pdf>
- Rocohano, H. (2018). Efecto de dosis de creolina en el control de insectos plagas en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en Manglaralto, Provincia de Santa Elena. Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4395/1/UPSE-TIA-2018-0006.pdf>
- Rodríguez, D., & Alviar, C. (2013). Cultivo ecológico de hortalizas. Bogotá, Colombia: Lexus editores.
- Rosales, B. L. (2013). Control de *Pythium* sp. en el cultivo hidropónico.
- Sharma, R., Singh, D., & Singh, R. (2013). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists. *Biological Control*.
- Soza, F. (2014). Métodos alternativos de control de mildiu. México: Manual de Sanidad Vegetal.

- Tejera, H. B., Rojas, B. M., & Heydrich, P. M. (2014). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos patógenos. La Habana, Cuba: Universidad de la Habana.
- Torales, H. (2014). Red de Alerta e Información Fitosanitaria. Andalucía: Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera.
- Tovar, C. J. (2013). Evaluación de la capacidad antagonista "*in vivo*" de aislamientos de *Trichoderma spp* frente al hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani*. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Universidad de Almería. (2014). *Orden pythiales - Familia pythiaceae*. Obtenido de Pythium.: <http://www.ual.es/GruposInv/myco-ual/pythial.htm>
- Vega, J. (2018). *Efecto de un bioinoculante y fertilizante sobre el rendimiento de pepino; asunción mita, jutiapa*. Tesis de grado. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/03/Vega-Julio.pdf>
- Villavicencio, A., & Vásquez, W. (2018). Guía técnica de cultivos. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. MANUAL N° 73.
- Wulff, E., Mguni, C., Mansfeld-Giese, K., Fels, J., Lubeck, M., & Hockenhull, J. (2013). Biochemical and molecular characterization of *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis* and *B. pumilis* isolates with distinct antagonistic potential against *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*. *Plant Pathology*.
- Zambrano, H. (2016). Comportamiento agronómico de cuatro híbridos de pepino (*Cucumis sativus L*) bajo las condiciones edafoclimáticas del campus

politécnico de la ESPAM. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta.

Zavaleta, M. E. (2013). Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. *Chapingo*.

9. Anexos

T1	T2	T3	T4	T5
T4	T5	T1	T2	T3
T2	T3	T4	T5	T1
T5	T1	T2	T3	T4

Figura 8. Croquis del ensayo
Zambrano, 2021

Tabla 10. Datos del % de incidencia del patógeno

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1 Bacillus subtilis 0.5 l/ha	10	10	11	10	10,25
T2 Bacillus subtilis 1 l/ha	10	11	10	11	10,50
T3 Bacillus subtilis 1.5 l/ha	10	11	11	11	10,75
T4 Bacillus subtilis 2 l/ha	9	10	7	9	8,75
T5 Testigo	20	22	21	25	22,00

Zambrano, 2021

Tabla 11. Datos de altura de planta a los 30 días (cm)

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1 Bacillus subtilis 0.5 l/ha	43	42	42	41	42
T2 Bacillus subtilis 1 l/ha	45	44	43	42	43
T3 Bacillus subtilis 1.5 l/ha	45	44	43	42	44
T4 Bacillus subtilis 2 l/ha	47	46	45	44	46
T5 Testigo	40	39	38	38	39

Zambrano, 2021

Tabla 12. Análisis estadístico de altura de planta**AlturaPlanta(cm) 30 dias**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AlturaPlanta(cm) 30 dias	20	0,99	0,98	0,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	119,35	7	17,05	170,50	<0,0001
Tratamientos	100,80	4	25,20	252,00	<0,0001
Repeticiones	18,55	3	6,18	61,83	<0,0001
Error	1,20	12	0,10		
Total	120,55	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,71273

Error: 0,1000 gl: 12

Tratamientos		Medias	n	E.E.	
T4	Bacillus subtilis 2	45,50	4	0,16	A
T3	Bacillus subtilis 1.5	43,50	4	0,16	B
T2	Bacillus subtilis 1	43,50	4	0,16	B
T1	Bacillus subtilis 0.5	42,00	4	0,16	C
T5	Testigo	38,75	4	0,16	D

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

Tabla 13. Datos de altura de planta a los 60 días (cm)

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1 Bacillus subtilis 0.5 l/ha	75	73	74	75	74,25
T2 Bacillus subtilis 1 l/ha	78	78	75	75	76,5
T3 Bacillus subtilis 1.5 l/ha	77	78	75	77	76,75
T4 Bacillus subtilis 2 l/ha	85	78	78	80	80,25
T5 Testigo	70	70	75	72	71,75

Zambrano, 2021

Tabla 14. Análisis estadístico de altura de planta

AlturaPlanta(cm) 60Dias

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AlturaPlanta(cm) 60Dias	20	0,75	0,60	2,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	168,40	7	24,06	5,03	0,0073
Tratamientos	159,80	4	39,95	8,35	0,0018
Repeticiones	8,60	3	2,87	0,60	0,6276
Error	57,40	12	4,78		
Total	225,80	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,92937

Error: 4,7833 gl: 12

Tratamientos		Medias		n	E.E.	
T4	Bacillus subtilis	2	..	80,25	4	1,09 A
T3	Bacillus subtilis	1.5	..	76,75	4	1,09 A B
T2	Bacillus subtilis	1	l..	76,50	4	1,09 A B C
T1	Bacillus subtilis	0.5	..	74,25	4	1,09 B C
T5	Testigo			71,75	4	1,09 C

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

Tabla 15. Datos de longitud del fruto (cm)

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1 Bacillus subtilis 0.5 l/ha	16,28	15,69	16,28	19,48	16,93
T2 Bacillus subtilis 1 l/ha	16,53	18,89	16,38	17,90	17,43
T3 Bacillus subtilis 1.5 l/ha	17,92	17,21	17,57	18,04	17,69
T4 Bacillus subtilis 2 l/ha	18,50	18,72	17,98	19,01	18,55
T5 Testigo	16,25	15,21	17,54	16,42	16,36

Zambrano, 2021

Tabla 16. Análisis estadístico de longitud del fruto**Longitud del fruto**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud del fruto	20	0,54	0,27	5,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,95	7	2,14	2,00	0,1390
Tratamientos	10,88	4	2,72	2,55	0,0938
Repeticiones	4,06	3	1,35	1,27	0,3288
Error	12,80	12	1,07		
Total	27,75	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,32811

Error: 1,0670 gl: 12

Tratamientos		Medias		n	E.E.
T4	Bacillus subtilis	2	..	18,55	4 0,52 A
T3	Bacillus subtilis	1.5	..	17,69	4 0,52 A
T2	Bacillus subtilis	1	l..	17,43	4 0,52 A
T1	Bacillus subtilis	0.5	..	16,93	4 0,52 A
T5	Testigo			16,36	4 0,52 A

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

Tabla 17. Datos de diámetro del fruto

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1 Bacillus subtilis 0.5 l/ha	5,49	5,38	5,17	5,27	5,33
T2 Bacillus subtilis 1 l/ha	6,35	6,22	6,10	5,98	6,16
T3 Bacillus subtilis 1.5 l/ha	6,79	6,65	6,39	6,52	6,59
T4 Bacillus subtilis 2 l/ha	7,98	7,82	7,66	7,51	7,74
T5 Testigo	5,11	5,01	4,91	4,81	4,96

Zambrano, 2021

Tabla 18. Análisis estadístico de diámetro del fruto**Diámetro del fruto**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro del fruto	20	1,00	1,00	0,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19,63	7	2,80	760,34	<0,0001
Tratamientos	19,28	4	4,82	1306,84	<0,0001
Repeticiones	0,35	3	0,12	31,67	<0,0001
Error	0,04	12	3,7E-03		
Total	19,67	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13688

Error: 0,0037 gl: 12

Tratamientos		Medias	n	E.E.	
T4	Bacillus subtilis 2 ..	7,74	4	0,03	A
T3	Bacillus subtilis 1.5..	6,59	4	0,03	B
T2	Bacillus subtilis 1 l..	6,16	4	0,03	C
T1	Bacillus subtilis 0.5 ..	5,33	4	0,03	D
T5	Testigo	4,96	4	0,03	E

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

Tabla 19. Datos del número de frutos por planta

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1 Bacillus subtilis 0.5 l/ha	12	10	11	10	11
T2 Bacillus subtilis 1 l/ha	12	13	10	13	12
T3 Bacillus subtilis 1.5 l/ha	14	12	11	13	13
T4 Bacillus subtilis 2 l/ha	13	14	15	14	14
T5 Testigo	11	10	10	11	11

Zambrano, 2021

Tabla 20. Análisis estadístico de numero de fruto por planta**Número de frutos**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de frutos	20	0,72	0,55	8,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	35,15	7	5,02	4,37	0,0126
Tratamientos	32,20	4	8,05	7,00	0,0038
Repeticiones	2,95	3	0,98	0,86	0,4905
Error	13,80	12	1,15		
Total	48,95	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,41699

Error: 1,1500 gl: 12

Tratamientos			Medias		n	E.E.	
T4	Bacillus subtilis	2	..	14,00	4	0,54	A
T3	Bacillus subtilis	1.5	..	12,50	4	0,54	A B
T2	Bacillus subtilis	1	1..	12,00	4	0,54	A B
T1	Bacillus subtilis	0.5	..	10,75	4	0,54	B
T5	Testigo			10,50	4	0,54	B

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

Tabla 21. Datos de peso del fruto (g)

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1 Bacillus subtilis 0.5 l/ha	252	247	242	237	244,54
T2 Bacillus subtilis 1 l/ha	253	248	243	238	245,51
T3 Bacillus subtilis 1.5 l/ha	250	245	240	235	242,60
T4 Bacillus subtilis 2 l/ha	258	253	248	243	250,36
T5 Testigo	244	239	234	230	236,78

Zambrano, 2021

Tabla 22. Análisis estadístico de peso del fruto**PesoFruto (g)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PesoFruto(g)	20	1,00	1,00	0,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1008,35	7	144,05	2881,00	<0,0001
Tratamientos	398,20	4	99,55	1991,00	<0,0001
Repeticiones	610,15	3	203,38	4067,67	<0,0001
Error	0,60	12	0,05		
Total	1008,95	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,50398

Error: 0,0500 gl: 12

Tratamientos		Medias		n	E.E.	
T4	Bacillus subtilis	2	..	250,50	4 0,11	A
T2	Bacillus subtilis	1	1..	245,50	4 0,11	B
T1	Bacillus subtilis	0.5	..	244,50	4 0,11	C
T3	Bacillus subtilis	1.5	..	242,50	4 0,11	D
T5	Testigo			236,75	4 0,11	E

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

Tabla 23. Datos de rendimiento Kg/ha

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1 Bacillus subtilis 0.5 l/ha	32456	31806,9	31170,7	30547,3	31495,24
T2 Bacillus subtilis 1 l/ha	32565	31913,7	31275,4	30649,9	31601,01
T3 Bacillus subtilis 1.5 l/ha	32556	31904,9	31266,8	30641,4	31592,28
T4 Bacillus subtilis 2 l/ha	34589	33897,2	33219,3	32554,9	33565,10
T5 Testigo	25465	24955,7	24456,6	23967,5	24711,19

Zambrano, 2021

Tabla 24. Análisis estadístico de rendimiento Kg/ha**Rendimiento (Kg/ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (Kg/ha)	20	1,00	1,00	0,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	194578928,04	7	27796989,72	3533,26	<0,0001
Tratamientos	185030296,47	4	46257574,12	5879,77	<0,0001
Repeticiones	9548631,57	3	3182877,19	404,57	<0,0001
Error	94406,83	12	7867,24		
Total	194673334,87	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=199,91116

Error: 7867,2356 gl: 12

Tratamientos		Medias	n	E.E.	
T4	Bacillus subtilis 2	33565,10	4	44,35	A
T2	Bacillus subtilis 1	31601,00	4	44,35	B
T3	Bacillus subtilis 1.5	31592,28	4	44,35	B
T1	Bacillus subtilis 0.5	31495,23	4	44,35	B
T5	Testigo	24711,20	4	44,35	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Tabla 25. Análisis estadístico beneficio/costo**

COMPONENTES	T1: Bacillus subtilis 0.5 l/ha	T2: Bacillus subtilis 1 l/ha	T3: Bacillus subtilis 1.5 l/ha	T4: Bacillus subtilis 2 l/ha	T5: Testigo
Rendimiento kg/ha	31495,20	31601,00	31592,20	33565,10	24711,20
Rendimiento 10%	28345,68	28440,9	284232,98	30208,59	22240,08
Rendimiento	1417,28	1422,05	1421,00	1510,00	1122,00
Costo fijo (\$)	1650	1650	1650	1650	1650
Costo Variable (\$)	35	70	105	140	0
Costo Total	1685	1720	1755	1790	1650
Ingreso Bruto (\$)	3543,2	3555,125	3552,5	3775	2805
Beneficio Neto (\$)	1858,2	1835,125	1797,5	1985	1155
Relación BENEFICIO/COSTO	1,10	1,07	1,02	1,11	0,70

Zambrano, 2021



Figura 9. Delimitación de parcelas
Zambrano, 2021



Figura 10. Cultivo de pepino establecido
Zambrano, 2021



Figura 11. Conteo del número de frutos
Zambrano, 2021



Figura 12. Visita del tutor Guía
Zambrano, 2021



Figura 13. Toma de datos del fruto
Zambrano, 2021



Figura 14. Cosecha del cultivo
Zambrano, 2021



Figura 15. Culminación del ensayo
Zambrano, 2021